

Desarrollo de un Producto Tipo Confitura a Partir de la Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) Endulzada con Jarabe de Yacón (*Smallanthus sonchifolius*)

Karoll Dayanna Villa Cujar

Jhon Ederson Buriticá Moreno

Asesora:

July Alexandra Hernández López

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingenierías - ECBTI

Ingeniería de Alimentos

2025

July Alexandra Hernández López

Director Trabajo de Grado

Jurado

Jurado

Ibagué-2025

Dedicatoria

Agradezco de corazón a mis padres, Jhon Jairo Buriticá y Martha Lucía Moreno, por su apoyo incondicional en mi desarrollo tanto profesional como personal. Su constante aliento y guía han sido fundamentales para mi crecimiento y éxito. Siempre han estado ahí para brindarme orientación, motivación y amor incondicional en cada paso de mi camino. Su ejemplo de dedicación y sacrificio me ha inspirado a esforzarme al máximo y perseguir mis sueños. No hay palabras suficientes para expresar mi gratitud por todo lo que han hecho por mí. Estoy eternamente agradecido por su amor, comprensión y apoyo inquebrantable. Su presencia en mi vida es un regalo invaluable que atesoro con todo mi ser.

Jhon Ederson B. M.

Agradezco profundamente a mis padres y mis abuelos por su apoyo incondicional en este emocionante viaje hacia el conocimiento. Su aliento y guía han sido fundamentales para mí, impulsándome a dar cada paso con determinación y confianza. Este camino que he emprendido representa un escalón más en mi vida, y sé que su amor y apoyo seguirán siendo pilares en mi crecimiento personal y profesional.

Quiero también expresar mi gratitud a todas aquellas personas que han creído en mí y me han animado a seguir adelante, incluso en los momentos más difíciles. Sus palabras de aliento y su confianza en mis capacidades han sido un motor que me ha impulsado a superar obstáculos y a perseverar hasta alcanzar mis metas.

Este proceso, lleno de desafíos y aprendizajes, llega ahora a su culminación, proyectando un futuro prometedor lleno de éxitos y oportunidades. A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento.

Karoll Dayanna Villa Cujar

Agradecimientos

Primero que todo, quiero expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a Dios. Su guía y fortaleza han sido fundamentales en cada etapa de este proyecto. Sin su bendición y apoyo constante, no hubiera sido posible llegar hasta aquí. En cada momento de duda y dificultad, he sentido su presencia y su mano guiándome, brindándome la sabiduría y la perseverancia necesarias para superar cualquier obstáculo. A Él, mi eterno agradecimiento por iluminar mi camino y darme la fuerza para seguir adelante.

Asimismo, deseo extender mi gratitud a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD). Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo incondicional y los recursos proporcionados por esta institución. La UNAD no solo me ha ofrecido una formación académica de calidad, sino que también ha fomentado un entorno de aprendizaje flexible y accesible, permitiéndome desarrollar mis habilidades y conocimientos de manera integral. La oportunidad de estudiar en la UNAD ha sido una experiencia enriquecedora y transformadora, que me ha preparado para enfrentar los desafíos del mundo real con confianza y competencia.

En especial, quiero destacar la labor de la July Alexandra Hernández López, quien siempre ha estado disponible para ofrecer orientación y apoyo en cada paso de este proyecto. Su valiosa enseñanza y su paciencia han sido esenciales para la culminación de este proyecto. Agradezco profundamente su esfuerzo y dedicación, que han sido fundamentales para mi desarrollo académico y profesional.

Finalmente, pero no menos importante, quiero expresar mi más sincero agradecimiento al señor Omar Martínez Ballesteros por recibirnos en su finca La Australia. Su generosidad y hospitalidad han sido invaluable para la realización de este proyecto. La oportunidad de trabajar en su finca no solo nos permitió aplicar nuestros conocimientos teóricos en un entorno práctico, sino que

también nos brindó una experiencia de aprendizaje única e invaluable. Su disposición para compartir su tiempo, recursos y experiencia ha sido fundamental para el éxito de esta investigación. Agradezco profundamente su amabilidad y su disposición para apoyar nuestro proyecto, lo cual ha sido una gran fuente de inspiración y motivación.

La colaboración y el apoyo de todas estas personas e instituciones han sido cruciales para el desarrollo y la finalización de este proyecto. Cada uno de ellos ha contribuido de manera significativa a mi formación y al logro de mis objetivos. A todos ellos, les expreso mi más profundo agradecimiento y reconocimiento por su inestimable apoyo. Este logro es el resultado del esfuerzo conjunto y la dedicación de muchas personas, y estoy profundamente agradecido por haber contado con su apoyo y confianza a lo largo de este camino.

Resumen

Entendemos que los productos elaborados con frutas se caracterizan por su dulzor, lo que los hace altamente apreciados. En este proyecto, hemos optado por desarrollar una confitura a base de arracacha 22 (*Arracacia xanthorrhiza*) y jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), ingredientes exóticos con características sensoriales distintivas, como su coloración única, fragante aroma y sabor agridulce. Las materias primas se obtuvieron en la vereda La Cerrajosa, ubicada en el municipio de Cajamarca, Tolima, Se realizaron pruebas sensoriales con cuatro formulaciones para determinar la más optima, y con el objetivo de evaluar parámetros fisicoquímicos como contenido mineral, humedad, pH, conductividad eléctrica, sólidos solubles totales, color y acidez, además de análisis microbiológicos para determinar la presencia de *Escherichia coli*, mohos y levaduras. Los resultados obtenidos de la confitura optima destacaron un contenido mineral de 0.38 ± 0.04 % y, humedad de 79.73 ± 0.03 , pH de 4.57 ± 0.01 , conductividad eléctrica de 725.5 ± 3.54 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sólidos solubles totales de 35.5 ± 0.40 °Brix, color de 42.5 ± 0.70 U.P.C., y acidez total de 0.40 ± 0.03 . En el análisis microbiológico, *E. coli* fue <1 NMP /ml, los mohos estuvieron en <10 UFC/ml y las levaduras registraron 10 UFC/ml. Esta caracterización fisicoquímica y microbiológica permite identificar las posibles aplicaciones y el potencial de esta confitura como un producto innovador en el sector alimenticio. Además, se les atribuye un valor agregado a los productos cultivados en la región, ayudando a reducir las pérdidas y otorgando mayor reconocimiento a la canasta campesina y a las familias de agricultores de la zona.

Palabras clave: Arracacha, Yacón, Confitura, Prebióticos, Antioxidantes, Índice Glucémico, Producción Sostenible, Stevia

Abstract

We understand that products made from fruits are characterized by their sweetness, which makes them highly appreciated. In this project, we have chosen to develop a jam based on arracacha 22 (*Arracacia xanthorrhiza*) and yacon syrup (*Smallanthus sonchifolius*), exotic ingredients with distinctive sensory characteristics, such as their unique coloration, fragrant aroma, and bittersweet flavor. The raw materials were obtained from the La Cerrajosa village, located in the municipality of Cajamarca, Tolima. Sensory tests were conducted with four formulations to determine the optimal one, with the aim of evaluating physicochemical parameters such as mineral content, moisture, pH, electrical conductivity, total soluble solids, color, and acidity, as well as microbiological analysis to detect the presence of *Escherichia coli*, molds, and yeasts. The results obtained from the optimal jam showed a mineral content of $0.38 \pm 0.04\%$, moisture of $79.73 \pm 0.03\%$, pH of 4.57 ± 0.01 , electrical conductivity of $725.5 \pm 3.54 \mu\text{S/cm}$, total soluble solids of $35.5 \pm 0.40^\circ\text{Brix}$, color of $42.5 \pm 0.70 \text{ U.P.C.}$, and total acidity of 0.40 ± 0.03 . In the microbiological analysis, *E. coli* was $<1 \text{ NMP/ml}$, molds were $<10 \text{ CFU/ml}$, and yeasts were recorded at 10 CFU/ml . This physicochemical and microbiological characterization allows for the identification of possible applications and the potential of this jam as an innovative product in the food sector. Additionally, it adds value to the products grown in the region, helping to reduce losses and providing greater recognition to the local agricultural basket and the farming families of the area.

Keywords: Arracacha, Yacon, Jam, Prebiotics, Antioxidants, Glycemic Index, Functional Foods, Sustainable Production, Stevia.

Contenido

Introducción	18
Problema	21
Justificación	23
Objetivos	26
Objetivo General	26
Objetivos Específicos.....	26
Plan de trabajo.....	27
Fase I.....	27
Fase II.....	27
Fase III	27
Fase IV	28
Fase V	28
Revisión bibliográfica.....	29
Arracacha	29
Características Morfológicas y Fisiológicas de la Arracacha	31
Cultivo	33
Clases de Arracacha	34
Almidón de la Arracacha	35
Composición Química	36
Capacidad antioxidante.....	37
Clasificación Taxonómica	38
Yacón	38

Jarabe de Yacón	39
Composición Química	41
Usos, Formas de Consumo y Propiedades	41
Confitura de Arracacha.....	41
Confitura	42
Diferencias Entre Mermelada, Jarabe y Confitura.....	42
Gelificante.....	43
Stevia.....	45
Cultivo	46
Proceso de Producción.....	46
Producción de Stevia en Polvo	47
Diferencias entre el Stevia Polvo y Líquida	47
Beneficios Para la Salud	48
Diferencia Entre el Stevia y el Azúcar.....	49
Composición y Dulzura.	49
Calorías y Efectos en la Salud	49
Consideraciones Finales.....	51
Materiales y Métodos.....	52
Zona de Estudio	52
Suelos	53
Temperatura	54
Humedad Relativa (HR)	55
Altitud	56

	10
Precipitación	56
Radiación Solar	58
Material Biológico	58
Normativas	59
Elaboración del Jarabe de Yacón	61
Desarrollo de la Confitura.....	63
Secado, Pesado y Toma de Datos	63
Obtención de la Pulpa de Arracacha.....	65
Desarrollo de la Confitura.....	66
Empacado y Conservación.....	67
Análisis sensorial	69
Tipos de análisis sensorial	69
Prueba Sensorial Descriptiva	70
Parámetros Físicoquímicos	71
Humedad.....	71
Potencial de Hidrógeno (pH) y Acidez Total	73
Conductividad.....	74
Sólidos Solubles Totales.....	75
Color	76
Evaluación Microbiológica.....	77
<i>Escherichia coli</i>	77
Mohos	77
Levaduras	78

	11
Resultados y Discusión	79
Características de la Zona de Estudio	79
Balance de Masa de la Confitura de Arracacha	80
Rendimiento de Extracción.....	81
Desarrollo de las Confituras.....	81
Evaluación Sensorial en las Muestras	83
Formulaciones de la Evaluación Sensorial	84
Muestra 1	84
Muestra 2	85
Muestra 3	86
Muestra 4	87
Características Físicoquímicas.....	90
Humedad.....	91
pH y Acidez Total.....	92
Sólidos Solubles (°Brix)	93
Minerales	94
Color	95
Conductividad Eléctrica.....	96
Evaluación Microbiológica de la Confitura.....	96
Mohos	98
Levaduras	99
Conclusiones	101
Referencias.....	103

Apéndices.....	115
----------------	-----

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Composición química de la arracacha (Arracacia xanthorrhiza)</i>	3
Tabla 2 <i>Clasificación taxonómica de la arracacha</i>	38
Tabla 3 <i>Comparación entre Stevia en polvo y líquida</i>	48
Tabla 4 <i>Requisitos fisicoquímicos para la producción de confituras</i>	59
Tabla 5 <i>Contenidos mínimos de fruta requeridos en mermeladas</i>	60
Tabla 6 <i>Contenidos mínimos de fruta en diferentes tipos de mermeladas</i>	60
Tabla 7 <i>Análisis estratégico del cultivo de arracacha y su entorno</i>	80
Tabla 8 <i>Resumen de entradas y salidas en cada etapa del proceso productivo</i>	81
Tabla 9 <i>Formulaciones propuestas para la elaboración de confituras</i>	83
Tabla 10 <i>Resultados de la muestra 1</i>	85
Tabla 11 <i>Resultados de la muestra 2</i>	86
Tabla 12 <i>Resultados de la muestra 3</i>	87
Tabla 13 <i>Resultados de la muestra 4</i>	88
Tabla 14 <i>Valores promedio de atributos sensoriales en las formulaciones 1 y 4</i>	90
Tabla 15 <i>Valores promedio de humedad en las muestras analizadas</i>	92
Tabla 16 <i>Valores promedio de pH y acidez total en las formulaciones</i>	93
Tabla 17 <i>Valores promedio de sólidos solubles (°Brix) en las confituras</i>	94
Tabla 18 <i>Concentración promedio de minerales en los cultivos analizados</i>	95
Tabla 19 <i>Valores promedio de color en las formulaciones estudiadas</i>	96
Tabla 20 <i>Valores promedio de conductividad eléctrica en las muestras</i>	96
Tabla 21 <i>Resultado de Análisis de Escherichia coli por Método NMP</i>	98
Tabla 22 <i>Análisis de Mohos por Método de Recuento en Placa (ICMSF)</i>	99

Tabla 23 <i>Análisis de Levaduras por Método de Recuento en Placa (ICMSF)</i>	100
--	-----

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación geográfica de las zonas productoras de arracacha</i>	30
Figura 2 <i>Morfología de la planta de arracacha (Arracacia xanthorrhiza)</i>	32
Figura 3 <i>Tipos de cultivares de arracacha y características de sus raíces</i>	34
Figura 4 <i>Proceso de obtención y propiedades del jarabe de yacón</i>	40
Figura 5 <i>Estructura molecular de la pectina</i>	44
Figura 6 <i>Estructura de la grenetina en color</i>	45
Figura 7 <i>Estructura molecular del gelificante asociado a la grenetina</i>	45
Figura 8 <i>Composición química de la Stevia (Stevia rebaudiana)</i>	46
Figura 9 <i>Stevia en polvo natural</i>	47
Figura 10 <i>Composición química de la Stevia (Stevia rebaudiana)</i>	50
Figura 11 <i>Composición química de la sacarosa</i>	51
Figura 12 <i>Vereda La Cerrajosa: área de cultivo de arracacha y entorno geográfico</i>	52
Figura 13 <i>Brotos de arracacha en etapa de crecimiento</i>	53
Figura 14 <i>Termohigrómetro: medición de la temperatura ambiental</i>	54
Figura 15 <i>Termohigrómetro: medición de la humedad del terreno</i>	55
Figura 16 <i>Cosecha de arracacha: identificación del momento óptimo</i>	56
Figura 17 <i>Simbología ANSI del jarabe de yacón</i>	62
Figura 18 <i>Fotografías proceso de elaboración jarabe de yacón</i>	63
Figura 19 <i>Cultivar "Arracacha 22": características morfológicas del tubérculo</i>	64
Figura 20 <i>Determinación del peso del tubérculo pelado en el cultivar "Arracacha 22"</i>	65
Figura 21 <i>Preparación de la pulpa de arracacha: procedimientos y técnicas</i>	66

Figura 22 <i>Simbología ANSI para confitura de arracacha</i>	67
Figura 23 <i>Frascos esterilizados para la conservación de confituras</i>	68
Figura 24 <i>Métodos de conservación de la arracacha: técnicas y resultados</i>	68
Figura 25 <i>Formulario de evaluación con escala hedónica facial mixta de cinco niveles</i>	70
Figura 26 <i>Equipos utilizados para la determinación de humedad en muestras</i>	72
Figura 27 <i>Potenciómetro HANNA Edge pH: medición del pH en muestras analizadas</i>	74
Figura 28 <i>Conductímetro: medición de la conductividad eléctrica</i>	75
Figura 29 <i>Refractómetro Hanna HI 96801: medición de sólidos solubles (°Brix)</i>	76
Figura 30 <i>Espectrofotómetro: análisis de absorbancia en muestras</i>	77

Lista de apéndices

Apéndice A <i>Ficha de perfilación de salida de campo</i>	115
Apéndice B <i>Ficha de perfilación sensorial de confitura</i>	116
Apéndice C <i>Anexos de fotografías de cata sensorial</i>	117
Apéndice D <i>Perfil sensorial de los 4 tratamientos de la confitura de arracacha</i>	118
Apéndice E <i>Fotografías generales de la zona de recolecta de materia prima</i>	119

Introducción

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) es un tubérculo originario de la región andina, especialmente en países como Colombia, Perú y Ecuador. Este alimento, cultivado desde tiempos precolombinos, ha sido una parte esencial de la dieta de diversas comunidades andinas y es muy valorado en la gastronomía local (Hurtado & Sandoval, 2019). La arracacha se caracteriza por su raíz carnosa, que puede variar en color desde blanco hasta amarillo y morado. Su sabor dulce y suave la hace ideal para una variedad de platos, incluyendo purés, sopas y postres. Además de su versatilidad culinaria, la arracacha es una fuente importante de nutrientes, destacando su contenido en carbohidratos, fibra, vitaminas del complejo B, y minerales como potasio, calcio y fósforo (Rodríguez, 2023).

Las propiedades antioxidantes y antiinflamatorias de la arracacha contribuyen a la salud digestiva y al fortalecimiento del sistema inmunológico, lo que la convierte en un alimento altamente apreciado. Estos compuestos bioactivos actúan protegiendo el organismo del daño celular causado por los altos niveles de radicales libres, además de participar en procesos de digestión y en la defensa contra agentes patógenos. Por lo tanto, la arracacha no solo es un alimento nutritivo, sino que también ofrece beneficios significativos para la salud humana (Cornell, 2011).

En términos de producción, la arracacha se cultiva principalmente en las zonas altas de Colombia, donde las condiciones climáticas y del suelo son óptimas para su desarrollo. Sin embargo, la investigación sobre su cultivo y usos ha sido limitada en comparación con otros cultivos más prominentes, lo que ha llevado a un interés creciente en su valorización y comercialización, tanto a nivel local como en mercados internacionales (Gómez & Sánchez, 2015).

Esto se debe a la necesidad de mejorar la producción y el reconocimiento del potencial de la arracacha en la industria alimentaria. En estudios realizados por Rodríguez (2023), se perciben los avances investigativos respecto a la diversidad genética de la arracacha en Colombia, identificando variedades con características agronómicas y nutricionales superiores. Esta investigación sugiere un potencial significativo para mejorar la producción y diversificar el uso de la arracacha, convirtiéndola en un recurso valioso con posibilidades de desarrollo en el contexto agrícola y nutricional.

La presente investigación se centra en la creación de un alimento innovador a partir de la arracacha. Este proyecto implica la combinación de arracacha con jarabe de yacón, un edulcorante natural reconocido por sus beneficios para la salud, lo que permite desarrollar una confitura única, dulce y saludable. Del mismo modo se promueve el consumo de arracacha dentro de la población colombiana, aprovechando sus cualidades nutricionales, orientando su aplicación hacia la formulación óptima de la confitura, considerando diferentes diseños de mezclas para lograr la mejor combinación de ingredientes, buscando no solo un producto sabroso, sino también nutritivo.

Además, se pretende determinar la composición fisicoquímica del producto final, así como su estabilidad microbiológica, garantizando la seguridad alimentaria y la calidad del producto (AOAC international, 2019). Estos análisis son fundamentales para asegurar que el alimento desarrollado cumpla con los estándares de seguridad y calidad requeridos para su comercialización. Por último, se busca evaluar las características organolépticas del producto mediante técnicas sensoriales estructuradas, asegurando una experiencia sensorial satisfactoria para el consumidor. Este estudio contribuirá al desarrollo de nuevos alimentos que promuevan la salud y el bienestar en la población colombiana, al mismo tiempo que se potencializa el uso y

reconocimiento de la arracacha como un alimento de gran valor nutricional y cultural. A través de esta investigación, se espera generar un impacto positivo en la producción agrícola, la salud pública y la economía local, fomentando el consumo de productos autóctonos y mejorando la calidad de vida de los agricultores.

Problema

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) es una especie vegetal autóctona de las regiones andinas tropicales de Sudamérica, integrante de la familia Apiaceae. Su relevancia se fundamenta en su extenso historial de domesticación y utilización por parte de las comunidades agrícolas andinas desde períodos preincaicos, consolidándose como un elemento esencial en su dieta alimentaria (Burgos et al., 2006). Exhibe una variabilidad cromática que incluye tonalidades como blanco, amarillo y morado, las cuales están condicionadas por la diversidad de variedades existentes. El matiz de la raíz de arracacha puede diferir según la cepa en consideración. De acuerdo con las recomendaciones tecnológicas para la producción de semilla de calidad de arracacha, las distintas formas hortícolas son identificadas mediante la observación de los colores presentes en el follaje, así como en las partes externas e internas de la raíz. Estas variaciones cromáticas permiten la clasificación de las variedades en tres categorías, delineadas en función de dichos atributos (Montaña et al., 2021).

Su composición nutricional destaca por ser un alimento energético, abundantemente provisto de carbohidratos y fibras, lo que confiere una significativa fuente de energía al organismo. Adicionalmente, constituye una fuente significativa de diversos nutrientes, incluyendo vitamina B3, vitamina C, hierro, magnesio, tiamina, fósforo, proteínas y fibra dietética, su aporte calórico sustancial la posiciona como un recurso alimenticio benéfico, especialmente en contextos donde existe escasez de alimentos (Montaña et al, 2021).

Debido a su propensión a la fácil digestión y su susceptibilidad a diversas modalidades de preparación, la arracacha puede ser sometida a procesos culinarios que incluyen hervido, asado en el horno o su presentación en forma de puré. La amplitud de sus aplicaciones en la

gastronomía se evidencia en su inclusión en una variedad de platos, tales como sopas, sancochos, guisos, pasteles y purés (Zanin, 2023)

Adicionalmente, la arracacha, al ser procesado en una confitura como un dulce en el cual puede servir como acompañamientos de postres tortas y en galletas. Este aprovechamiento versátil permite su integración de manera ponderada en regímenes alimentarios específicamente diseñados para la pérdida de peso o el desarrollo de masa muscular. La adaptación de la cantidad consumida y los acompañamientos del plato se erige como una consideración crucial, ajustándose a las exigencias particulares de la dieta en cuestión (Zanin, 2023). Dando a conocer a las personas que no tienen el suficiente conocimiento de cómo preparar una arracacha.

¿Cómo es posible transformar la arracacha para producir un alimento tipo confitura con fines de incentivar su consumo y producción en el país?

Justificación

En el entorno colombiano, resulta imperativo llevar a cabo una reconstrucción sociohistórica y conceptual del campesino agricultor para una comprensión exhaustiva de su riqueza cultural, tradiciones y conocimientos. La heterogeneidad de escenarios y contextos en los que estos campesinos operan constituye un desafío para el pleno reconocimiento y valoración de su contribución a la sociedad (Gómez, 2022).

Colombia, con una arraigada tradición agrícola y caracterizada por una diversidad de pisos térmicos propicios para el cultivo de una amplia variedad de productos, se destaca en la producción de arracacha. A pesar de su alto valor nutricional y su cultivo extendido en 10,000 hectáreas en 18 departamentos, con la participación de más de 5,000 productores, se estima que alrededor de 15,000 toneladas de arracacha se pierden anualmente en el país, según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane, 2015).

La arracacha, una raíz tuberosa que en el pasado gozaba de amplio consumo en Colombia, ha experimentado una pérdida de presencia en el mercado y, lamentablemente, se ha convertido en el alimento con mayor aumento de precio en los últimos años (Rodríguez, 2023). Esta situación, sumada a la disminución de la producción de arracacha en Colombia, ha generado una mayor demanda y, como consecuencia, un incremento en su precio. La reducción del consumo de arracacha en Colombia puede atribuirse al elevado costo de la raíz y a la pérdida de terreno en el mercado (Gómez, 2022).

La disminución en el consumo y cultivo de arracacha en Colombia puede atribuirse a diversos factores. Por un lado, la arracacha ha perdido espacio en el mercado y ha experimentado un notable aumento de precio en los últimos años, lo que podría haber desincentivado su consumo y producción (Rodríguez, 2023). Además, a pesar de sus beneficios para la salud, la

arracacha ha experimentado una disminución en su consumo, posiblemente debido a su costo elevado en comparación con otros alimentos. Por otro lado, los campesinos cultivadores de arracacha han enfrentado desafíos económicos, ya que el costo de producción es elevado y el precio al que venden el producto no es suficiente para cubrirlo, desincentivando así la siembra de esta raíz (Gómez, 2022). Estos factores, en conjunto, han contribuido a la reducción del consumo y cultivo de arracacha en Colombia.

A pesar de la versatilidad y los beneficios para la salud asociados con la arracacha, la escasa familiaridad de los consumidores con diversas modalidades de preparación ha restringido su utilización principalmente a sopas y cremas, generando un impacto adverso en su demanda. Esta limitación en su aplicación culinaria ha provocado un aumento en su precio en el mercado. Los desafíos económicos inherentes a la producción de arracacha, como costos significativos de cultivo y precios de venta insuficientes para cubrir dichos costos, han agravado la disminución en su cultivo y consumo a nivel nacional.

Una estrategia integral para abordar esta situación implica proporcionar información más detallada y diversificada sobre las diversas formas de preparación de este tubérculo. Esto puede contribuir significativamente a revitalizar su presencia en la dieta colombiana. Un enfoque innovador consiste en promover la elaboración de un producto tipo confitura de arracacha endulzada con jarabe de yacón, sabiendo que este último es un edulcorante natural que se obtiene del tubérculo de la planta de yacón (*Smallanthus sonchifolius*), maximizando así su beneficio nutricional de manera más natural para su consumo.

Este tipo de propuestas puede resultar atractivo tanto para niños, que no suelen consumir arracacha, como para adultos al ofrecerlo de otra forma comestible. Este proyecto busca reinstaurar la arracacha como un componente destacado en la canasta alimentaria de los

colombianos, generando así un impacto positivo en la economía del país al convertirla en una fuente sostenible de ingresos para los agricultores locales.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un alimento tipo confitura a partir de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), endulzada con jarabe de yacón, reconociendo sus beneficios nutricionales y potenciando su consumo dentro de la población colombiana.

Objetivos Específicos

Establecer diferentes combinaciones de materia prima y proporciones para la elaboración de la confitura de arracacha, seleccionando la formulación más adecuada en términos de sabor, textura y propiedades nutricionales.

Determinar la composición fisicoquímica del producto, incluyendo parámetros como humedad, pH, contenido de minerales (%), acidez (%), sólidos solubles (°Brix), color (medido en U.P.C), conductividad y estabilidad microbiológica.

Estimar las características organolépticas del producto elaborado mediante una evaluación sensorial estructurada, evaluando parámetros como color, aroma, sabor y apariencia.

Plan de trabajo

El diseño y ejecución de este proyecto busca cumplir con los objetivos para lo cual se realizará por una serie de cinco fases con sus correspondientes actividades a realizar.

Fase I

Exploración y análisis de literatura científica en bases de datos y revistas especializadas sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), así como sobre la producción de confituras.

Actividades: Investigación exhaustiva de artículos, tesis doctorales y textos especializados que aborden las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la arracacha. Búsqueda de información relevante sobre las características de las confituras. Salida de campo en zona de producción de la materia prima.

Fase II

Construcción de protocolos para el desarrollo y caracterización de la confitura de arracacha endulzada con yacón.

Actividades: Creación de una guía metodológica para la caracterización de la materia prima.

Elaboración de un protocolo detallado para la producción y caracterización de la confitura de arracacha endulzadas con yacón. Diseño de un plan para realizar análisis sensoriales y microbiológicos.

Fase III

Caracterización fisicoquímica, evaluación sensorial y microbiológica en la confitura.

Actividades: Preparación de la confitura de arracacha empleando como edulcorante el yacón. Realización de análisis fisicoquímicos, incluyendo acidez libre, sólidos solubles totales,

actividad acuosa y viscosidad. Ejecución de pruebas sensoriales para evaluar color, aroma, sabor y apariencia durante un período de 30 días. Estudio microbiológico para detectar mohos y levaduras durante el periodo de vigencia del producto. Ajustes en la elaboración y conservación del producto según los análisis fisicoquímicos, sensoriales y microbiológicos realizados.

Fase IV

Análisis y correlación de resultados.

Actividades: Evaluación de los resultados obtenidos y aplicación de criterios estadísticos para correlacionar variables, presentando los datos organizados y realizando interpretaciones estadísticas.

Fase V

Elaboración de documento final.

Actividades: Preparación del documento final. Redacción de resúmenes y/o artículos científicos sobre los resultados obtenidos para ser expuestos en actividades académico-científicas.

Revisión bibliográfica

Arracacha

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), perteneciente a la familia de las umbelíferas, es una planta originaria de los Andes tropicales de Sudamérica. Esta especie ha sido domesticada en el continente americano desde hace aproximadamente 3000 años y ha sido cultivada y consumida por los campesinos andinos desde la época preincaica. Su larga historia de cultivo y consumo la convierte en un elemento fundamental en la alimentación (Dane, 2015). Según Borbón (2019), donde menciona que ésta planta es originaria de Jamaica, sin embargo, se cree que es originaria de los andes del norte de Sudamérica, por encontrarse en esta zona la mayoría de las especies de este género y se cree que su área de distribución natural abarca desde Venezuela y Colombia hasta Bolivia y el noroeste de Argentina. En el caso específico de Colombia, la arracacha ha sido cultivada y consumida desde tiempos precolombinos.

La introducción de la arracacha en Colombia se remonta a épocas antiguas, cuando las culturas indígenas de la región comenzaron a cultivar y domesticar esta planta. Estas comunidades nativas reconocieron las propiedades nutricionales y culinarias de la arracacha y la incorporaron a su alimentación cotidiana. También es conocida como apio criollo, racacha, virraca, o zanahoria blanca. Sin embargo, en Europa resultó en un auténtico fracaso, lo cual pudo haber contribuido a que este cultivo no alcance una mayor importancia dentro de la agricultura alimentaria (Borbón, 2019). Con la llegada de los españoles en el siglo XVI, la arracacha fue difundida a otras regiones del país y se incorporó a la dieta de la población en general.

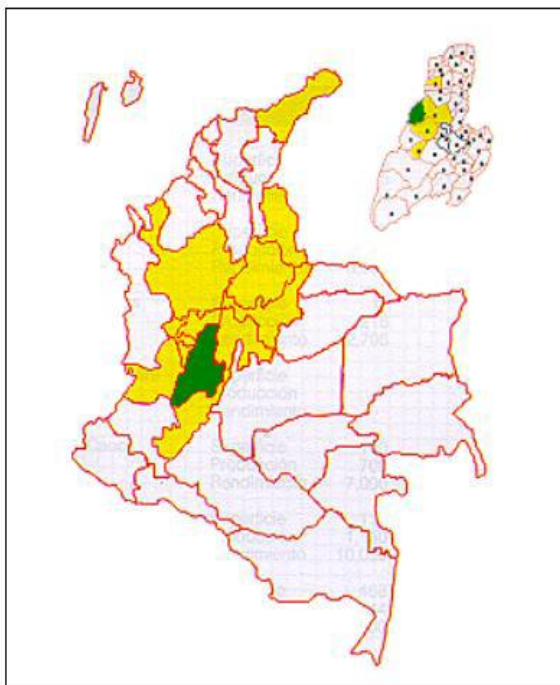
A lo largo de los siglos, el cultivo de arracacha se ha extendido en diferentes áreas de Colombia, adaptándose a las condiciones climáticas y edafológicas de cada región.

Hoy en día, la arracacha es ampliamente cultivada en diversas zonas de Colombia, especialmente en los departamentos de Boyacá, Cundinamarca, Antioquia, Nariño y Tolima del Cauca como se muestra en la figura 1.

Estas regiones ofrecen las condiciones adecuadas de clima y suelo para el cultivo exitoso de la arracacha, Colombia se destaca como el principal país productor a nivel mundial de arracacha, siendo responsable de una impresionante producción anual que supera las 100 mil toneladas (Montaña et al., 2021), según Agrosavia (2020) “Colombia es el segundo país productor de arracacha en el mundo después de Brasil, siendo en Colombia, los departamentos de Tolima, Boyacá, Norte de Santander y Cundinamarca los que presentan las mayores áreas de siembra. La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancr.)” donde ha adquirido cierta relevancia económica y comercial.

Figura 1

Ubicación geográfica de las zonas productoras de arracacha



Fuente. García Bernal (2002)

Características Morfológicas y Fisiológicas de la Arracacha

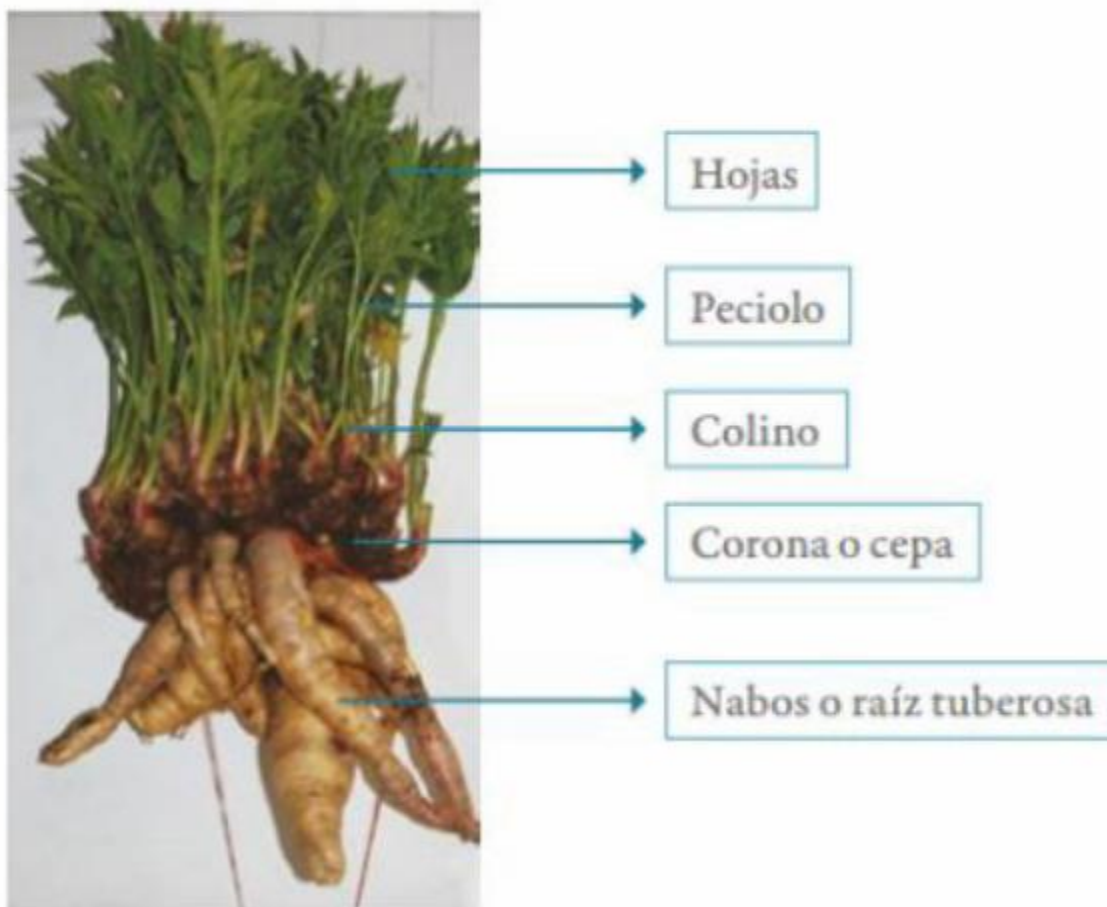
La planta de la que estamos hablando es una hermosa herbácea de porte bajo, que tiene la capacidad de alcanzar una altura de hasta 1.5 metros. En lo que respecta a la producción de raíces tuberosas, se trata de una planta anual, pero en términos de su ciclo vegetativo, se comporta como una planta bianual, lo que significa que rara vez completa este periodo en los cultivos comerciales. La cosecha de esta planta se lleva a cabo entre los 10 y 12 meses después de la siembra, justo antes de que comience a florecer. Para fines comerciales, la propagación se realiza principalmente de forma vegetativa (Tabares, 2019). Sus hojas están compuestas por tres o cuatro folíolos laterales opuestos y uno terminal, y pueden alcanzar hasta 50 centímetros de longitud. El color de las hojas y del pecíolo puede variar entre tonos verdes y rojizos, dependiendo del clon de la planta (Burgos et al., 2006)

El tallo de esta planta es en realidad un tronco corto, cilíndrico y vertical, con características rizomatosas, que puede alcanzar una altura de hasta 10 centímetros. Tiene la capacidad de dividirse en la parte superior (Tabares, 2019). Entre el tallo y las raíces se encuentra una corona, la cual es responsable de dar origen a la parte aérea de la planta y a las raíces tuberosas. En la parte superior de esta corona, aparecen ramificaciones conocidas como hijuelos, brotes, hijos o propágulos, los cuales son utilizados para la propagación vegetativa (Tabares, 2019). La parte subterránea de la planta está constituida principalmente por las raíces tuberosas, las cuales emergen en la parte inferior de la corona. Estas raíces pueden tener formas ovoides, cónicas o fusiformes, y su longitud oscila entre los 5 y 25 centímetros, con un diámetro que va de 3 a 8 centímetros como se muestra en la figura 2.

Es importante destacar que las plantas que producen raíces de color amarillo suelen tener un ciclo vegetativo más largo, mostrando una mayor resistencia ante las adversidades climáticas y produciendo raíces de mayor tamaño. Por otro lado, las plantas con raíces blancas o rojas son menos resistentes a las variaciones climáticas y, en ocasiones, pueden producir raíces de menor tamaño. Sin embargo, suelen ser más precoces y presentar una consistencia más suave, siendo estas características de preferencia para los consumidores (Burgos et al, 2006).

Figura 2

Morfología de la planta de arracacha (Arracacia xanthorrhiza)



Fuente. Corpoia (2015)

La arracacha, a diferencia de otros tubérculos, es considerada un alimento nutritivo debido a su composición nutricional y a sus beneficios para la salud. La búsqueda de nuevas formas de aprovechar sus propiedades ha llevado a la investigación de productos derivados, como confituras y otros alimentos, que pueden contribuir al bienestar de la población. La exploración de su diversidad genética, así como su potencial para mejorar su producción y uso en la industria alimentaria, abre nuevas oportunidades para su valorización y consumo en mercados locales e internacionales. A través de estos esfuerzos, se espera no solo aumentar el reconocimiento de la arracacha como un alimento nutritivo y saludable, sino también fomentar su cultivo sostenible y su integración en la dieta de diversas poblaciones.

Cultivo

El cultivo de la arracacha requiere condiciones específicas de suelo y clima para su desarrollo óptimo. En Colombia, se encuentra ampliamente difundido en las cordilleras andinas, especialmente en altitudes que oscilan entre 1,500 y 2,500 metros sobre el nivel del mar (msnm), aunque su producción óptima se da entre 1,000 y 2,000 msnm. Las temperaturas ideales para su crecimiento fluctúan entre 15 °C y 25 °C, y las precipitaciones anuales deben estar entre 600 y 1,200 milímetros, distribuidas adecuadamente durante el ciclo de cultivo (Dane 2015). Estos requisitos incluyen la selección de suelos bien drenados y ricos en materia orgánica, así como una temperatura y humedad adecuadas. moderadamente ácidos

con pH 5 a 6 y ricos en materia orgánica. Cabe indicar que en suelos arcillosos (Ar) o franco arcilloso (FAr) se puede ver limitado el engrosamiento de la raíz, reduciendo con esto los rendimientos en la producción (Garnica et al., 2021).

Clases de Arracacha

En la actualidad, se han identificado más de 60 variedades de arracacha en países como Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. Estas variedades se distinguen principalmente por características como el color y la forma de las ramas y hojas, así como el color externo e interno de las raíces. Las raíces de arracacha pueden presentar pigmentaciones internas blancas, amarillas o incluso tonalidades moradas. En Colombia se conocen tres formas hortícolas de arracacha, conocidas como: Amarilla (raíces amarillas, follaje verde); Blanca (raíces blancas, follaje verde) y Morada (raíces amarillas, follaje carmín) como se puede evidenciar en la figura 3 (Gonzalo et al., 2002).

Figura 3

Tipos de cultivares de arracacha y características de sus raíces



Fuente. Burgos et al. (2006)

Almidón de la Arracacha

Señala que el almidón es un carbohidrato fundamental en la dieta humana, siendo el polisacárido de reserva energética más abundante y comercialmente significativo. Este compuesto consiste en una mezcla de dos polisacáridos: amilosa, que representa entre el 17% y el 27%, y el resto amilopectina, aunque la proporción puede variar según los factores genéticos de cada cereal o tubérculo y su grado de madurez (Acosta & Blanco, 2013). La composición del almidón es crucial, ya que afecta directamente las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, especialmente su capacidad de hidratación y gelatinización (Acosta & Blanco, 2013).

Las raíces de la arracacha son reconocidas por ser uno de los alimentos nativos más sabrosos y nutritivos, con su almidón caracterizado por pequeños gránulos que se emplean como alimento altamente digestible para niños y ancianos (Alayo, 2015).

La arracacha contiene un almidón fino que varía entre el 10% y el 25%. Este almidón posee propiedades adecuadas para su uso en la elaboración de productos industriales, debido a sus gránulos ovalados con un diámetro entre 5 y 35 micras, lo que proporciona mayor digestibilidad (Rodríguez et al, 2005). Además, su bajo punto de gelatinización (55°C) en comparación con los almidones de cereales implica un menor consumo energético durante su cocción y es resistente a la congelación, haciéndolo ideal para alimentos que requieren estos procesos (Rodríguez et al., 2005).

Los almidones nativos se consideran aditivos alimentarios y no ingredientes de fabricación, ya que usualmente se incorporan a los alimentos en pequeñas cantidades, generalmente menos del 5% del producto. Actualmente, se busca utilizar almidones naturales (nativos) para desarrollar nuevos productos "naturales", donde el almidón se considere un

ingrediente base de fabricación y su cantidad utilizada no esté sujeta a regulación (Gonzalo et al., 2002).

Su composición química varía según la variedad, presentando diferencias en su contenido de agua, materia seca, carbohidratos, proteínas, grasas, fibra, cenizas, minerales y vitaminas.

Composición Química

La arracacha es un tubérculo de alto valor nutricional debido a su contenido significativo de carotenoides, que actúan como fuente de vitamina A, especialmente en los cultivares de color amarillo. Además, posee una cantidad considerable de ácido ascórbico (vitamina C) y minerales esenciales como calcio y fósforo (Gonzalo et al., 2002). Se puede evidenciar en la tabla 1 su composición según el color de cada arracacha.

Estudios nutricionales han demostrado que las cepas y colinos de la arracacha presentan una composición similar a la de sus raíces. En particular, la arracacha amarilla, debido a su alto contenido de carbohidratos, carotenoides y su color característico, se considera la más adecuada para su industrialización en forma de harina integral. Por otro lado, la arracacha morada destaca por su elevada concentración de carbohidratos, lo que la hace ideal para la producción de alimentos calóricos (Gonzalo et al., 2002).

Tabla 1*Composición fitoquímica de la arracacha (Arracacia xanthorrhiza)*

Compuesto	Unidad	Raíz de arracacha amarilla	Raíz de arracacha blanca	Raíz de arracacha morada	Cepa de arracacha amarilla	Cepa de arracacha morada
Agua	Gramos	72.8	74.5	71.9	72.6	72.0
Materia seca	Gramos	27.2	25.5	28.1	27.4	28.0
Carbohidratos	Gramos	24.0	22.3	24.9	24.1	24.8
Proteína	Gramos	0.9	1.0	1.0	0.9	1.1
Grasa	Gramos	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Fibra	Gramos	1.0	1.0	1.0	0.8	0.9
Cenizas	Gramos	1.2	1.4	1.2	1.3	1.2
Minerales						
Calcio	Miligramos	26	23	28	25	25
Fósforo	Miligramos	60	40	65	70	70
Hierro	Miligramos	0.7	1.1	0.7	1.1	1.1
Vitaminas						
Vitamina A	U.I.	190	10	20	69	3
Tiamina	Miligramos	0.06	0.05	0.07	0.06	0.05
Riboflavina	Miligramos	0.04	0.04	0.06	0.07	0.05
Niacina	Miligramos	2.8	2.5	1.4	4.0	4.1
Acido ascórbico	Miligramos	20	15	15	20	20
Calorías	Unidades	100	94	104	100	104

Fuente. ICBF (1992)***Capacidad antioxidante***

La arracacha cruda con cáscara tiene un porcentaje de reducción del radical DPPH* (una medida de capacidad antioxidante) de 72%. La arracacha cruda sin cáscara tiene una reducción del 63% (Paul, 2016). El contenido de polifenoles totales, que están relacionados con la capacidad antioxidante, es mayor en la arracacha cruda, siendo el valor más alto para la muestra con cáscara (13.3 ± 0.4 mg EAG/g) (Paul, 2016).

Clasificación Taxonómica

La arracacha es una de las plantas cultivadas más antiguas de América, reconocida por su amplia diversidad genética. Su clasificación taxonómica la ubica dentro del género *Arracacia*, caracterizado por especies de raíces tuberosas. Su importancia radica en su valor nutricional y su adaptación a diversos ecosistemas andinos, donde es ampliamente cultivada. Tabares (2019) señala que “Bancroft en 1825 describió la arracacha como una dicotiledónea, que según Jaramillo (1952) y Cronquist (1968) tiene la siguiente clasificación botánica” como se evidencia en la tabla 2.

Tabla 2

Clasificación taxonómica de la arracacha

División	Spermatophyta
Subdivisión	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase	Magnoliatae (Dicotiledónea)
Subclase	Rosidae
Orden	Umbellales (Ariales)
Familia	Umbelliferae (Apiaceae)
Género	Arracacia
Especie	<i>Arracacia xanthorrhiza</i> Bancroft

Fuente. Tabares (2019)

Yacón

El yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es una planta originaria de los Andes que ha sido cultivada desde tiempos prehispánicos en Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia, aunque su cultivo en Colombia es relativamente reciente, el yacón tiene una larga historia en la región andina del país. Los primeros registros escritos del yacón datan de 1615, cuando el cronista Guaman Poma de Ayala lo incluyó en una lista de cultivos nativos de los Andes (Flores. 2010). En Colombia, el yacón se conoce con nombres como jiquimilla y arboloco en diferentes regiones del país (Flores. 2010).

El yacón se siembra en pequeñas parcelas y terrenos en diferentes departamentos de Colombia, entre ellos Cauca, Risaralda, Nariño, Huila, Caldas, Boyacá y Cundinamarca. En municipios de clima frío de Cundinamarca, como Tenjo, Cogua, El Rosal y Sopó, así como en zonas cálidas de Antioquia y Santander, el cultivo de esta planta se ha desarrollado de forma comparable al de la papa (Chica, 2014).

Aunque el yacón aún no es un producto ampliamente conocido en la canasta familiar colombiana, sus beneficios para la salud, especialmente para personas con diabetes, están ganando popularidad. El yacón contiene inulina, una fibra dietética que ayuda al organismo a metabolizar la glucosa. Además, es una excelente alternativa de diversificación de cultivos y una nueva oportunidad de negocio para los agricultores colombianos (Flores, 2010).

Jarabe de Yacón

El jarabe de Yacón, un edulcorante natural derivado de la raíz del tubérculo Yacón que se encuentra en la cordillera de los Andes, ha ganado popularidad debido a sus potenciales beneficios para la salud. Este endulzante presenta un bajo índice glucémico, lo que lo posiciona como una opción idónea para el control de la glucosa en la sangre y la prevención de la diabetes (Flores. 2010). Se evidencia el producto final en la figura 4.

Figura 4*Proceso de obtención y propiedades del jarabe de yacón*

Fuente. Kohn (2020)

Además de sus propiedades edulcorantes, el jarabe de Yacón es una fuente rica en prebióticos, los cuales promueven la salud digestiva al favorecer el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino. Este componente prebiótico contribuye al mejoramiento de la función gastrointestinal (Méndez & Pineda, 2018). El jarabe de Yacón también destaca como antioxidante natural, lo que implica beneficios potenciales en la prevención del cáncer y en la ralentización del proceso de envejecimiento celular, para su consumo, se sugiere incorporar una cucharada de jarabe de Yacón en la dieta hasta tres veces al día, siendo versátil al ser utilizado como sustituto del azúcar en diversas recetas. Asimismo, el Yacón en su forma natural, desde la raíz hasta las hojas, puede consumirse crudo o incorporarse en mermeladas y ensaladas (Leal, 2024).

En el ámbito de la salud, se ha asociado el jarabe de Yacón con la prevención de la diabetes y la mejora de la resistencia a la insulina, lo que lo posiciona como un recurso valioso en el tratamiento de esta enfermedad, además, se ha sugerido que este edulcorante natural puede

contribuir a la pérdida de peso, reducción del colesterol y fomento de la salud digestiva, brindando una alternativa más saludable al azúcar refinado gracias a su bajo índice glucémico (Leal, 2024).

Composición Química

El jarabe de yacón se compone principalmente de carbohidratos, que representan entre el 65% y el 70% de su contenido, y agua, que constituye aproximadamente el 25%. Las proteínas comprenden entre el 1% y el 2% del peso fresco, mientras que las grasas son inferiores al 0.1%. El potasio es el único mineral presente en cantidades significativas, representando cerca del 1%. Dado que los FOS (fructooligosacáridos) se reconocen como un tipo de fibra soluble (Iván et al, 2003).

Usos, Formas de Consumo y Propiedades

El jarabe de yacón se puede utilizar como edulcorante para endulzar una variedad de alimentos, tales como ensaladas de frutas, jugos, bebidas calientes, postres, entre otros. Debido a su similitud en sabor y consistencia con otros edulcorantes disponibles en el mercado, como la miel de abejas, la miel de caña (chancaca) y la miel de maple, el jarabe de yacón se puede considerar una alternativa hipocalórica a estos edulcorantes.

Confitura de Arracacha

La trascendencia de la confitura de arracacha se fundamenta en su destacado valor tanto cultural como gastronómico. La arracacha, como tubérculo andino, posee atributos nutricionales de considerable relevancia, y su aplicación en la elaboración de esta confitura resalta su versatilidad en el ámbito culinario. Esta confitura no solo proporciona una experiencia gustativa singular, sino que también fomenta la utilización de ingredientes autóctonos y tradicionales, salvaguardando de esta manera la autenticidad de la cocina regional.

Asimismo, al difundir y promover la receta de la confitura de arracacha, se contribuye de manera significativa a la divulgación y preservación de las prácticas culinarias arraigadas en la región andina. Este acto no solo implica la transmisión de conocimientos gastronómicos, sino que también desempeña un papel crucial en la conservación de las tradiciones culinarias locales, enriqueciendo la identidad cultural y fortaleciendo el lazo entre la comunidad y sus raíces alimenticias (Rojas & Barreto, 2016).

Confitura

Las confituras o mermeladas son productos untables con una textura espesa, sabor dulce y aroma intenso, elaborados a partir de frutas, azúcar y agua en una proporción de 1:1. La fruta puede presentarse entera, troceada o en jugo clarificado, y se cocina a fuego lento en almíbar hasta alcanzar una concentración mínima del 65% de azúcar y una acidez del 1%. Es en este punto cuando se forma un gel debido a la pectina presente o añadida. En algunos casos, es necesario incorporar ácido y pectina exógenos. Las confituras pueden variar en textura, desde espesas hasta más blandas, y existen una amplia variedad de sabores, como fresa, frambuesa, cereza, jalapeño, entre otros. Aunque las mermeladas son bajas en grasas, su alto contenido de azúcares sencillos hace recomendable su consumo moderado (Bernácer, 2022).

Diferencias Entre Mermelada, Jarabe y Confitura

La confitura es un producto obtenido a partir de frutas enteras o troceadas, así como de pulpa o puré de frutas, ya sea concentrado o no concentrado. Esta base se combina con ingredientes que aportan el sabor dulce característico del producto. El término "fruta" incluye todas las frutas y hortalizas aptas para la elaboración de confituras. El proceso de preparación puede realizarse con o sin adición de agua, y se lleva a cabo hasta lograr la consistencia deseada para su consumo (Codex, 2023).

La jalea, por su parte, se elabora a partir del jugo o extractos acuosos de una o varias frutas, los cuales se mezclan con ingredientes que aportan dulzura. El proceso de preparación puede incluir o no la adición de agua, y tiene como objetivo obtener una textura gelatinosa y semisólida, adecuada para su consumo (Codex, 2023).

La mermelada se obtiene de una o varias frutas cítricas, que se procesan hasta alcanzar la consistencia adecuada. Su preparación puede incluir frutas enteras o en trozos, con o sin cáscara, pulpa, puré, jugo, extractos acuosos y cáscara. Estos ingredientes se combinan con productos que aportan dulzura, pudiendo añadirse o no agua durante el proceso.

La norma NTC 285:2007 regula los requisitos microbiológicos y físico-químicos de las jaleas y mermeladas de frutas, siendo ratificada en 2007 y reprobada en 2021. Esta norma establece que las jaleas deben ser translúcidas y libres de defectos, mientras que las mermeladas pueden contener frutas enteras, trozos, cáscaras o semillas comestibles. Solo las jaleas y mermeladas de fresa y guayaba pueden ser coloreadas artificialmente. Además, se establece un límite máximo de conservantes de 1000 mg/kg para ácido benzoico o sórbico, y 1250 mg/kg para mezclas. Las jaleas y mermeladas deben cumplir con un porcentaje mínimo de fruta y estar libres de restos vegetales, como cáscaras o huesos. Esta normativa no se aplica a productos preparados con edulcorantes no carbohidratos, conocidos como "para diabéticos" o "dietéticos", ni a productos con bajo contenido de azúcar que no cumplan con las especificaciones mencionadas.

Gelificante

Los gelificantes más utilizados en la elaboración de mermeladas incluyen la pectina, los cartagenos, el agar-agar y la grenetina. La pectina es un agente gelificante natural presente en las frutas, que se emplea para espesar mermeladas, jaleas, conservas y compotas donde podemos presenciar la estructura molecular de la pectina en la figura 5. Los cartagenos, derivados de

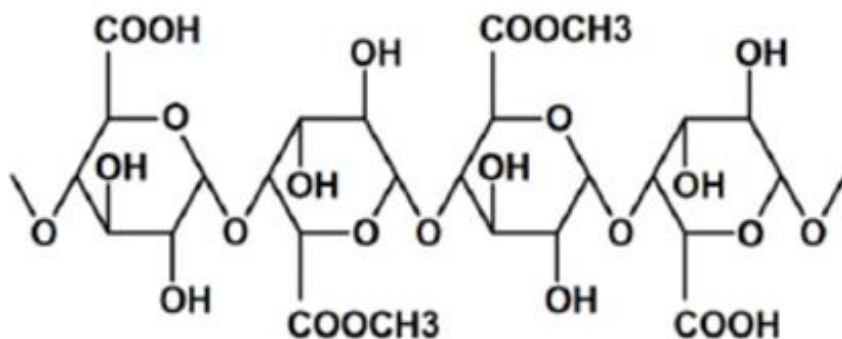
algas rojas, son solubles al calentarse y se utilizan en la industria alimentaria para formar geles termorreversibles en productos como jaleas y mermeladas. El agar-agar, otro gelificante natural proveniente de algas, se usa en la preparación de mermeladas, jaleas, helados y postres.

Finalmente, la gretina, de origen animal, se utiliza para gelificar productos como mousses, gelatinas, mermeladas y confituras (Sweetit, 2023). Donde podemos observar las estructuras moleculares de la gretina en la figura 6 y la gelatina en la figura 7

Estos gelificantes se emplean para alterar la textura y las características organolépticas de alimentos como mermeladas, confituras y jaleas. La selección del gelificante adecuado depende de diversos factores, como el tipo de fruta, el proceso de elaboración y las preferencias dietéticas. Cada gelificante posee propiedades y usos específicos, por lo que es fundamental elegir el más apropiado para cada aplicación culinaria (SeoSimple, 2023).

Figura 5

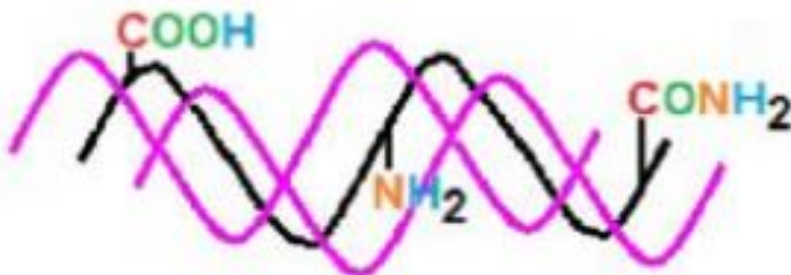
Estructura molecular de la pectina



Fuente. Zegada (2015)

Figura 6

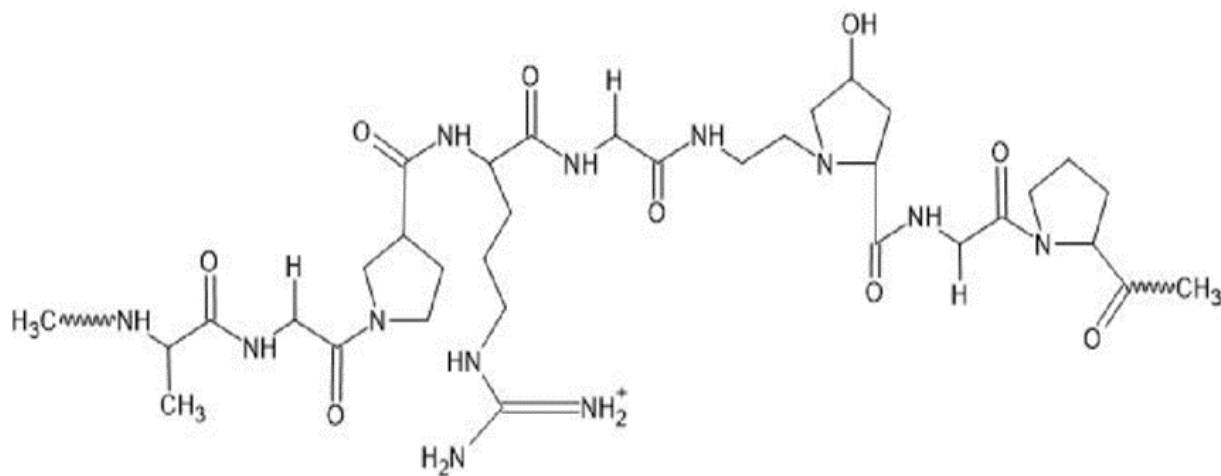
Estructura de la grenetina en color



Fuente. Rodríguez (2022)

Figura 7

Estructura molecular del gelificante asociado a la grenetina



Fuente. Molina & Flórez (2020)

Stevia

La stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) es una planta originaria de Paraguay, reconocida por su capacidad de endulzar sin aportar calorías. Los principales responsables de su dulzura son los glucósidos de esteviol, donde se puede evidenciar en la figura 8, entre los que se encuentran el esteviósido y los rebaudiósidos (Tuset, 2023). Estos compuestos son considerablemente más

dulces que el azúcar, lo que ha convertido a la stevia en una alternativa popular como edulcorante natural (Lirola, 2024).

Figura 8

Composición química de la Stevia (Stevia rebaudiana)



Fuente. Aïda (2024)

Cultivo

La stevia es una planta perenne originaria de América del Sur, conocida principalmente por sus hojas que contienen compuestos dulces, como los esteviósidos y rebaudiósidos, que son más dulces que el azúcar común (The food, 2023).

Proceso de Producción

El proceso para obtener esteviósido de la stevia incluye la recolección y secado de las hojas hasta un 7-8% de humedad, su trituración en una máquina industrial, y la extracción con vapor a 60°C. Luego, se realiza una filtración en varias etapas para concentrar el producto al 20%. Finalmente, el concentrado se evapora al vacío para cristalizar el esteviósido, secándolo hasta alcanzar un 2% de humedad (Tuset, 2023).

Producción de Stevia en Polvo

Para elaborar stevia en polvo, las hojas secas se muelen hasta obtener un polvo fino, concentrando su componente edulcorante (Lirola, 2024). Para preparar stevia líquida, existen dos métodos: el rápido, que consiste en mezclar 25 g de stevia seca con 500 ml de agua hirviendo, dejar reposar una hora, colar y refrigerar, obteniendo una versión menos amarga pero con una vida útil corta de 1 a 2 semanas; y el método lento o extracto, que implica cubrir las hojas con vodka, dejarlas reposar un día y luego calentar suavemente durante 20-30 minutos para evaporar el alcohol, logrando un extracto más concentrado con una duración de hasta tres meses en refrigeración (Sacarino, 2021). Se puede observar el producto terminado en la figura 9.

Figura 9

Stevia en polvo natural



Fuente. Maldonado (2023)

Diferencias entre el Stevia Polvo y Líquida

Existen dos presentaciones principales: en polvo y líquida, cada una con características distintivas en términos de concentración, durabilidad, método de preparación y perfil de sabor. Mientras que la stevia en polvo se obtiene mediante el secado y molienda de las hojas, lo que resulta en un producto más concentrado y de mayor durabilidad, la stevia líquida se prepara a través de infusión o extracción alcohólica, ofreciendo un sabor generalmente menos amargo,

pero con una vida útil más corta (Vorwerk, 2016). Donde se puede evidenciar de forma resumida en la tabla 3

Tabla 3

Comparación entre Stevia en polvo y líquida

Característica	Stevia en Polvo	Stevia Líquida
Concentración	Más concentrada	Menos concentrada
Durabilidad	Largo plazo (hasta un año)	Corto plazo (1-3 meses)
Método de Preparación	Secado y molienda	Infusión o extracción alcohólica
Sabor	Puede ser más amargo	Generalmente menos amargo

Fuente. Vorwerk (2016)

Ambas formas tienen sus ventajas dependiendo del uso deseado, ya sea para endulzar bebidas o alimentos. La elección entre polvo o líquido dependerá de las preferencias personales y del tipo de aplicación culinaria (Lirola, 2024).

Beneficios Para la Salud

La stevia ofrece múltiples beneficios para la salud, que incluyen:

Control del azúcar en sangre: La stevia no eleva los niveles de azúcar en sangre, lo que la convierte en una opción ideal para personas con diabetes. Estudios han demostrado que puede ayudar a regular el metabolismo del azúcar y mejorar la sensibilidad a la insulina (Maldonado, 2023).

Propiedades antioxidantes: Contiene compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes, ayudando a reducir el estrés oxidativo y el riesgo de enfermedades cardíacas (Splendar, 2022).

Efecto hipotensor: La stevia puede ayudar a reducir la presión arterial al actuar como un vasodilatador. Sin embargo, se necesita más investigación para confirmar estos efectos.

Salud bucal: Puede inhibir el crecimiento de bacterias asociadas con caries dentales, como *Streptococcus mutans*, lo que contribuye a una mejor salud dental (Maldonado 2023).

Reducción de colesterol: Se ha observado que la stevia puede ayudar a reducir los niveles de colesterol LDL (el "malo"), lo cual es beneficioso para la salud cardiovascular (Vorwerk, 2016).

Efectos ansiolíticos y digestivos: Se le atribuyen propiedades que pueden ayudar a reducir la ansiedad y mejorar la digestión (Vorwerk, 2016).

Control del peso: Al ser un edulcorante sin calorías, puede ser útil para quienes buscan perder peso al sustituir azúcares calóricos en su dieta (Splendar, 2022).

Diferencia Entre el Stevia y el Azúcar

La stevia y el azúcar son dos edulcorantes ampliamente utilizados, pero presentan diferencias significati

vas en términos de composición, efectos en la salud y propiedades culinarias.

Composición y Dulzura.

Stevia: Proviene de las hojas de la planta *Stevia rebaudiana* y contiene glucósidos de esteviol, que son entre 200 y 350 veces más dulces que el azúcar común. Esto significa que se necesita una cantidad muy pequeña para lograr el mismo nivel de dulzura (Maldonado, 2023).

Azúcar: Compuesto principalmente por sacarosa, el azúcar común aporta calorías vacías y no tiene valor nutricional significativo. Su dulzura se considera estándar, lo que requiere cantidades mayores para endulzar (Splendar, 2022).

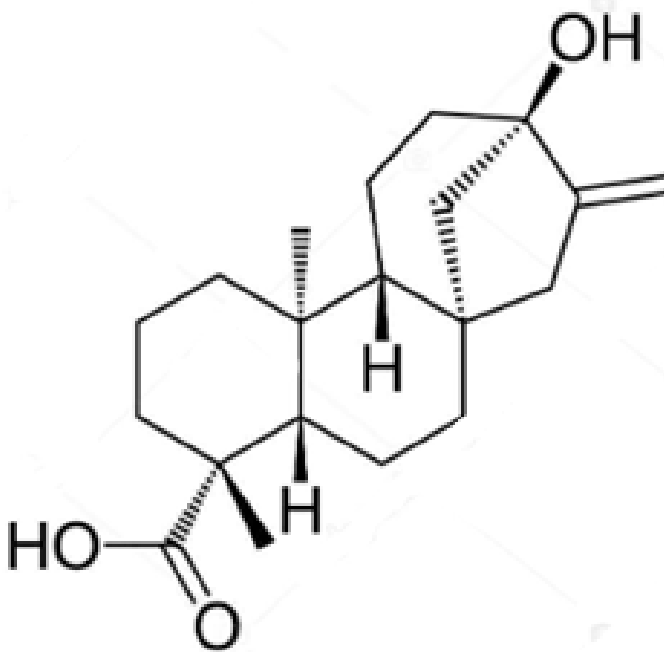
Calorías y Efectos en la Salud

Stevia: Es un edulcorante sin calorías, lo que la convierte en una opción popular para quienes buscan controlar su peso o reducir su ingesta calórica. Se puede observar la composición

química de la Stevia en la figura 10. Además, no afecta los niveles de azúcar en sangre, lo que la hace adecuada para personas con diabetes (Splendar, 2022).

Figura 10

Composición química de la Stevia (Stevia rebaudiana)

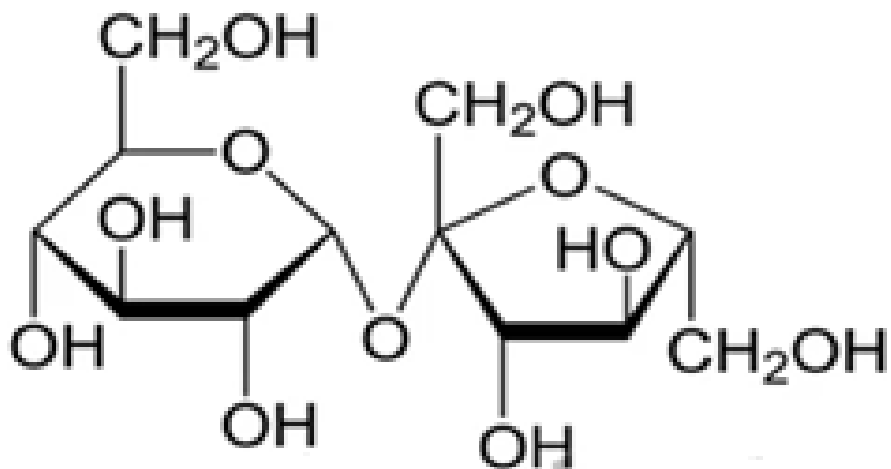


Fuente. Furian (2018)

Azúcar: Aporta aproximadamente 387 calorías por cada 100 gramos. Su consumo excesivo está relacionado con problemas de salud como obesidad, diabetes tipo 2 y enfermedades cardíacas. Se puede observar la composición química de la Stevia en la figura 11. Además, el azúcar puede provocar picos en los niveles de glucosa en sangre (Splendar, 2022).

Figura 11

Composición química de la sacarosa



Fuente. Hermes (2015)

Consideraciones Finales

La elección entre stevia y azúcar depende de las necesidades dietéticas individuales. La stevia es preferida por aquellos que buscan un edulcorante natural sin calorías ni efectos negativos sobre el azúcar en sangre. Por otro lado, el azúcar sigue siendo un ingrediente común en muchas recetas tradicionales, aunque su consumo debe ser moderado debido a sus efectos adversos en la salud cuando se consume en exceso.

Materiales y Métodos

Zona de Estudio

La Australia se encuentra en la vereda La Cerrajosa, en el municipio de Cajamarca, departamento de Tolima, a una altitud de 1.700 msnm. Esta ubicación le otorga un clima templado, con una temperatura promedio de 20°C. Situada en la imponente cordillera Central de Colombia, la región es reconocida por su gran riqueza natural y biodiversidad, lo que favorece el cultivo de una amplia variedad de productos agrícolas. Como se observa en la figura 12. La combinación de un clima templado y su altitud contribuye a la excelente calidad de las cosechas, permitiendo el cultivo de productos como café, arracacha, frutas y hortalizas, típicos de esta zona montañosa. Además, la cordillera Central ofrece un paisaje espectacular, con montañas cubiertas de vegetación exuberante.

Figura 12

Vereda La Cerrajosa: área de cultivo de arracacha y entorno geográfico



Fuente. Autores

Suelos

La arracacha 22 es una planta que requiere suelos fértiles y bien drenados para un desarrollo óptimo. Es esencial que el suelo tenga una buena profundidad y capacidad de drenaje para favorecer un crecimiento saludable. El pH del suelo también es un factor clave, y el rango ideal se encuentra entre 5.0 y 5.5. Como se observa en la figura 13. Sin embargo, estudios han demostrado que la arracacha también puede crecer adecuadamente en suelos con un pH ligeramente superior, entre 5.6 y 6.0 (Burgos et al., 2006). Este rango de pH proporciona cierta flexibilidad en las condiciones del suelo, siempre que se mantengan niveles adecuados de fertilidad y drenaje. Por lo tanto, al planificar el cultivo de arracacha, es fundamental tener en cuenta estos factores para garantizar una producción exitosa.

Figura 13

Brotos de arracacha en etapa de crecimiento



Fuente. Autores

El suelo de la finca "La Australia" cumple con las condiciones óptimas señaladas en estudios científicos, favoreciendo el crecimiento y desarrollo adecuado de la arracacha. El lote

donde se cultiva esta especie se beneficia del excelente drenaje proporcionado por la pendiente de la cordillera. Esta característica, junto con un pH del suelo que varía entre 5.6 y 6.0, crea un ambiente ideal para una agricultura sostenible y exitosa de arracacha.

Temperatura

La temperatura ideal para la siembra de arracacha 22 oscila entre 15 y 20 grados Celsius. Este rango de temperatura se considera templado y es óptimo para el crecimiento y desarrollo de la planta. Se sabe que temperaturas más bajas afectan negativamente el crecimiento vegetativo y la producción, mientras que las temperaturas elevadas también reducen la producción (Burgos et al., 2006).

En la zona de estudio, la temperatura varía habitualmente entre 15 °C y 24 °C. Sin embargo, el día en que se realizó la medición, la temperatura alcanzó los 37.3 °C, como se muestra en la figura 14. Este aumento inusual de calor no fue favorable para el crecimiento vegetativo ni para la producción. A pesar de estas condiciones calurosas, el lote observado sigue desarrollándose de manera muy favorable.

Figura 14

Termohigrómetro: medición de la temperatura ambiental



Fuente. Autores

Humedad Relativa (HR)

La humedad relativa (HR) ideal para el cultivo de arracacha varía según las condiciones del entorno. En general, se recomienda una HR de entre 65% y 100% para el cultivo en campo abierto, y de entre 69% y 100% en invernaderos (Garnica et al., 2021).

Durante períodos prolongados de alta humedad relativa, se aconseja sembrar las plantas con una distancia adecuada entre ellas, lo que garantiza una buena aireación en la parte superior de las plantas y mantiene las ramas libres de obstrucciones (Garnica et al., 2021).

En la finca "La Australia", se ha observado que la HR en la zona de cultivo de arracacha puede llegar a niveles bastante bajos, alcanzando hasta un 46%, como se muestra en la figura 15. Esta disminución de la HR generalmente ocurre durante días extremadamente calurosos, como los que se han presentado recientemente. Sin embargo, dado que este lote fue sembrado en octubre de 2023, los cambios en la humedad relativa no han afectado significativamente su desarrollo. Esto se debe a la orientación de los surcos, que favorece una buena circulación de aire, y a la siembra en suelos inclinados, lo que coincide con los hallazgos de investigaciones previas.

Figura 15

Termohigrómetro: medición de la humedad del terreno



Fuente. Autores

Altitud

En Colombia, el cultivo de arracacha se limita a las zonas de clima tropical de montaña, que son relativamente frescas y libres de heladas, condiciones similares a las requeridas para el cultivo del café. La altitud ideal para el cultivo de arracacha en el país se sitúa entre 1.500 y 2.500 metros sobre el nivel del mar (Vargas, 2021).

El cultivo de arracacha en la finca "La Australia" se encuentra a una altitud de 1.700 metros sobre el nivel del mar, lo cual está dentro del rango recomendado en estudios de referencia, como el de Vargas (2021). Como se observa en la figura 16.

Figura 16

Cosecha de arracacha: identificación del momento óptimo



Fuente. Autores

Precipitación

La arracacha es un cultivo que requiere entre 800 y 1.500 mm de precipitación anual para su desarrollo óptimo. En el Tolima, una región de Colombia, las precipitaciones pueden alcanzar

hasta 2.712 mm al año, lo que proporciona más que suficiente agua para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo (Montaña et al., 2021).

Una de las variedades destacadas de arracacha es Agrosavia La 22, introducida con el fin de mejorar la producción en el país. Esta variedad se ha seleccionado por su capacidad de adaptación y por mantener el color amarillo característico de la raíz, una cualidad altamente apreciada en el mercado. Los rendimientos de Agrosavia La 22 oscilan entre 7 y 13 toneladas por hectárea, aunque enfrenta algunos desafíos relacionados con la sanidad de las plantas (Montaña et al., 2021).

Para la siembra de arracacha, se recomienda una distancia de 1 metro entre surcos y de 40 a 70 cm entre plantas. Esta disposición favorece una densidad de siembra adecuada, lo que facilita el manejo de plagas y enfermedades (Muñoz et al., 2015). La preparación adecuada del terreno y la selección de semillas de calidad son esenciales para un buen establecimiento del cultivo. Además, la implementación de prácticas agronómicas apropiadas contribuye de manera significativa al éxito de la producción.

La arracacha puede sembrarse en cualquier época del año, siempre que se gestione adecuadamente la precipitación y se mantengan las condiciones óptimas del suelo, lo que es fundamental para maximizar tanto el rendimiento como la calidad del cultivo.

En la finca "La Australia", ubicada en Anaime, Cajamarca, se cumplen todos estos requisitos para el cultivo de arracacha. La finca aprovecha las condiciones climáticas favorables y la infraestructura necesaria para manejar eficientemente la precipitación y las prácticas agronómicas recomendadas. De esta manera, "La Australia" se posiciona como un modelo de producción de arracacha de alta calidad, garantizando rendimientos óptimos y productos que cumplen con los estándares del mercado.

Radiación Solar

La arracacha necesita una cantidad moderada de radiación solar para un desarrollo adecuado y saludable. Para obtener los mejores resultados en su crecimiento, se recomienda que las plantas reciban entre 6 y 8 horas de luz solar directa al día. Esta exposición favorece la fotosíntesis y contribuye a la salud de las plantas, estimulando el crecimiento vigoroso de las raíces y el follaje.

Sin embargo, es importante evitar una exposición prolongada a niveles elevados de radiación solar, ya que esto puede generar estrés en la planta. El estrés debido a la radiación excesiva puede afectar negativamente la productividad de la arracacha, reduciendo su rendimiento y calidad, y aumentando su vulnerabilidad a plagas y enfermedades (Salas, 2018).

Por lo tanto, es fundamental monitorear y gestionar cuidadosamente las condiciones de luz en las áreas de cultivo, para asegurar que las plantas de arracacha reciban la cantidad óptima de radiación solar necesaria para su crecimiento y desarrollo ideales.

Material Biológico

Las muestras fueron transportadas en canastillas con perfectas condiciones sanitarias y mantenidas en una nevera portátil para conservar la temperatura original de recolección hasta su llegada a la ciudad de Ibagué. Una vez en el destino, se procedió a clasificar los tubérculos, seleccionando aquellos en mejor estado según características como el color superficial, la firmeza y la ausencia de infecciones causadas por hongos, bacterias o insectos. Posteriormente, se realizó un baño preliminar de los tubérculos seguido de una desinfección con una solución de cloro al (ppm) al 5% (alrededor de 5 ml) por cada 1 litro de agua a una temperatura ambiente. Tras este proceso, se pelaron todos los tubérculos utilizando utensilios desinfectados.

Normativas

Las confituras son productos elaborados a partir de frutas y azúcar, sometidos a un proceso de cocción que permite obtener una textura espesa y un sabor dulce característico. Para garantizar su calidad y seguridad, la producción de confituras debe cumplir con ciertos requisitos fisicoquímicos establecidos por normativas oficiales, como la Resolución 3929 del Ministerio de Salud y Protección Social y el CODEX STAN 296.

Entre estos requisitos se encuentran parámetros como el contenido de sólidos solubles, el pH y la acidez, que aseguran la estabilidad y conservación del producto. Además, se establecen los contenidos mínimos de fruta necesarios según el tipo de confitura, garantizando un adecuado equilibrio entre sabor, textura y valor nutricional. A continuación, se presentan los parámetros fisicoquímicos y las proporciones mínimas de fruta requeridas en la elaboración de confituras y mermeladas, de acuerdo con la normativa vigente en la tabla 4, 5, 6

Tabla 4

Requisitos fisicoquímicos para la producción de confituras

Parámetro	Mínimo	Máximo
Sólidos solubles por lectura refractométrica a 20°C	35	59
pH a 20°C		4.5
% de acidez (como ácido cítrico)	0.5	-

Fuente. Resolución 3929 del Ministerio de Salud y Protección Social.

Las confituras deben prepararse garantizando que la proporción de fruta empleada como ingrediente en el producto final sea, como mínimo, del 35%.

Tabla 5*Contenidos mínimos de fruta requeridos en mermeladas.*

<i>Fruta</i>	<i>% Mínimo en Masa</i>
Breva, ciruela, fresa, durazno, guayaba, mango, manzana, pera, tomate de árbol, papaya, papayuela, frambuesas	40
Albaricoque, mora, coco, lulo, piña, uvas, cereza, banano, uchuva	30
Cítricos, maracuyá, curuba, ciruela Claudia, guanábana, gulupa	20
Tamarindo, granadilla	6

Fuente. Resolución 3929 del Ministerio de Salud y Protección Social.**Tabla 6***Contenidos mínimos de fruta en diferentes tipos de mermeladas*

<i>Fruta</i>	<i>% Mínimo en Masa</i>
Grosellas negras, mangos, membrillos, rambután, grosellas rojas, escaramujos, hibisco, serba (bayas del serbal silvestre), espino falso (espino amarillo)	35
Guanábana (cachimón espinoso), arándano	30
Banana (plátano), “cempedak”, jengibre, guayaba, jaca, zapote	25
Manzanas de acajú	23
Durián	20
Tamarindo	10
Granadilla y otras frutas de gran acidez y fuerte aroma	8

Fuente. 296 CODEX STAN (2009)

Elaboración del Jarabe de Yacón

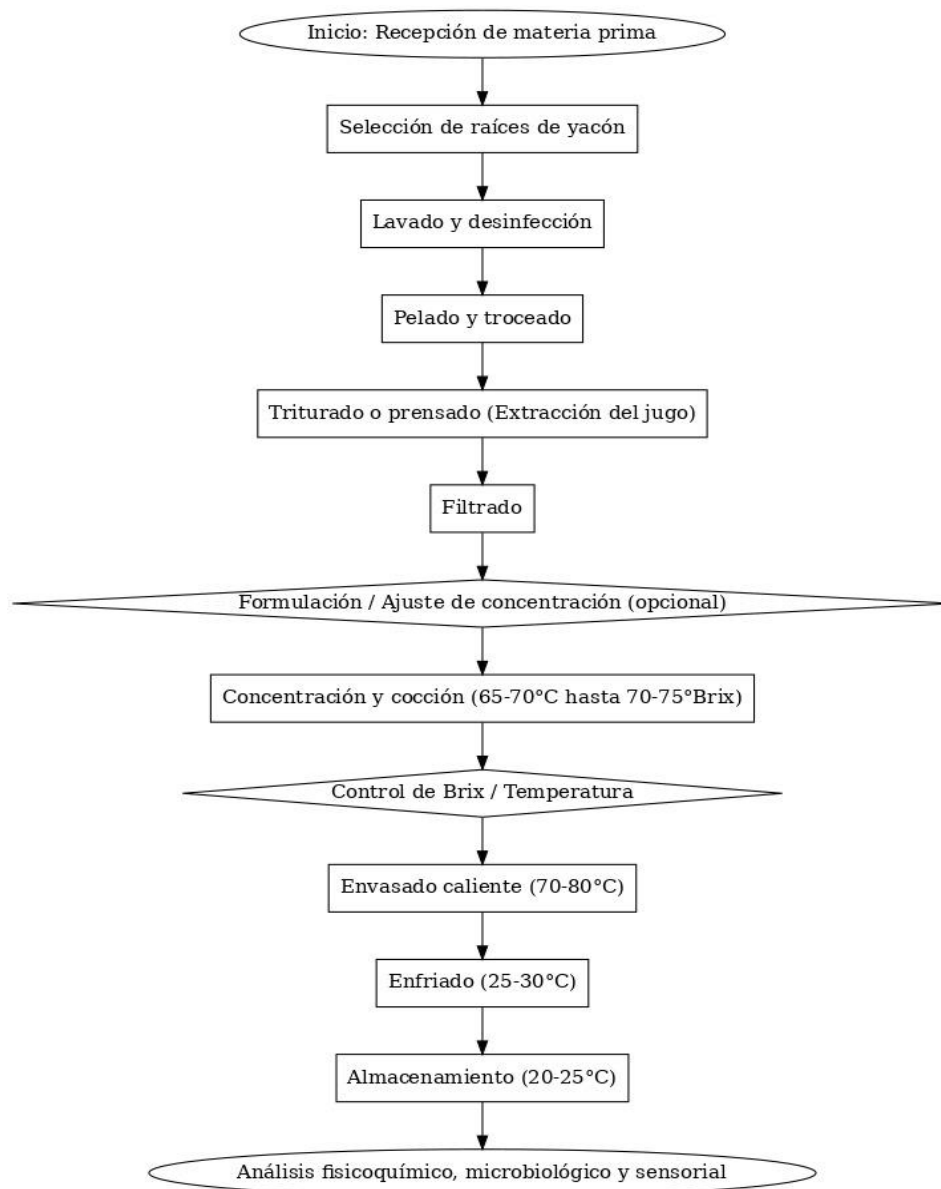
Para la obtención del jarabe de yacón, se seleccionaron cuidadosamente 2 kg de raíces maduras, asegurando las características óptimas para el proceso. Las raíces fueron lavadas minuciosamente bajo agua corriente y desinfectadas para eliminar cualquier residuo de tierra, microorganismos o impurezas superficiales. Posteriormente, se pelaron con utensilios previamente desinfectados para garantizar la inocuidad del producto final. Una vez limpias, las raíces se cortaron en trozos pequeños y uniformes, facilitando el procesamiento posterior.

Los trozos de yacón fueron procesados en una licuadora o extractor de jugos. En caso de usar una licuadora, se añadió una pequeña cantidad de agua para obtener una mezcla homogénea. Esta mezcla fue filtrada con un colador fino o un lienzo, separando el líquido de las fibras y sólidos no deseados. El jugo resultante se colocó en una olla de acero inoxidable y se cocinó a fuego bajo durante aproximadamente 30 minutos, removiendo constantemente con una cuchara de madera para evitar que se pegara o quemara. Durante este tiempo, el líquido se redujo lentamente hasta adquirir una textura espesa y un color oscuro característico.

Una vez que el jarabe alcanzó la consistencia adecuada, similar a la miel, se verificó su punto dejando caer unas gotas en un plato frío, asegurando que mantuvieran su forma sin dispersarse. Luego, se dejó enfriar a temperatura ambiente y se envasó en frascos de vidrio esterilizados, sellándolos herméticamente para su conservación esto se puede observar en la figura 17 y figura 18.

Figura 17

Simbología ANSI del jarabe de yacón



Fuente. Autores

Figura 18

Fotografías proceso de elaboración jarabe de yacon



Fuente. Autores

Desarrollo de la Confitura***Secado, Pesado y Toma de Datos***

Una vez completado el lavado y desinfección de los tubérculos de arracacha y el yacon, se procedió a eliminar el exceso de humedad. Para ello, se colocaron los tubérculos en canastillas plásticas en un área libre de contaminación y con buena circulación de aire. Se secaron cuidadosamente cada uno de los tubérculos utilizando un paño seco o papel absorbente, Como se evidencia en la figura 19 ya que es crucial reducir la humedad para prevenir la proliferación de microorganismos que podrían comprometer la calidad de la arracacha y el yacon durante su análisis.

Figura 19

Cultivar "Arracacha 22": características morfológicas del tubérculo



Fuente. Autores

Posteriormente, se realizó el pesaje de los tubérculos y se tomaron las medidas tanto longitudinales como ecuatorial de cada uno, Como se observa en la figura 20. Todos estos datos fueron registrados en una bitácora, donde se anotaron también características de calidad, y se completó una ficha técnica para asegurar la trazabilidad del producto. Esta ficha incluyó información como el nombre de la finca de origen, la fecha de cosecha, el tiempo de almacenamiento y las condiciones específicas de temperatura y humedad relativa a las que fueron sometidos los tubérculos (Orjuela et al., 2011).

Figura 20

Determinación del peso del tubérculo pelado en el cultivar "Arracacha 22"



Fuente. Autores

Obtención de la Pulpa de Arracacha

En el desarrollo de la confitura todos los equipos e implementos fueron esterilizados con una solución de hipoclorito (ppm) al 5%,

Para la obtención de la pulpa de arracacha, se seleccionaron tubérculos frescos y sanos. Primero, se procedió a lavar minuciosamente la arracacha para eliminar cualquier residuo de tierra o impurezas. Posteriormente, se pelaron los tubérculos utilizando utensilios desinfectados para garantizar la higiene del proceso. Luego, se cortaron en trozos pequeños, cocinándolos con agua, y se procesaron mediante un prensado, lo que permitió separar la pulpa de las partes fibrosas y de la piel, Como nos muestra la figura 21. Este procedimiento se realizó siguiendo las Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL), asegurando la calidad y seguridad del producto final.

Figura 21

Preparación de la pulpa de arracacha: procedimientos y técnicas



Fuente. autoría propia, 2024

Desarrollo de la Confitura

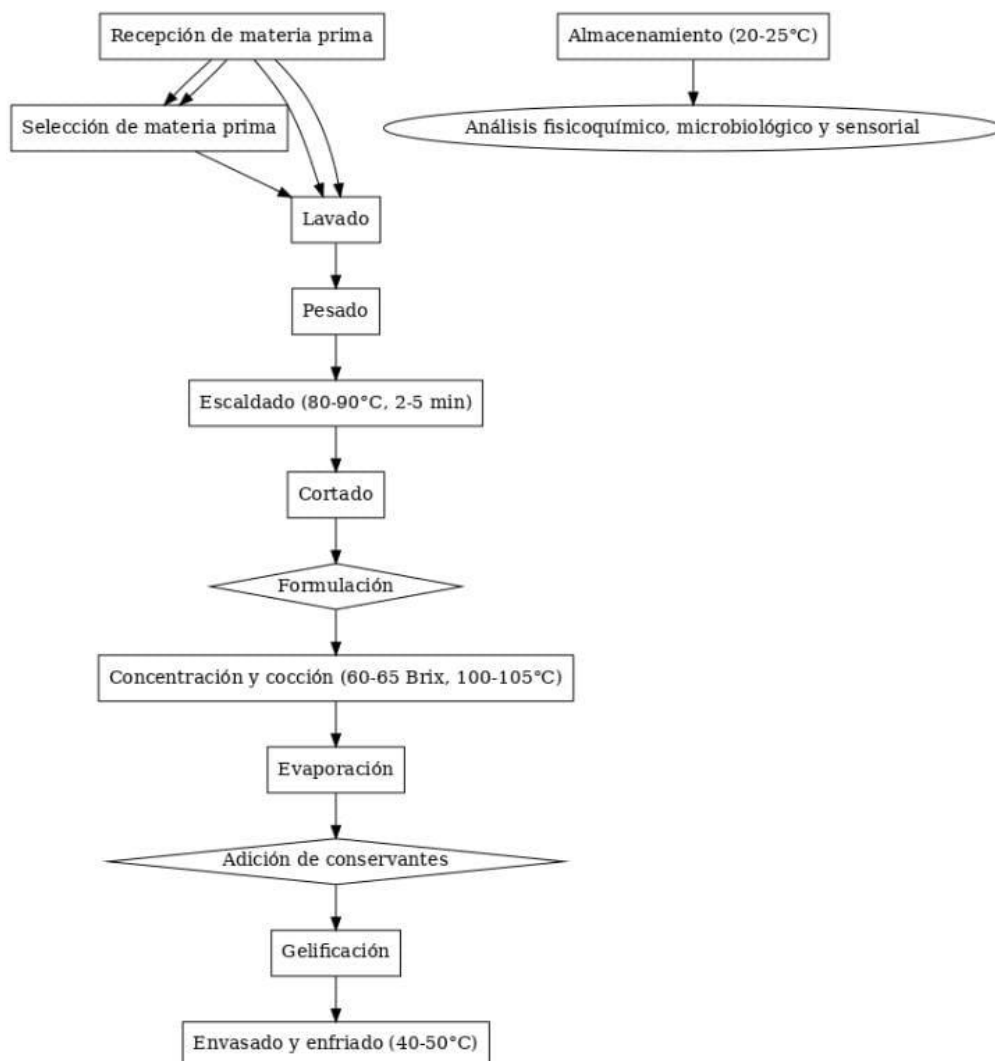
Para el desarrollo de la confitura, se llevó a cabo 4 formulación inicial con el propósito de determinar los parámetros variables relacionados con la textura y el sabor de este producto. Este proceso tuvo como objetivo principal establecer la proporción adecuada de arracacha y edulcorantes como estevia y jarabe de yacón, junto con otros ingredientes complementarios. Para ello, se realizó una cuidadosa homogeneización de los ingredientes obtenidos de las muestras de utilizada, asegurando la uniformidad de la mezcla y permitiendo una evaluación detallada de las características organolépticas, como la consistencia, el dulzor y el equilibrio de los sabores en las diferentes formulaciones, podemos observarlo en la figura 22. Este enfoque permitió ajustar la receta y optimizar los resultados según los objetivos del estudio.

El proceso comienza con una formulación preliminar basada en las teorías establecidas en el estándar (296 CODEX STAN, 2009), llevando a cabo la evaluación de los edulcorantes. Para ello, se consideraron las proporciones específicas de concentración del jarabe de yacón, la

estevia y el zumo de arracacha, asegurando que cumplieran con las normativas y parámetros definidos.

Figura 22

Simbología ANSI para confitura de arracacha



Nota. diagrama de flujo de la confitura de arracacha 22 simbología ANSI

Empacado y Conservación

Finalizado el proceso de elaboración de la confitura de arracacha, se procedió a envasar en frascos de vidrio previamente esterilizados a una temperatura de 80 °C para asegurar la inocuidad del producto (ver figura 23). Luego, se rotularon con la información básica (fecha,

nombre del producto, responsables) (ver figura 24), y se almacenaron a una temperatura aproximada de 4°C a 0 °C. Esto se hizo para evitar cambios en las propiedades físicas, organolépticas y químicas de la mermelada.

Figura 23

Frascos esterilizados para la conservación de confituras



Fuente. Autores

Figura 24

Métodos de conservación de la arracacha: técnicas y resultados



Fuente. Autores

Análisis sensorial

El análisis sensorial es una disciplina científica que estudia y mide las reacciones humanas ante las propiedades de los alimentos y otras sustancias, basándose en los sentidos del gusto, olfato, vista, tacto y oído (Pérez, P, 2021). Su aplicación en la industria alimentaria es fundamental para garantizar la calidad del producto y evaluar su aceptación entre los consumidores. Además, desempeña un papel crucial en el desarrollo y mejora de productos alimenticios, ya que permite a las empresas comprender mejor las preferencias del consumidor y realizar los ajustes necesarios. Sin esta evaluación, incluso los productos nutricionalmente equilibrados pueden fracasar si no resultan agradables al paladar o visualmente atractivos.

Tipos de análisis sensorial

Análisis descriptivo: También conocido como Análisis de Valoración, este método consiste en una evaluación detallada y cuantitativa de las características sensoriales de un producto. Los evaluadores, previamente capacitados, identifican y describen sensaciones específicas (Vargas et al.,2018).

Análisis discriminativo: Se emplea para detectar diferencias significativas entre dos productos o evaluar modificaciones en el proceso de producción. A diferencia del análisis descriptivo, este método requiere un mayor número de evaluadores para obtener resultados más precisos (Vargas et al., 2018).

Efectiva: También llamado test hedónico, se centra en medir la aceptación del producto entre consumidores sin entrenamiento previo. Su objetivo es recopilar opiniones espontáneas sobre la preferencia o rechazo del producto (Vargas et al.,2018). cómo se observa en la figura 25






Figura 25

Formulario de evaluación con escala hedónica facial mixta de cinco niveles.

Prueba de aceptación de la alimentación escolar

Nombre: _____ Año: _____ Fecha: _____

Señala la carita que más representa lo que te pareció el _____

				
Odié	No me gustó	Indiferente	Me gustó	Me encantó
1	2	3	4	5

Escribe lo que más te gustó en la preparación: _____

Escribe lo que menos te gustó en la preparación _____

Fuente. Thimote et al. (2013)

Prueba Sensorial Descriptiva

Se llevó a cabo una evaluación sensorial de diversas formulaciones de confitura mediante un panel compuesto por 25 panelistas semi-entrenados. Para la evaluación, se utilizó una escala bipolar de 9 puntos. Antes de cada prueba, los panelistas limpiaron su paladar con galletas de soda sin sal y agua.

Previo al análisis, se les proporcionó una introducción al análisis sensorial de alimentos, explicando el proceso y los objetivos de la evaluación. Las pruebas se realizaron en la Universidad UNAD, como se muestra en el anexo D, donde se incluyen las fotografías tomadas durante el procedimiento. Además, en el anexo B se encuentra la ficha de evaluación sensorial correspondiente a cada panelista.

Las muestras de confitura evaluadas presentaron diferentes concentraciones de fruta, jarabe de yacón, estevia y azúcar. La escala de 9 puntos empleada variaba de la siguiente manera:

0: No se percibe el descriptor en la muestra.

1-2: Percepción baja.

3-4: Intensidad moderada.

5-7: Sensación agradable.

8-9: Alta apreciación o muy agradable.

Los panelistas utilizaron un formato estructurado adaptado a las necesidades del producto y a las características del catador para registrar sus percepciones sobre los diferentes descriptores sensoriales, tales como sabor, aroma, textura, color y sensación global. Este enfoque permitió una evaluación detallada de los atributos sensoriales de las formulaciones, que variaban en términos de dulzor y espesura, con el objetivo de analizar su impacto en las propiedades organolépticas del producto.

Parámetros Físicoquímicos

Humedad

El contenido de humedad se determinó mediante los métodos convencionales de análisis gravimétrico por pérdida de peso, según el procedimiento descrito por la AOAC (2013) con adaptaciones.

El método AOAC 20.013 es un procedimiento estandarizado para medir el contenido de humedad en alimentos, particularmente en aquellos con alto nivel de azúcar, como las frutas.

Establecido por la Asociación Oficial de Químicos Analistas (AOAC), este método se basa en la

reducción de peso de una muestra tras su deshidratación bajo condiciones controladas (Pascual, et al., 2013)

Para ello, se utilizó una balanza analítica marca BOECO (modelo BAS 31 plus, capacidad máxima de 220 g, con una precisión de 0,1 mg), un horno de secado MEMMERT. Se pesó cada muestra, la cual fue colocada en el horno a 100 °C durante 2 horas para su secado como se observa en la figura 26. Tras este tiempo, se permitió el enfriamiento en un desecador hasta alcanzar la temperatura ambiente, y posteriormente se volvió a tomar el peso para realizar la determinación final del contenido de humedad, utilizando los datos obtenidos en la ecuación 1.

Cálculos:

Peso Inicial: Peso de vidrio reloj con la muestra - Peso del vidrio reloj vacío

Peso Final: Peso de vidrio reloj con la muestra seca - Peso del vidrio reloj vacío

Fórmula:

$$\%H = [(peso_{inicial} - peso_{final}) / peso_{inicial}] \times 100 \quad \text{Ec.(1)}$$

Figura 26

Equipos utilizados para la determinación de humedad en muestras



Fuente. Autores

Potencial de Hidrógeno (pH) y Acidez Total

Las determinaciones de pH se realizaron según el método descrito por la AOAC 981.12/90. La prueba de pH por el método AOAC 981.12/90 es un procedimiento estandarizado utilizado para medir la acidez de alimentos, especialmente concentrados de tomate. Este método es parte de las normas establecidas por la Asociación de Oficiales de Química Analítica (AOAC) y se emplea ampliamente en la industria alimentaria para asegurar la calidad y seguridad de los productos (Torres et al., 2013).

empleando un potenciómetro por inmersión de electrodo con compensador automático de temperatura, Marca HANNA edge, figura 27 El instrumento fue calibrado previamente con soluciones tampón de pH 4.01 y 7.01, verificando el tiempo de respuesta y la pendiente potenciométrica del electrodo (95.4 ± 2.50 mV a 20 °C).

La acidez total se refiere a la cantidad de ácidos presentes en el alimento, expresada en gramos de ácido equivalente por litro de muestra. Este valor es crucial para evaluar el sabor y la estabilidad microbiológica del producto.

La acidez total se determinó a través de titulación ácido-base, empleando el método descrito por la AOAC 942.15 con adaptaciones. En esta prueba, se empleó una solución de hidróxido de sodio 0,1 N, empleando como indicador fenolftaleína al 1% m/v, y se valoró con una muestra significativa de 0,5 g de confitura diluida en 25 mL de agua destilada, hasta alcanzar un pH de 8.30, lo cual indica el punto final de la titulación.

Figura 27

Potenciómetro HANNA Edge pH: medición del pH en muestras analizadas



Fuente. Autores

Conductividad

Se determinó en una solución al 10% de la confitura, según el método descrito por la AOAC 981.12/90. Se utilizó el equipo Marca HANNA edge Ref. HI7631000 0 a 200 $\mu\text{Sm}/\text{cm}$ acoplado con un electrodo combinado de vidrio y compensador automático de temperatura, como se evidencia en la figura 28. El instrumento fue calibrado previamente usando solución de Cloruro de Sodio (NaCl).

Figura 28

Conductímetro: medición de la conductividad eléctrica



Fuente. Autores

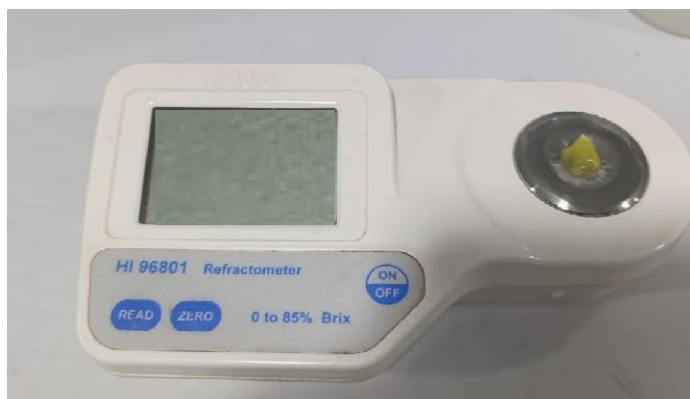
Sólidos Solubles Totales

Los sólidos solubles fueron determinados siguiendo el método descrito por la AOAC 932.14 C/2015. El método AOAC 932.14 C/2015 es un procedimiento empleado para determinar los sólidos solubles totales (SST) en alimentos, especialmente en frutas y jugos. Se basa en la refractometría, una técnica que mide el índice de refracción de una solución, el cual está directamente relacionado con la concentración de sólidos solubles (Pérez et al., 2018).

Haciendo uso de un refractómetro Hanna HI 96801 con un rango de lectura de 0 a 85% °Brix, con una resolución de 0,1 y precisión ± 0.2 % °Brix, con respuesta de lectura en 1,5 segundos, el equipo fue calibrado con agua destilada a 20°C. Para la lectura se tomó una gota de la confitura y se dispuso sobre el cristal. Esto se puede observar en la figura 29.

Figura 29

Refractómetro Hanna HI 96801: medición de sólidos solubles (°Brix)



Fuente. Autores

Color

La prueba de color en agua se realiza comúnmente utilizando el método de Unidades de Platino Cobalto (UPC), un procedimiento estandarizado para medir la intensidad y tonalidad del color en soluciones acuosas. Hanna instruments (2019) indica que este método puede llevarse a cabo mediante comparación visual, en la que la muestra se evalúa frente a una serie de soluciones estándar de referencia, o mediante espectrofotometría, una técnica instrumental que permite una medición más precisa y objetiva de la absorbancia de la luz a una longitud de onda específica.

El proceso de medición con el espectrofotómetro mide el color de la muestra en función de sus características en el espectro visible como se evidencia en la figura 30. Las coordenadas más comunes para describir el color son L^* (luminosidad), a^* (rojo-verde), y b^* (amarillo-azul), que se obtienen al exponer la muestra a luz y analizar la cantidad absorbida o reflejada.

Es importante calibrar el dispositivo para garantizar mediciones precisas. En este caso, el color debe ajustarse siguiendo parámetros establecidos, como los definidos en el método U.P.C Sol 10%, que ayudan a mantener la uniformidad del color entre los lotes de mermelada.

Figura 30

Espectrofotómetro: análisis de absorbancia en muestras



Fuente. Autores

Evaluación Microbiológica***Escherichia coli***

La evaluación microbiológica para la detección de *Escherichia coli* (*E. coli*) se realiza comúnmente mediante la técnica del Número Más Probable (NMP), que es un método estadístico utilizado para estimar la densidad de microorganismos en muestras, especialmente en productos alimenticios (Piedad et al., 2013). Esta técnica es ampliamente reconocida por su eficacia en la identificación de coliformes y *E. coli*, y se basa en el análisis de diluciones seriadas de las muestras. Para ello, se realizaron diluciones seriadas de la muestra en un medio selectivo de Caldo Lactosado, seguido de incubación a 37°C durante 24 a 48 horas.

Mohos

Para la evaluación de mohos, se utilizó la técnica de recuento en placa mediante el método de siembra superficial en agar PDA (Papa Dextrosa Agar), un medio de cultivo diseñado

para favorecer el crecimiento de hongos filamentosos. Se tomaron alícuotas de la muestra y se realizaron diluciones seriadas (10^{-1} y 10^{-2}) en una solución amortiguadora estéril con pH 7.2, asegurando la viabilidad de los microorganismos. Triana (2016) indica que el agar PDA es ideal para la germinación de hongos filamentosos, manteniendo un pH inferior a 7. En un medio de Agar Papa Dextrosa con pH 3.5, el hongo creció óptimamente y permitió una recolección eficiente de esporas (1×10^6 esporas/ml). A partir de este medio, se realizó el raspado para preparar la solución de *A. brasiliensis*.

Las placas inoculadas fueron incubadas a 25°C durante 5 a 7 días, tiempo suficiente para permitir el desarrollo de colonias fúngicas visibles. Posteriormente, se realizó el recuento y la identificación de las colonias, considerando su morfología y coloración.

Levaduras

El recuento de levaduras en las confituras se llevó a cabo mediante el mismo procedimiento de siembra en agar PDA, utilizando diluciones seriadas para una cuantificación precisa. Se utilizó el mismo procedimiento de siembra en agar PDA, empleando soluciones específicas. Este proceso se llevó a cabo siguiendo el método descrito anteriormente por Triana, con las modificaciones mencionadas previamente. Se incubaron las placas a 25°C durante 48 a 72 horas, periodo en el cual las levaduras desarrollaron colonias características.

Resultados y Discusión

Características de la Zona de Estudio

La vereda la Cerrajosa, ubicada en el municipio de Cajamarca, departamento del Tolima, se encuentra a una altitud de 1,700 msnm en la cordillera central de Colombia. Esta región se caracteriza por su clima templado, con una temperatura promedio de 20 °C, aunque se han registrado temperaturas máximas de hasta 37.3 °C en días inusualmente calurosos. La precipitación anual promedio alcanza los 2,712 mm, lo que proporciona condiciones ideales para el cultivo de arracacha y otros productos agrícolas como café y frijol.

La topografía del área es montañosa, con pendientes moderadas que favorecen el drenaje natural del suelo. Este último es franco-arcilloso, con un pH que varía entre 5.6 y 6.0, características óptimas para el desarrollo del cultivo de arracacha. La zona presenta vegetación típica de un bosque muy húmedo montano bajo, lo que enriquece la biodiversidad del ecosistema.

El cultivo de arracacha en esta región se lleva a cabo en un área de una hectárea con 67 surcos dispuestos en orientación Este-Oeste, y distancias de 20 cm entre surcos y 10 cm entre tubérculos dentro del mismo surco. La siembra fue realizada el 2 de octubre de 2023, utilizando riego natural por lluvias y fertilizantes orgánicos como purini y lanate, aplicados cada dos meses para el control de plagas y enfermedades.

El cultivo, actualmente con 8 meses de edad, se encuentra en un estado de desarrollo favorable, gracias a las prácticas agrícolas implementadas y a las condiciones ambientales de la región como se puede observar los datos en la tabla 7. La recolección se realiza bajo criterios estrictos que garantizan la calidad del producto, seleccionando raíces completas, sanas y libres de defectos visibles, siguiendo un muestreo aleatorio simple (MAS).

Cajamarca, reconocida como la "despensa agrícola de Colombia," es el mayor productor nacional de arracacha. Este tubérculo es uno de los productos insignia de la región, representando un importante recurso económico y cultural para la población local.

Tabla 7

Análisis estratégico del cultivo de arracacha y su entorno

Cultivo	Edad (años)	Extensión (ha)	Surcos	Posicionamiento Global	Sensación Térmica (°C)	H.R. (%)	Hora Recolección
Arracacha	0.67 (8 meses)	1	67	Vereda La Cerrajosa, Cajamarca, Tolima, Colombia	37.3(día inusual)	46%	15

Nota. Datos registrados en condiciones atípicas; considerar valores promedio para análisis más precisos. *Fuente.* Autores

Balance de Masa de la Confitura de Arracacha

La preparación de la confitura siguió un proceso estructurado que garantizó la calidad del producto final. Inicialmente, se realizó el lavado y desinfección de los tubérculos para eliminar impurezas y posibles contaminantes. Luego, se procedió al pelado y troceado, asegurando uniformidad en la materia prima. Posteriormente, se obtuvo la pulpa de arracacha y jarabe de yacon, ingredientes clave para la formulación como se puede observar en la tabla 8. Finalmente, la mezcla fue preparada, cocida y envasada bajo condiciones controladas, asegurando una textura adecuada y estabilidad microbiológica. Este proceso permitió desarrollar una confitura con óptimas características sensoriales.

Tabla 8

Resumen de entradas y salidas en cada etapa del proceso productivo

Etapas	Materia Prima (kg)	Producto Obtenido (kg)	Pérdida (%)
Lavado y pelado	50.0	42.5	15.0
Obtención de pulpa	42.5	40.0	5.9
Mezcla y cocción	40.0	36.5	8.8
Envasado final	36.5	36.0	1.3

Nota. La tabla muestra las entradas, salidas y pérdidas porcentuales de materia prima en cada etapa del proceso, permitiendo un análisis de eficiencia y rendimiento. *Fuente.* Autores

Rendimiento de Extracción

El proceso de extracción de la pulpa de arracacha mostró un rendimiento del 80%, lo que resalta su alta eficiencia y su potencial para transformarse en un producto aprovechable. Por otro lado, el jarabe de yacón, obtenido a través de un proceso de deshidratación controlada, presentó un rendimiento del 15% en relación con el peso fresco del tubérculo.

Estos resultados reflejan una buena eficiencia en ambos procesos, ya que permiten minimizar pérdidas y optimizar el uso de la materia prima. Además, demuestran el potencial de aprovechamiento de estos cultivos para la obtención de productos con alto valor agregado.

Desarrollo de las Confituras

El desarrollo de las formulaciones para las confituras demostró que es posible obtener productos con diferentes perfiles edulcorantes y texturales mediante la combinación de ingredientes naturales como el jarabe de yacón, stevia y pectina, se evidencia los porcentajes globales en la tabla 9. La Fórmula 1, que utilizó azúcar como principal edulcorante, presentó una textura firme y un sabor clásico, mientras que las fórmulas con alternativas más saludables mostraron características únicas.

En la Fórmula 2, la incorporación de trozos de yacón y stevia resultó en una confitura de sabor moderadamente dulce con una textura consistente gracias a la adición de pectina, aunque menos firme que la versión con azúcar. La Fórmula 3, que combinó jarabe de yacón, stevia y pectina, destacó por su dulzura equilibrada y una textura más espesa debido al contenido de pectina más alto (2%). Por su parte, la Fórmula 4, con jarabe de yacón y stevia líquida, mostró una dulzura más sutil y una textura ligera, adecuada para consumidores que prefieren opciones con menor percepción de azúcar.

En todas las formulaciones, la inclusión de ácido cítrico y canela contribuyó a resaltar los sabores y a garantizar la estabilidad del producto. Las variaciones en la proporción de pectina y edulcorantes influyeron significativamente en la textura y la aceptación sensorial, sugiriendo que las formulaciones con jarabe de yacón y stevia líquida pueden representar una alternativa viable y saludable frente a las confituras tradicionales.

Tabla 9*Formulaciones propuestas para la elaboración de confituras*

Producto	Fórmula 1: Azúcar y ácido cítrico	Fórmula 2: Yacón, stevia y ácido cítrico	Fórmula 3: Stevia, jarabe de yacón y pectina	Fórmula 4: Jarabe de yacón, stevia líquida y pectina
Azúcar	48%	-	-	-
Stevia	-	2%	2%	0.1%
Arracacha	52%	65%	64%	66%
Canela	0.3%	0.3%	0.3%	0.4%
Pectina	-	1%	2%	1%
Yacón (trozos)	-	31%	-	-
Jarabe de yacón	-	-	31%	31%
Ácidocítrico	0.3%	0.3%	0.3%	0.3%

*Fuente. Autores***Evaluación Sensorial en las Muestras**

El análisis sensorial es una herramienta fundamental para evaluar las propiedades organolépticas de los alimentos, tales como aroma, sabor, textura y apariencia. Para las muestras analizadas, se utilizó una escala hedónica de 9 puntos que permitió cuantificar la aceptabilidad por parte de los evaluadores sensoriales. Esta metodología se enfoca en determinar la preferencia y satisfacción global de los consumidores frente a parámetros específicos de calidad.

Los resultados de la evaluación sensorial indicaron altos niveles de aceptación en las diferentes categorías analizadas. Los atributos relacionados con aroma y sabor se destacaron como los más apreciados por los jurados, con puntuaciones que reflejan una alta calidad organoléptica de las muestras. Asimismo, la textura y el color obtuvieron resultados satisfactorios que contribuyen a la percepción positiva del producto por parte de los evaluadores.

Formulaciones de la Evaluación Sensorial

Muestra 1

destaca principalmente por su sabor y su aroma dulces, con una textura suave y granulosa. El perfil de color es unicolor, y la muestra no tiene un aspecto sucio ni presenta variaciones de color notables. La sensación global es alta, lo que sugiere que, en general, la muestra es bien recibida sensorialmente esto se puede observar en la tabla 10.

Este análisis puede ayudar a mejorar o ajustar los atributos sensoriales, dependiendo del objetivo del producto.

Tabla 10*Resultados de la muestra 1*

Parámetro	Categoría	Promedio
Sabor	Dulce	5.905
	Ácido	0.094
	Amargo	0.005
	Insípido	1.166
Aroma	Herbal	2.516
	Frutal	2.105
	Terroso	1.888
	Dulce	4.722
Textura	Fermentado	1.455
	Granulosa	3.661
	Suave	3.755
	Firme	1.861
Apariencia	Líquida	2.066
	Limpio	6.088
	Sucio	0.016
	Degradado	1.355
Color	Unicolor	4.961
	Multicolor	0.983
	Atípico	0.094
Sensación Global	Sensación global	6.733

Fuente. Autores***Muestra 2***

Presenta un perfil sensorial donde predomina el sabor dulce, aunque con mayor complejidad gracias a la presencia de notas ácidas, amargas, frutales, y terrosas. El aroma dulce es notable, pero el aroma terroso destaca más en esta muestra. En términos de textura, es significativamente más granulosa, lo que puede ser positivo o negativo dependiendo del producto, aunque la suavidad es menor.

La apariencia es limpia y en su mayoría uniforme, aunque con leves indicios de suciedad y variaciones de color. A pesar de estas diferencias, la sensación global es positiva, lo que indica

que la muestra es bien recibida, aunque ciertos ajustes en la textura podrían mejorar la aceptación general tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11

Resultados de la muestra 2

Parámetro	Categoría	Promedio
Sabor	Dulce	5.522
	Ácido	0.383
	Amargo	0.911
	Insípido	1.833
Aroma	Herbal	0.177
	Frutal	2.672
	Terroso	3.216
	Dulce	4.122
Textura	Fermentado	0.466
	Granulosa	6.172
	Suave	2.555
	Firme	2.311
Apariencia	Líquida	1.355
	Limpio	6.35
	Sucio	0.711
	Degradado	1.716
Color	Unicolor	4.011
	Multicolor	1.822
	Atípico	0.533
Sensación Global	Sensación global	6.666

Fuente. Autores

Muestra 3

Presenta un perfil sensorial más equilibrado entre lo dulce, lo ácido y lo amargo, con una textura granulosa que está bien complementada con suavidad. El aroma dulce es moderado, mientras que las notas fermentadas y terrosas añaden complejidad al perfil aromático. Aunque la apariencia es relativamente limpia, hay algunas percepciones de suciedad y degradación, y el color es percibido como atípico. En general, la muestra es aceptable, aunque ciertos aspectos,

como la textura granulosa y el color atípico como se presenta en la tabla 12, podrían requerir ajuste dependiendo del objetivo del producto.

Tabla 12

Resultados de la muestra 3

Parámetro	Categoría	Promedio
Sabor	Dulce	3.17
	Ácido	1.26
	Amargo	2.91
	Insípido	0.44
Aroma	Herbal	0.31
	Frutal	0.92
	Terroso	2.51
	Dulce	3.41
Textura	Fermentado	1.97
	Granulosa	4.21
	Suave	4.09
	Firme	1.46
Apariencia	Líquida	1.34
	Limpio	4.83
	Sucio	1.60
Color	Degradado	1.60
	Unicolor	3.17
	Multicolor	0.32
Sensación Global	Atípico	2.87
	Sensación global	2.52

Fuente. Autores

Muestra 4

Revela un perfil predominantemente agradable como se observa en la tabla 13. El sabor dulce y herbal son los más destacados, junto con un aroma herbal igualmente agradable. La textura suave es apreciada, mientras que la granularidad es moderada. La apariencia limpia también contribuye positivamente, con una coloración unicolor moderada. Los sabores ácido, amargo e insípido, así como la apariencia limpia, son casi imperceptibles. La sensación global se

califica como agradable, mostrando que la muestra es bien recibida por su equilibrio sensorial y sus atributos visuales positivos.

Tabla 13

Resultados de la muestra 4

Parámetro	Categoría	Promedio
Sabor	Dulce	5.938
	Ácido	0.094
	Amargo	0.005
	Insípido	1.166
Aroma	Herbal	6.266
	Frutal	2.105
	Terroso	1.888
	Dulce	4.733
Textura	Fermentado	1.455
	Granulosa	3.661
	Suave	5.483
	Firme	1.861
Apariencia	Líquida	2.066
	Limpio	7.116
	Sucio	0.016
	Degradado	1.355
Color	Unicolor	4.977
	Multicolor	0.983
	Atípico	0.094
Sensación Global	Sensación Global	6.738

Fuente. Autores

El análisis de los resultados sensoriales destacó las formulaciones 1 (preparada con azúcar convencional) y 4 (preparada con jarabe de yacón, estevia líquida, pectina y ácido cítrico) como las más sobresalientes. Estos valores de diferencias de las formulaciones se pueden observar en la tabla 14. Ambas formulaciones se evaluaron bajo criterios específicos como aroma, sabor, textura y color, utilizando una escala hedónica de 9 puntos.

Formulación 1 obtuvo las puntuaciones más altas en parámetros como aroma afrutado ($8 \pm 0,7$) y tipicidad del sabor ($9 \pm 0,5$). Esto se atribuyó a la familiaridad de los panelistas con el sabor del azúcar convencional, lo que influyó positivamente en su aceptación global. Los panelistas resaltaron la textura palpable de esta formulación ($7 \pm 0,8$) como muy cercana a las mermeladas tradicionales, y el color visual ($9 \pm 0,6$) fue considerado atractivo y acorde con sus expectativas.

Por otro lado, aunque Formulación 4 inicialmente no resultó tan familiar para los panelistas debido a sus ingredientes innovadores (jarabe de yacón y estevia líquida), logró obtener calificaciones destacadas en atributos clave. Esta formulación obtuvo una puntuación de $7 \pm 0,8$ en aroma afrutado, $8 \pm 0,6$ en tipicidad del sabor, y $8 \pm 0,7$ en textura palpable, lo que demuestra su capacidad para satisfacer las expectativas sensoriales. Además, el color visual también recibió una puntuación elevada ($8 \pm 0,5$), destacando su apariencia atractiva y natural.

A pesar de que la formulación 1 fue inicialmente mejor valorada, se seleccionó la formulación 4 como la más adecuada para el proyecto debido a su cumplimiento de parámetros de innovación, saludabilidad y equilibrio sensorial. Esta formulación no solo alcanzó un balance óptimo entre dulzor y textura sin recurrir al azúcar convencional, sino que también cumplió con los objetivos del proyecto al ofrecer un producto alineado con las tendencias de consumo saludable.

La evaluación sensorial de la confitura permitió determinar la aceptación general del producto entre los panelistas. Se observó que la formulación con azúcar convencional obtuvo una mayor preferencia debido a la familiaridad de los consumidores con su sabor y textura. Sin embargo, la formulación con jarabe de yacón y estevia también recibió una alta aceptación, destacándose por su equilibrio en dulzor y consistencia.

A pesar de que algunos evaluadores notaron diferencias sensoriales respecto a productos tradicionales, un 75 % de los panelistas consideraron que la confitura con jarabe de yacón era una alternativa viable y agradable. Esto demuestra que la inclusión de ingredientes innovadores puede ser bien recibida, siempre que se mantenga un perfil sensorial adecuado.

Tabla 14

Valores promedio de atributos sensoriales en las formulaciones 1 y 4

Atributo	Formulación 1 (Media ± DS)	Formulación 4 (Media ± DS)
Aroma afrutado	8 ± 0,7	7 ± 0,8
Tipicidad del sabor	9 ± 0,5	8 ± 0,6
Textura palpable	7 ± 0,8	8 ± 0,7
Color visual	9 ± 0,6	8 ± 0,5

Fuente. Autores

Las diferencias observadas en las puntuaciones reflejan tanto la familiaridad de los panelistas con los ingredientes como la innovación sensorial presentada por la formulación 4, la cual demostró un equilibrio de aceptación .

Características Fisicoquímicas

Tras la aplicación del análisis correspondiente y considerando los resultados obtenidos, se determinó que la formulación más adecuada es la número 4, la cual está compuesta por jarabe de yacón y estevia líquida.

A esta formulación se le realizaron los análisis fisicoquímicos pertinentes con el fin de evaluar sus propiedades y asegurar su calidad. Los parámetros analizados incluyen características como pH, contenido de sólidos solubles, acidez, color y otras propiedades relevantes para su estabilidad .A continuación, se presentan los resultados detallados de dichos análisis.

Humedad

La humedad es un parámetro esencial en la confitura, ya que influye en su conservación, textura y calidad. Un nivel adecuado evita el crecimiento microbiano, prolongando su vida útil, y determina su consistencia, evitando que sea demasiado líquida o densa. Además, afecta la concentración de azúcar, la estabilidad química y la percepción sensorial, garantizando una confitura segura, homogénea y con buena calidad organoléptica.

Una vez ya realizado el análisis a la muestra de la confitura de arracacha, presentaron un alto contenido de humedad, característico de este cultivo. Los valores oscilaron entre 79,71% y 79,75%, evidenciando la alta capacidad de retención de agua en el tubérculo. Moreira et al. (2021) reportaron que, en la mermelada de piña, el tratamiento con 100% pulpa presentó el menor porcentaje de humedad, con valores de 17.75% y 18.65%, mientras que la mayor humedad se obtuvo con la adición de 30% de fibra, alcanzando 19.09%. Por otro lado, Gómez (2019) encontró que la mermelada elaborada con gulupa presentó valores de 80.61% y 80.74%. En comparación, nuestro producto, elaborado con arracacha, muestra una mayor similitud con los resultados de Gómez y una diferencia más marcada respecto a los de Moreira, debido a la distinta materia prima utilizada también, los valores de humedad reportados son consistentes con las características propias los cultivos cultivo bajo las condiciones climáticas de la región ya que la arracacha con temperaturas promedio de 20 °C y una altitud de 1700 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 15*Valores promedio de humedad en las muestras analizadas*

Procedencia	N	Humedad (g/100g)
Cultivo 1	3	79.73±0.03

Fuente. Autores

Los valores de humedad expresados reflejan el promedio calculado en base al análisis de las muestras recolectadas en cada lote.

pH y Acidez Total

El pH y la acidez total son parámetros clave en la confitura, ya que influyen en su estabilidad, sabor y conservación. Un pH adecuado ayuda a prevenir el crecimiento microbiano y optimiza la acción de los agentes gelificantes, asegurando una textura ideal.

En las muestras analizadas, se observó un rango de pH entre 4.56 y 4.58, con una tendencia a valores similares en ambos cultivos. Luna et al. (2004) presentaron resultados sobre la elaboración de mermelada de naranjilla light a partir de gulupa endulzada con stevia, obteniendo un pH de 3.05. Por su parte, Benítez & Pozuelo (2017) reportaron un rango de pH de 3.3 en mermeladas de fresa y mango con sustitución parcial de azúcar por stevia. Estas variaciones en los valores de pH pueden deberse a la diferencia en las materias primas utilizadas, ya sea frutas o tubérculos. En comparación, nuestro producto presenta un pH más alto, pero aun así cumple con los parámetros establecidos en la Resolución 3929 del Ministerio de Salud, que establece un límite de 4.5. Estos valores reflejan el carácter ligeramente ácido del producto, característico del cultivo estudiado.

La acidez total, por su parte, equilibra el dulzor, mejora el perfil sensorial y contribuye a la estabilidad del producto, evitando reacciones indeseadas durante el almacenamiento. En cuanto a la acidez total, expresada en términos de ácido cítrico, se observó un rango entre 0.40

% y 0.44%, lo que puede estar relacionado con factores climáticos y geográficos propios de la región. Este comportamiento es consistente con la relación inversa habitual entre el pH y la acidez: a menor pH, mayor acidez titulable. López et al, (2020) reportó un rango de acidez del 0.18% en la mermelada hipocalórica de arazá y babaco endulzada con stevia. Por otro lado, Salazar et al, (2018) obtuvo un valor final de 0.65% en la elaboración de mermelada de naranjilla con inclusión de camote morado como agente espesante. En comparación, el producto de Calvache presenta un nivel de acidez más alto, mientras que el de López es el más bajo. Sin embargo, esto no implica que nuestro producto sea de mala calidad, ya que cumple con los parámetros establecidos en la Resolución 3929 del Ministerio de Salud, que fija un límite de 0.5%. Estos valores reflejan el carácter ligeramente ácido del producto, característico del cultivo estudiado.

Los resultados obtenidos destacan la importancia de estos parámetros en la conservación y procesamiento de alimentos derivados del cultivo, asegurando su estabilidad química y microbiológica durante el desarrollo de productos alimenticios.

Tabla 16

Valores medios en los parámetros de pH y acidez total

Procedencia	n	pH	Acidez Total
Cultivo 1	3	4.57±0.01,	0.40±0.03

Nota. Los valores fueron obtenidos mediante análisis potenciométrico para el pH y volumétrico para la acidez total. *Fuente.* Autores

Sólidos Solubles (°Brix)

Los sólidos solubles, medidos en grados Brix, son un parámetro fundamental en la confitura, ya que determinan su concentración de azúcares y otros compuestos solubles. Un nivel adecuado de °Brix influye en la textura, dulzura y capacidad de conservación del producto, ya

que un mayor contenido de sólidos solubles reduce la actividad del agua, limitando el crecimiento microbiano y prolongando su vida útil. Además, contribuyen a la estabilidad del gel y a la percepción sensorial de la confitura.

Los valores de °Brix en la muestra analizada oscilaron entre 35.1% y 35.9%, lo que indica un estado de madurez adecuado y una buena concentración de azúcares para la elaboración de productos alimenticios. Luna et al. (2004) reportaron un valor de 62% °Brix en la mermelada de naranjilla light con gulupa endulzada con stevia, mientras que Gómez (2019) obtuvo valores de 14.83% y 14.66% °Brix en diferentes muestras de pulpa. Estos resultados reflejan la influencia de las condiciones climáticas y geográficas en la calidad del fruto, confirmando que el contenido de sólidos solubles es estable dentro de los cultivos evaluados. Además, el producto cumple con los parámetros de la Resolución 3929 del Ministerio de Salud, que establece un límite de 35% y un máximo de 59%, destacando su carácter ligeramente ácido y su calidad conforme a la normativa vigente.

Tabla 17

Valores promedio de sólidos solubles (°Brix) en las confituras

Procedencia	n	°Brix (unidad) ± ds
Cultivo 1	3	35.5±0.40

Nota. Los valores fueron obtenidos mediante análisis refractométrico y reflejan un estado óptimo de maduración en las muestras. *Fuente.* Autores

Minerales

Los minerales en la confitura son componentes esenciales que influyen en su valor nutricional y estabilidad. Su presencia depende de la composición de la fruta y otros ingredientes utilizados en la formulación. Elementos como calcio, potasio, magnesio y hierro pueden afectar la textura, el color y la capacidad de gelificación del producto. Además, los minerales

contribuyen a la calidad sensorial y a la conservación, ya que algunos actúan como antioxidantes o reguladores del pH, mejorando la estabilidad y prolongando la vida útil de la confitura.

En el caso del cultivo estudiado, el contenido de minerales es un indicador de la fertilidad del suelo y de las prácticas agronómicas aplicadas durante el desarrollo del cultivo. Los valores obtenidos varían entre un contenido mínimo de 0,35 % y un máximo de 0,41 %, siendo comparables con resultados de investigaciones previas en cultivos similares, lo que evidencia la calidad mineral de las muestras analizadas.

Tabla 18

Concentración promedio de minerales en los cultivos analizados

Procedencia	n	Minerales (%) ± ds
Cultivo 1	3	0.38±0.04

Nota. Los valores presentados corresponden a medias obtenidas; considerar la desviación estándar para evaluar la variabilidad de los datos. *Fuente.* Autores

Color

El color es un parámetro clave en la confitura, ya que influye en su atractivo visual y aceptación por parte del consumidor. Depende de la composición natural de la fruta, el procesamiento y las condiciones de almacenamiento. Factores como el pH, la temperatura y la exposición a la luz pueden afectar la estabilidad de los pigmentos naturales, como antocianinas y carotenoides. Un color uniforme e intenso indica frescura y calidad, mientras que cambios indeseados pueden sugerir degradación o reacciones químicas no deseadas, afectando la percepción del producto.

En el cultivo analizado, se midió el color con un espectrofotómetro, obteniendo valores que oscilan entre 42 U.P.C. y 43 U.P.C. Estos resultados reflejan la uniformidad en el color del producto, lo que indica una maduración homogénea y condiciones óptimas de cultivo.

Tabla 19

Valores promedio de color en las formulaciones estudiadas

Procedencia	n	Color (U.P.C. Sol. 10%) ± ds
Cultivo 1	3	42.5 ± 0,70

Nota. Los valores representan promedios del color; considerar la desviación estándar para interpretar la variabilidad. *Fuente.* Autores

Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica en la confitura es un parámetro que refleja la presencia de iones disueltos, como sales minerales y ácidos orgánicos, los cuales influyen en su estabilidad y calidad. Su medición es útil para evaluar la concentración de minerales, el control del pH y la homogeneidad de la formulación. Además, puede estar relacionada con la capacidad de conservación del producto, ya que ciertos iones pueden afectar la actividad del agua y la interacción con los agentes gelificantes, influyendo en la textura y consistencia de la confitura.

En los cultivos analizados, los valores obtenidos oscilan entre 723 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 728 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica una baja salinidad, característica favorable para la estabilidad del producto y su aceptación en el mercado.

Tabla 20

Valores promedio de conductividad eléctrica en las muestras

Procedencia	N	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$ Sol. 10%) ± ds
Cultivo 1	2	725.5±3.54

Nota: Los valores fueron obtenidos mediante análisis potenciométrico para el pH y volumétrico para la acidez total. *Fuente.* Autores

Evaluación Microbiológica de la Confitura

La calidad microbiológica de los alimentos es un aspecto fundamental para garantizar su inocuidad y estabilidad durante su vida útil. En este estudio, se realizó la evaluación

microbiológica de la confitura con el objetivo de determinar la presencia de *Escherichia coli*, mohos y levaduras, microorganismos que pueden comprometer la seguridad del producto si no se controlan adecuadamente. Para ello, se emplearon métodos de análisis reconocidos, como el Número Más Probable (NMP) para bacterias coliformes y el recuento en placa para hongos y levaduras, siguiendo los protocolos establecidos en normativas nacionales e internacionales. También en la resolución se puede observar los parámetros en que los piden como se observa en la tabla 21.

Tabla 21

Requisitos microbiológicos para confitura

Requisitos	Parámetro			
	n	M	m	C
Recuento de mohos y levaduras (ufc/g)	5	20	50	1

Fuente. Resolución 3929 del Ministerio de Salud y Protección Social.

El análisis de *E. coli* mediante la técnica de Número Más Probable (NMP) mostró valores inferiores al límite de detección (<1 NMP /ml), lo que indica la ausencia de contaminación fecal en las muestras. Salazar et al. (2018) reportaron que en la elaboración de mermelada de naranjilla, el conteo de *Escherichia coli* fue inferior a 1 UFC/g, lo que indica un adecuado control microbiológico en su procesamiento. De manera similar, Chávez (2018) encontró en su estudio sobre mermelada de pulpa y cáscara de maracuyá que la presencia de *E. coli* fue menor a 10 UFC/g, lo que evidencia buenas prácticas de higiene y manejo durante la producción. Asimismo, Córdor et al. (2016) determinaron que en la mermelada dietética de piña y naranja endulzada con stevia, *E. coli* fue menor a 10 UFC/g, Como se observa en la Tabla 21 lo que confirma la ausencia de microorganismos patógenos y la eficacia de las condiciones sanitarias aplicadas.

Esto confirma que las condiciones de higiene, el tratamiento térmico y las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) aplicadas durante su producción fueron efectivas para garantizar la inocuidad del producto. Además, estos resultados reflejan la importancia de un adecuado control microbiológico en la industria alimentaria para garantizar la seguridad y calidad de los productos destinados al consumo humano

Tabla 21

Resultado de Análisis de Escherichia coli por Método NMP

Característica	Método	Resultado	Valor admisible
Escherichia coli	Número Más Probable (NMP/mL)	<1	$m \leq 3$ NMP/mL

Fuente. Autores

Mohos

El recuento de mohos se realizó en agar Papa Dextrosa (PDA), incubando las muestras a 25°C durante 5 a 7 días. Como se observa en la Tabla 22 Los resultados mostraron niveles inferiores a 10 UFC/mL, muy por debajo del límite permisible de 20 UFC/mL establecido en las normativas de control microbiológico de la resolución 3929 del Ministerio de Salud. Estos hallazgos indican que el proceso de cocción y envasado fue efectivo para minimizar la contaminación fúngica, contribuyendo a la estabilidad del producto. Además, El análisis confirmó que los niveles de mohos en las formulaciones evaluadas se encuentran dentro de los parámetros permisibles, garantizando la seguridad y calidad del producto. Resultados similares fueron reportados por Córdor et al. (2016), quienes determinaron que en la mermelada dietética de piña y naranja endulzada con stevia, el conteo de mohos fue menor a 10 UFC/g, evidenciando un adecuado control microbiológico. De igual manera, López et al. (2000) encontraron que en tres mermeladas comerciales de guayaba endulzadas con stevia, los niveles de mohos también se mantuvieron por debajo de 10 UFC/g. Estos resultados reflejan la importancia de aplicar estrictos

protocolos de higiene y conservación en la elaboración de mermeladas para evitar el crecimiento de microorganismos no deseados y garantizar la estabilidad del producto durante su vida útil. La ausencia significativa de mohos en estas formulaciones sugiere que las condiciones de almacenamiento y procesamiento fueron óptimas, contribuyendo a la seguridad alimentaria y al cumplimiento de las normativas establecidas.

Tabla 22

Análisis de Mohos por Método de Recuento en Placa (ICMSF)

Característica	Método	Resultado	Valor admisible
Mohos	Recuento en placa (ICMSF)	<10 UFC/mL	$m \leq 20$ UFC/mL

Fuente. Autores

Levaduras

La evaluación de levaduras se realizó mediante siembra en agar Papa Dextrosa (PDA) e incubación a 25°C durante 48 a 72 horas, obteniendo recuentos menores a 10 UFC/mL, lo que cumple con los estándares microbiológicos permitidos. tal como se detalla en la Tabla 23 Estos resultados indican la ausencia de fermentaciones no deseadas, garantizando una buena estabilidad y vida útil del producto.

Dado que las levaduras pueden afectar la estabilidad del producto al causar fermentaciones indeseadas, su control es esencial en formulaciones con alto contenido de azúcares. Los resultados obtenidos confirmaron que las muestras analizadas presentan niveles adecuados, dentro de los límites microbiológicos permitidos, lo que evidencia un adecuado manejo en la producción y almacenamiento. Chávez (2018) encontró en su estudio sobre mermelada de pulpa y cáscara de maracuyá que la presencia de levaduras fue menor a 10 UFC/g, Resultados similares fueron reportados por López et al. (2000) encontraron que en tres mermeladas comerciales de guayaba endulzadas con stevia, los niveles de mohos también se

mantuvieron por debajo de 10 UFC/g. El análisis microbiológico de la confitura de arracacha también mostró que cumple con los parámetros establecidos en la Resolución 3929 del Ministerio de Salud, que fija un límite de 20 UFC/g y un máximo de 50 UFC/g para este tipo de productos.

Tabla 23

Análisis de Levaduras por Método de Recuento en Placa (ICMSF)

Característica	Método	Resultado	Valor admisible
Levaduras	Recuento en placa (ICMSF)	<10 UFC/mL	$m \leq 20$ UFC/mL

Fuente. Autores

Conclusiones

El proyecto presentado destaca la integración de la arracacha y el jarabe de yacón como materias primas fundamentales para la creación de un producto tipo confitura, evidenciando la versatilidad y los beneficios de estos ingredientes autóctonos. La arracacha, con su alto contenido en carbohidratos, fibra y antioxidantes, junto al jarabe de yacón, conocido por su bajo índice glucémico y propiedades prebióticas, se combinan en una propuesta innovadora que resalta el valor nutricional de alimentos tradicionales de la región andina. Este enfoque no solo busca desarrollar un alimento nutritivo y saludable, sino también fomentar el reconocimiento y aprovechamiento de cultivos locales, contribuyendo a la sostenibilidad agrícola y la diversificación de la dieta.

La investigación también resalta los procesos fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales llevados a cabo para garantizar la calidad y seguridad del producto final. Los análisis detallados, como el contenido mineral, el pH, la acidez y los sólidos solubles, refuerzan el rigor científico del proyecto, asegurando un producto que cumple con los estándares de calidad requeridos. Asimismo, la evaluación organoléptica confirma su aceptación potencial en el mercado, lo que respalda su viabilidad como una alternativa saludable y atractiva para consumidores de todas las edades.

Finalmente, el impacto social y económico del proyecto trasciende la creación del producto. Al valorizar ingredientes autóctonos como la arracacha y el yacón, esta iniciativa promueve la inclusión de pequeños agricultores en cadenas de valor sostenibles, incentivando el desarrollo rural y el empoderamiento de comunidades locales. Además, se fomenta un cambio positivo en los hábitos de consumo, incentivando la preferencia por alimentos nutritivos. Este enfoque integral demuestra que la innovación en la industria alimentaria puede ser una

herramienta poderosa para impulsar el desarrollo sostenible y mejorar la calidad de vida en el contexto colombiano.

Referencias

- Acosta, A., Blanco, C. (2013). *Obtención y caracterización de almidones nativos colombianos para su evaluación como posibles alternativas en la industria alimentaria*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/522/OBTENCION%20Y%20CARACTERIZAION%20DE%20ALMIDONES%20NATIVOS%20COLOMBIANOS%20PARA%20SU%20EVALUACION%20COMO%20POSIBLES%20ALTERNTIVAS%20EN%20LA%20INDUSTRIA%20%20ALIMENTARIA.pdf?sequence=1
- Agrosavia. (2020). *Productores De Arracacha Tienen Una Nueva Y Mejor Alternativa*. Recuperado De [Https://Www.Agrosavia.Co/Noticias/Arracacha-La-22](https://Www.Agrosavia.Co/Noticias/Arracacha-La-22)
- Alayo, B. P. (2015). Caracterización fisicoquímica y reológica del almidón de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) variedad amarilla procedente de la Provincia San Ignacio-Departamento de Cajamarca. <https://revistas.ucv.edu.pe/index.php/INNOVACION/article/view/1700>
- Alvarado, G., Morales, Á. P., Luz A. (2016). *Sistema agroalimentario del cultivo de arracacha (arracacia xanthorrhiza bancroft), desde la multifuncionalidad, municipio de Boyacá (Boyacá)*.
- AOAC International. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. AOAC International.
- Arroyo, H.V., Luna, J. D. (2014). *Proyecto de instalación de una planta elaboradora de jarabe de yacón Ingeniería Industrial, núm. 32. (PP 152-154)*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/3374/337432679007.pdf

- Auris García M., Pacheco E. (2010). Evaluación de una bebida láctea instantánea a base de harina de arracacha (*arracacia xanthorrhiza*) con la adición de ácido fólico.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182010000400009
- Benítez, A., Pozuelo, K. (2017). *Desarrollo de mermeladas de fresa (Fragaria ananassa y de mango (Mangifera indica) con sustitución parcial de azúcar por Stevia.*[Tesis de grado]. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.* (PP 9) chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d05c852b-3f57-411e-bdcc-fbdb35afda04/content
- Bernácer, R. (2022). Características nutricionales de la mermelada. WebConsultas.
<https://www.webconsultas.com/dieta-y-nutricion/dieta-equilibrada/caracteristicasnutricionales-de-la-mermelada-13213>
- Borbón, J. (2019). La historia de la Arracacha. <https://severaflor2.blogspot.com/2019/04/la-historia-de-la-arracacha.html>
- Burgos, H., Chaves, C., Jose L, Julio E.. (2006). Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.regionlalibertad.gob.pe/web-opciones/pdfs/Manual%20de%20Arracacha.pdf
- Castañeda, R. (2020). *Arracacha, cidra y vitoria, tres alternativas para cocinar en casa.*
https://www.udea.edu.co/wps/portal/udea/web/inicio/udea-noticias/udea-noticia/!ut/p/z0/fUw9DwExGP4rFmPTqnMYLwaJGAwip4s82sa93PU9vRI_32EQi-XJ8y2NLKUJuNMJiTig7vXe5IfZfKFHRabWKS9yVeSbbDLVy_F2p-RKmv-F_oHO16spplEckn8kWbYcE-qb8xgqdl-q4sZ_-

- Cornell, J. A. (2011). *Experiments with Mixtures: Designs, Models, and the Analysis of Mixture Data* (Vol. 895). John Wiley & Sons.
- Dane. (2015). *El Cultivo De La Arracacha (Arracacia Xanthorrhiza Bancroft), Hortaliza De Grandes Bondades Nutricionales Y De Alta Potencialidad Agroindustrial*. (PP 2-4).
chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_sep_2015.pdf
- Flores, D. (2010). *Uso histórico: yacón smallanthus sonchifolius (poepp)*. (PP 6-28). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.promperu.gob.pe/server/api/core/bitstreams/edd7499e-a79f-4951-9395-0275fdf82e07/content
- García, A.; Pacheco Delahaye, E.; Tovar, J.; Pérez, E. (2007). *Caracterización fisicoquímica y funcional de las harinas de arracacha*. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/724/72450510.pdf
- Garnica J. P., Villamil, J. E., Vargas, Á. M., Rodríguez, O. J., Atencio, L. M. (2021). *Agrosavia La 22 para la región Andina de Colombia*.
<https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36586>
- Gómez, G. (2022). *Campesinos cultivadores de arracacha en Anaimé trabajan a pérdida*.
<https://www.ecosdelcombeima.com/nacional/nota-186491-campesinos-cultivadores-de-arracacha-en-anaimé-trabajan-perdida>
- Gómez, M. A., & Sánchez, T. (2015). *Yacon (Smallanthus sonchifolius): a functional food*. *Plant Foods for Human Nutrition*, 70(3), 238-245.

Gomez, M. L., (2019). *Desarrollo y caracterización fisicoquímica de una mermelada elaborada con gulupa (Passiflora edulis Sims)*.(PP 42-46).

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/30700>

Gonzalo, A., Borray, R., Hugo, R., Bernal, G., Tamayo, C., Jesús H., Arias, G., Freddy L.,

Rivera, J. J., Torres Duque, F. (2002). *La harina de arracacha (Arracacia xanthorrhiza): manual técnico para su elaboración*. (PP 6-9) chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13348/Ver_Documento_13348.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Green, E. (2022). *Miel de yacon - beneficios, usos, alto contenido de FOS*. Energy Green.

<https://energygreen.pe/deporte/que-es-jarabe-de-yacon-beneficios-y-usos/>

Hanna instruments. (2019). *Color del agua, parámetro indicador de calidad*.

<https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/color-del-agua-parametro-indicador-de-calidad>

Hurtado, M. C., & Sandoval, A. J. (2019). *Arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) as a functional food: a review*. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(2), 8915-8926.

Ivan M, Adelmo P, Michel H. (2003). *Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y*

tuberculos andinos (1993, 2003). (PP 19-22). chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/07/1919-Yacon_Syrup.pdf

Javier Brobon. (2019). *La Historia De Las Plantas*.

<Http://Severaflor2.Blogspot.Com/2019/04/La-Historia-De-La-Arracacha.Html>

- Kohn, P. (2020). *6 beneficios que tiene el jarabe de yacón (el nuevo trend de los edulcorantes)*.
 Quién. <https://www.quien.com/estilo-de-vida/2020/11/17/6-beneficios-que-tiene-el-jarabe-de-yacon-el-nuevo-trend-de-los-edulcorantes>
- Leal, K. (2024). *Yacón: para qué sirve, cómo prepararlo y contraindicaciones*. Tua Saúde.
<https://www.tuasaude.com/es/yacon/>
- Libera. (2020). *La arracacha: medicina natural*. Libera. <https://libera.pe/articulos-de-nutricion/la-arracacha-medicina-natural/>
- Lirola, A. (2024). *Stevia natural: beneficios, contraindicaciones y usos - Blog Conasi*. Blog Conasi. <https://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/stevia-natural/>
- López, A. (2021). *Arracacha: Legado Y Emprendimiento En Cajamarca, Tolima*. De <https://www.radionacional.co/actualidad/campo-colombiano/cultivo-de-arracacha-en-cajamarca-tolima#:~:Text=En%20nuestro%20pa%C3%ADs%20se%20cultivan,El%2090%25%20de%20zonas%20culti> vadas.
- López, R. G., Alejandra O. Ramírez M., Graziani, L. (2000). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica de tres mermeladas comerciales de guayaba (Psidium guajava L.)*.
https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000300013
- López, S. E., Velasco, A. M., Baño D.J., Paredes, A.V. (2020). *Mermelada hipocalórica de arazá y babaco*. (PP 155). <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15494>
- Luna G. N, Rueda P. E, Rodríguez N. A. (2024). *Determinación De Las Propiedades Nutricionales, Fisicoquímicas Y Sensoriales De Mermelada Light A Partir De Gulupa Endulzada Con Stevia*.
<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/3195/7437>

- Maldonado, D. S. (2023). *¿La stevia es más saludable que el azúcar? Todo lo que debe saber. I Alimentos*. <https://www.revistaalimentos.com/es/noticias/la-stevia-es-mas-saludable-que-el-azucar-todo-lo-que-debe-saber>
- Méndez, L. C., Pineda, A. M. C. (2018). *Yacón como planta promisorio en el manejo de enfermedades*. <https://www.redalyc.org/journal/2390/239059788010/html/>
- Montaña, J. P. G., Carvajal, J. E. V., Solano, L. M. A., & Barrios, C. I. J. (2021). *Caracterización fenotípica de tres cultivares regionales de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft) en Tolima, Colombia*. <https://www.redalyc.org/journal/5600/560067112001/html/>
- Montaña, J. P. G., Solano, L. M. A., Rodríguez, O. J. R., & Carvajal, J. E. V. (2021). *Agrosavia La 22: primera variedad de arracacha en Colombia. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 12(2), 355-363*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342021000200355
- Moreira, E. M., Montesdeoca, R. R., Mendoza, N. E., Vera, J. B., Karen Johana, Piloso Chávez. (2021). *Evaluación de la calidad de una mermelada de piña (ananas sativus) con adición de fibra dietética obtenida de subproductos de frutas*. (PP 28). <https://pucesinews.pucesi.edu.ec/index.php/axioma/article/view/718/712>
- Muñoz, A. L., Alvarado Á. G., Merchán, P. J. (2015). *Caracterización Preliminar Del Cultivo De Arracacha Arracacia Xanthorrhiza Bancroft En El Departamento De Boyacá*. Http://Www.Scielo.Org.Co/SciELO.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S0120-01352015000100001#:~:Text=La%20arracacha%20A.,Alvarado%20y%20Ochoa%2C%202010A.

Muñoz, A. L., Alvarado, A. G., Almanza, P. J. (2015). *Caracterización preliminar del cultivo de arracacha Arracacia xanthorrhiza Bancroft en el departamento de Boyacá-*

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-01352015000100001&script=sci_arttext

NTC. (2007). *Norma técnica TNC colombiana 285 - pdfcoffee.com.*

<https://pdfcoffee.com/norma-tecnica-ntc-colombiana-285-5-pdf-free.html>

Olivero, K. D. (2019). *Producción de almidón de la arracacha (arracacia xanthorrhiza) para la obtención de un biopolímero de probable aplicación industrial.*

http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5203/1/Olivero_2019_TG.pdf

Pascual, I., Martínez, N., García, E., Igual, M. (2013). *Aplicación de métodos combinados para la obtención de porciones de pomelo deshidratado y estudio de su funcionalidad.* (PP 5-

6). chrome-

[extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27835/TFM%20Isabel%20Pascual%20Benito%20\(MGSA\).pdf?sequence=1&isAllowed=y](extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27835/TFM%20Isabel%20Pascual%20Benito%20(MGSA).pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Paul, C. B. E. (2016). *Efecto del tiempo de cocción por hervido sobre capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales en Arracacia xanthorrhiza (Arracacha) con y sin*

cáscara. (PP 21- 22). <https://core.ac.uk/reader/323347260>

Pérez, P. S. (2021). *¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?.*

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-57052019000300004

Pérez W., Mojica, J. (2018). *Análisis fisicoquímico de frutos de Syzygium paniculatum en diferentes estados de maduración.*

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672018000200124

Piedad, F. A., Ramírez, L. M., Orozco M., López L. A. (2013). *Determinación de Escherichia Coli e identificación del serotipo O157:H7 en carne de cerdo comercializada en los principales supermercados de la ciudad de Cartagena.* (PP 94-96). chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.scielo.org.co/pdf/rlsi/v10n1/v10n1a09.pdf

Rodríguez, D., Espitia, M., Caicedo, Y., Córdoba, Y., Baena, Y., Mora, C. (2005).

Caracterización de algunas propiedades fisicoquímicas y farmacotécnicas del almidón de arracacha (arracacia xanthorrhiza). (PP 141-143)

<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rccquifa/article/download/9186/9823/15390>

Rodríguez, L. E. (2023). *La arracacha, el alimento que más ha subido de precio, busca estabilizar su mercado.* Caracol Radio. <https://caracol.com.co/2023/04/15/la-arracacha-el-alimento-que-mas-ha-subido-de-precio-busca-estabilizar-su-mercado/>

Rojas, D., Barreto, P. C. (2016). *Diagnóstico de competitividad del sector productor de arracacha. Caso municipal de Boyacá (Colombia) 2014.*

<https://revistas.uptc.edu.co/index.php/cenes/article/view/5229/4301>

Sacarino, D. (2021). *Stevia: El edulcorante de las mentiras. Diabetes Con Don Sacarino.*

<https://donsacarino.com/stevia-mentiras/>

Salas, Y. S. (2018). *Caracterización fisicoquímica y propiedades funcionales del almidón de arracacha (arracacia xanthorrhiza) modificado por irradiación uv-c.* chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/d3c49494-dd6f-4e1a-a959-b2d5a9430258/content

SeoSimple (2023). *¿Qué son los agentes gelificantes y qué función realizan? Pochteca Guatemala | Venta de materias primas para la Industria.*

<https://guatemala.pochteca.net/que-son-los-agentes-gelificantes-y-que-funcion-realizan/>

Splendar. (2022). *Todo lo que necesitas saber sobre Stevia, el endulzante con Stevia tiene cero calorías y tiene un gran sabor.* <https://www.splendaen espanol.com/blog/everything-you-need-to-know-about-stevia/#:~:text=Este%20endulzante%20basado%20en%20plantas,su%20sustituto%20de%20az%C3%BAcar%20preferido.>

Sweetit. (2023). *Gelificantes: Carragenatos, Agar-Agar y pectinas.* Sweetit Academy Escuela de Repostería y Pastelería Online. <https://www.sweetit.es/blog/gelificantes-carragenatos-agar-agar-y-pectinas/>

Tabares, D. F. (2019). *Caracterización morfoagronómica de la diversidad genética de arracacha (arracacia xanthorrhiza bancroft.) colectadas en la eco-region del eje cafetero colombiano* (PP 18- 25). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/30150/1088313475.pdf?sequence=1&isAllowed=y

The food tech. (2023). *Producción de Stevia: desde el cultivo hasta la obtención del extracto puro.* <https://thefoodtech.com/nutricion-y-salud/produccion-de-stevia-desde-el-cultivo-hasta-la-obtencion-del-extracto-puro/>

- Thimote D., Botelho, R. B., Ribeiro, R., Oliveira, P., Elke S. (2013). Métodos para aplicar las pruebas de aceptación para la alimentación escolar: validación de la tarjeta lúdica. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182013000400005
- Torres, R., Everaldo, J. M., Pérez, O. A., Andrade, R. D. (2013). *Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Fisicoquímicas de Frutas Tropicales*. (PP 52-53). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n3/art07.pdf
- Triana, J. M. (2016). *Estandarización del inóculo de aspergillus brasiliensis para su uso en pruebas de control de calidad y validación de análisis de mohos en el laboratorio microbiológico de barranquilla*. (PP). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1215/1/Triana_2016_TG.pdf
- Tuset, S. (2023). *Proceso de extracción para la producción de stevia / Condorchem Enviro Solutions. Condorchem Enviro Solutions*. <https://condorchem.com/es/blog/proceso-de-extraccion-de-la-stevia/>
- Vargas, A. G., Gutierrez, J. F., Godiez, J. R., Onofre, J. E. (2018). Pruebas sensoriales. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/icea/ asignatura/turismo/2019/Ana-astro.pdf
- Vargas, B. (2021). *Determinación del proceso y los costos, para el establecimiento de una hectárea de arracacha (Arracacia xanthorrhiza) en la vereda Villa Rica del municipio de Garzón Huila*. (PP 9-). chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.unad.edu.co/jspui/bitstream/10596/44482/1/bvargas0.pdf

Velasco, D. M., Bautista, L. J. (2013). *Evaluación del efecto de precocción sobre algunas propiedades de calidad en arracacha.*

https://drive.google.com/drive/folders/1ZC_O3Iz0zNhxQnmt63-ye81Z3RwmlN2Z

Vorwerk, C. (2016). *¿Stevia en polvo o líquida? cómo se produce y sus peligros. Sweetea.*

<https://sweetea.cl/blogs/news/stevia-en-polvo-o-liquida-como-se-produce-y-sus-peligros>



Zanin, T. (2023). *Arracacha (apio criollo): qué es, beneficios y cómo utilizarla. Tua Saúde.*

<https://tuasaude.com/es/arracacha/>

Apéndices

Apéndice A

Ficha de perfilación de salida de campo

 Desarrollo de un producto funcional tipo confitura a partir de la Arracacha (<i>Arracacha xanthorrhiza</i>) endulzante con jarabe de yacón (<i>smallanthus sonchifolius</i>) 	
Fecha	
Departamento	
Municipio	
Localidad	
Nombre de la finca	
Nombre de la persona de la finca	
Altitud	
Temperatura	
Zona biogeográfica	
Posicionamiento global	
Precipitación de la zona	
Centro de acopio	
Humedad relativa (H.R)	
Características topográficas	
Tipo de vegetación en la zona	
Tipo de cultivo	
variedad del cultivo	
Número de lote	
Fecha de siembra	
Área del sembrado	
Número de surcos	
Distancias entre surcos	
Distancia de cada tubérculo en el mismo surco	
Tamaño de la planta	
Edad del sembrado	
Tipo de riego (goteo, aspersión, etc.)	
Frecuencia de riego	
Control de plagas y enfermedades	
Frecuencia de aplicación	

Fuente. Autores

Apéndice B

Ficha de perfilación sensorial de confitura

	GRUPO DE INVESTIGACIONES EN ETNOFARMACOLOGIA, PRODUCTOS NATURALES Y ALIMENTOS - GIEPRONAL -Proyecto de investigación - Opción de grado 2024- <hr/> FICHA DE PERFILACIÓN SENSORIAL DE CONFITURAS	Versión 001 FECHA: 29 agosto de 2024
	FICHA DE PERFILACIÓN SENSORIAL DE CONFITURAS	

MUESTRA: _____ FECHA: _____

CATADOR: _____

PARAMETROS		DESCRIPTORES									PUNTUACION PARCIAL	
		0	1	2	3	4	5	6	7	8		9
SABOR	Dulce											
	Ácido											
	Amargo											
	Insípido											
AROMA	Herbal											
	Frutal											
	Terroso											
	Dulce											
	Fermentado											
TEXTURA	Granulosa											
	Suave											
	Firme											
	Líquido											
APARIENCIA	Limpio											
	Sucio											
	Degradado											
COLOR	Unicolor											
	Multicolor											
	Atípico											
SENSACIÓN GLOBAL											
PUNTUACION GLOBAL												

PUNTUACION. 0 - 2 Desagradable 3 - 4 Poco agradable 5 - 7 Agradable 8 - 9 Muy agradable

Fuente. Autores

Apéndice C

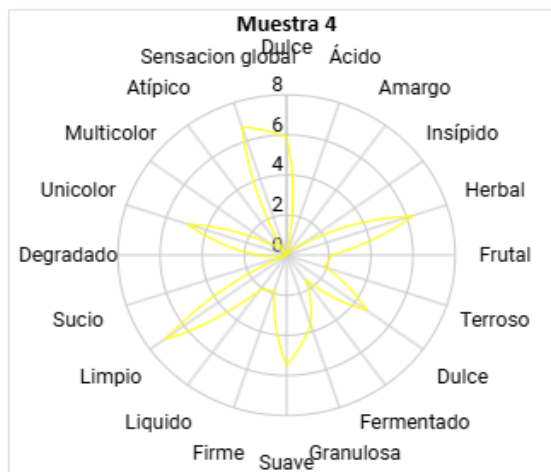
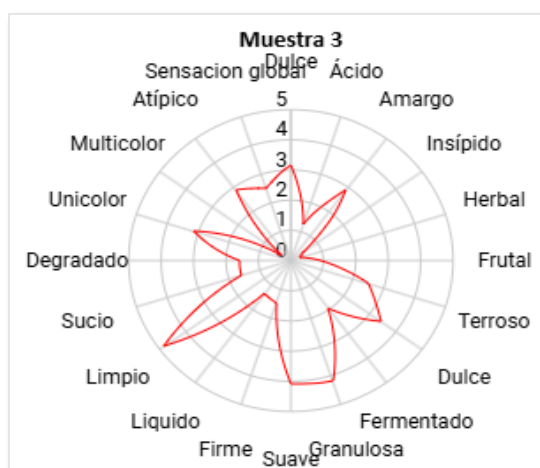
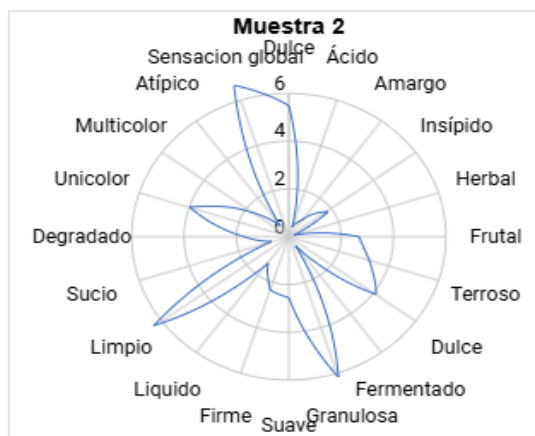
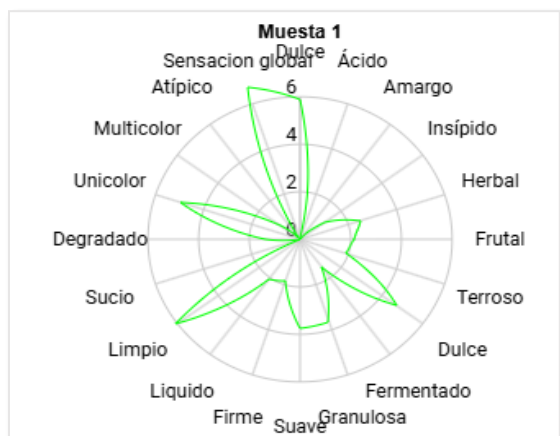
Anexos de fotografías de cata sensorial



Fuente. Autores

Apéndice D

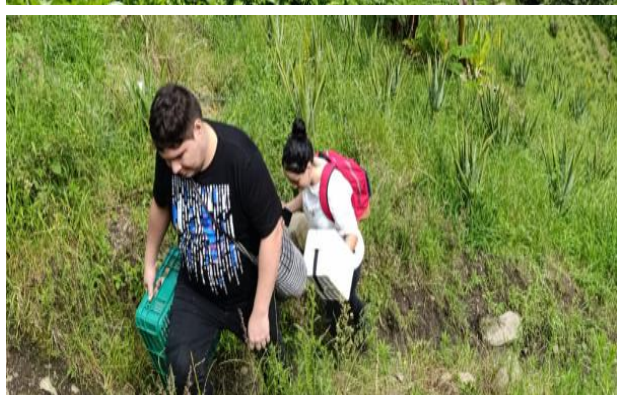
Perfil sensorial de los 4 tratamientos de la confitura de arracacha



Fuente. Autores

Apéndice E

Fotografías generales de la zona de recolecta de materia prima



Fuente. Autores