The background of the entire page is a collage of images of the Passiflora edulis plant. It includes a close-up of a green, unopened flower bud at the top center, a vibrant purple and white passionflower on the left side, a green passionfruit hanging from a vine in the bottom center, and a green passionfruit with its dried, orange-brown calyx on the right side. The leaves are large, green, and deeply lobed.

CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*) PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA



**OBJETIVOS
DE DESARROLLO
SOSTENIBLE**



CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS *VAR. EDULIS*) PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

Autores: Diego Alberto Marín Idárraga, Guillermo Salamanca Grosso, Julián Mauricio Espinosa Trujillo, July Alexandra Hernández López, Laura María Reyes Méndez, Luz Yolanda Rodríguez Guevara, y Marcel Leandro Gómez Acosta.

**Grupo de Investigación en Etno-farmacología, Productos Naturales y Alimentos
(GIEPRONAL) - UNAD**

**Grupo de Investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas
de Alimentos – (GIMELLIFISTO) - Universidad del Tolima**

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

Jaime Alberto Leal Afanador

Rector

Constanza Abadía García

Vicerrectora académica y de investigación

Leonardo Yunda Perlaza

Vicerrector de medios y mediaciones pedagógicas

Edgar Guillermo Rodríguez Díaz

Vicerrector de servicios a aspirantes, estudiantes y egresados

Leonardo Evemeleth Sánchez Torres.

Vicerrector de relaciones intersistémicas e internacionales

Julialba Ángel Osorio

Vicerrectora de inclusión social para el desarrollo regional y la proyección comunitaria

Myriam Leonor Torres

Decana Escuela de Ciencias de la Salud

Clara Esperanza Pedraza Goyeneche

Decana Escuela de Ciencias de la Educación

Alba Luz Serrano Rubiano

Decana Escuela de Ciencias Jurídicas y Políticas

Martha Viviana Vargas Galindo

Decana Escuela de Ciencias Sociales, Artes y Humanidades

Claudio Camilo González Clavijo

Decano Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Jordano Salamanca Bastidas

Decano Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Sandra Rocío Mondragón

Decana Escuela de Ciencias Administrativas, Contables, Económicas y de Negocios

**Caracterización de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*)
producida en el municipio de Cajamarca – Cañón de Anaime, Tolima, Colombia**

Autores: Diego Alberto Marín Idárraga, Guillermo Salamanca Grosso, Julián Mauricio Espinosa Trujillo, July Alexandra Hernández López, Laura María Reyes Méndez, Luz Yolanda Rodríguez Guevara y Marcel Leandro Gómez Acosta.

583.4 Marín Idárraga, Diego Alberto

M337

Caracterización de la gulupa (*passiflora edulis* sims var. *edulis*) producida en el municipio de Cajamarca – cañón de Anaime, Tolima, Colombia/Diego Alberto Marín Idárraga, Guillermo Salamanca Grosso, Julián Mauricio Espinosa Trujillo ... [et al.] -- [1.a. ed.]. Bogotá: Sello Editorial UNAD /2023. (Grupo de Investigación en Etno-farmacología, Productos Naturales y Alimentos (GIEPRONAL) - UNAD Grupo de Investigaciones Mellitopalinológicas y Propiedades Fisicoquímicas de Alimentos – (GIMELLIFISTO) - Universidad del Tolima)

ISBN: 978-958-651-942-7

e-ISBN: 978-958-651-943-4

1.Pasifloráceas 2. Botánica I. Marín Idárraga, Diego Alberto II. Salamanca Grosso, Guillermo III. Espinosa Trujillo, Julián Mauricio IV. Hernández López, July Alexandra V. Reyes Méndez, Laura María VI. Rodríguez Guevara, Luz Yolanda VII. Gómez Acosta, Marcel Leandro

ISBN: 978-958-651-942-7

e-ISBN: 978-958-651-943-4

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Grupo de Investigación en Etno-farmacología, Productos Naturales y Alimentos (GIEPRONAL) - UNAD

Grupo de Investigaciones Mellitopalinológicas y Propiedades Fisicoquímicas de Alimentos – (GIMELLIFISTO) - Universidad del Tolima

©Editorial

Sello Editorial UNAD

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Calle 14 sur No. 14-23

Bogotá, D.C.

Octubre de 2023.

Corrección de textos: Marcela Labrador

Diagramación: Olga L. Pedraza Rodríguez

Edición integral: Hipertexto - Netizen

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons - Atribución – No comercial – Sin Derivar 4.0 internacional. https://co.creativecommons.org/?page_id=13.



RESEÑA DEL LIBRO

La Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) mediante el proyecto: “Caracterización fisicoquímica de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims *var. edulis*) producida en el municipio de Cajamarca, Tolima – Colombia: Usos y potencialidades”, hace partícipe a la comunidad académica e investigativa de esta producción realizada por el Grupo de investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Fisicoquímicas de los Alimentos (GIMELLIFISTO) de la Universidad del Tolima y el Grupo de Investigación en Etnofarmacología, Productos Naturales y Alimentos GIEPRONAL de la UNAD y su semillero (SEPRON-BIOTECAL). La gulupa tiene sus orígenes en la Amazonia brasileña y fue introducida en Colombia hacia 1950, su principal centro de diversificación se localiza en toda la región Andina; conocida como fruta de la pasión, su cáscara es de color morado oscuro, la cual guarda en su interior semillas negras cubiertas por pulpa amarilla, al saborear su pulpa las papilas gustativas se activan, debido a que reciben una mezcla de sabores dulce y ácido. Se considera una fruta muy promisoría para el consumo local y para exportar, se le atribuyen características farmacológicas que ayudan al sistema inmune, circulatorio, a combatir el insomnio y al manejo del estrés, además de contener vitaminas, potasio, hierro y fósforo, entre otros minerales, lo que le ha dado importancia en países europeos. Es una de las frutas que ha tenido mayor demanda en exportaciones al mercado europeo durante el 2012 y el 2019, años en los que ocupó el tercer lugar de exportación.

La caracterización de la gulupa en Colombia se ha hecho de manera aislada en algunos departamentos de la región Andina, se tienen escasas investigaciones en varios campos de la agronomía y la biología, entre las que se destacan los estudios de Carvajal et al., (2014), quienes plantean que la gulupa

tiene gran cantidad de compuestos fenólicos, antocianinas, flavonoides, triterpenos o esteroides en cáscara, hojas y flores. Estos compuestos son importantes, debido a que actúan como antioxidantes cuya actividad se centra en proteger contra el daño celular ocasionado por los altos niveles de radicales libres, coadyuvan en el proceso digestivo por ser capaces de retardar o prevenir la oxidación, además de participar en la protección contra los rayos UV y agentes patógenos; estos beneficios son atribuibles a frutas y verduras porque proveen una mezcla óptima de antioxidantes que otorgan beneficios para la salud humana.

Por esta razón y para reconocer las necesidades de los agricultores y del cultivo, en esta investigación se decidió iniciar un proceso de caracterización fisicoquímica y evaluar la capacidad antioxidante en la parte comestible de la gulupa cultivada en una región del departamento del Tolima, con el fin de aportar nueva información a futuros investigadores, quienes pueden abarcar áreas del conocimiento como la farmacología, la morfología, la agronomía, la ecofisiología, la genética del fruto y la industria alimentaria; también se pretende agregar valor a los atributos de comercialización de la gulupa, lo cual aporta conocimiento a los agricultores sobre los valores nutraceuticos que posee esta variedad y los posibles subproductos de la especie colectada en esta región del departamento del Tolima.

Ahora bien, las mermeladas de frutas son confituras que debido a su contenido de azúcar tienen un gran atractivo sensorial. Las muestras de gulupa se obtuvieron de la región de Anaimé (Cajamarca–Tolima), que posee un bosque húmedo montano bajo, se realizaron parámetros fisicoquímicos en el zumo de la fruta de humedad, actividad de agua, conductividad eléctrica, sólidos solubles totales, potencial de hidrógeno, acidez total, sólidos iónicos disueltos y un análisis sensorial, dentro de la formulación de mermelada se empleó miel de Acacia y, con un arreglo factorial completo $2 \times 2 \times 2$ con 15 respuestas, se evaluó la humedad, actividad de agua, potencial de hidrógeno y sólidos solubles totales, Cromaticidad CIELab, recuento de mohos y levaduras y un análisis sensorial con un escalár hedónico de 9 puntos, se encontraron valores en el zumo, la humedad en $81,20 \pm 0,04$ g/100g, a_w $0,956 \pm 0,03$, conductividad $4,00 \pm 0,02$ mS/cm, sólidos iónicos disueltos $0,394 \pm 0,00$ g/100g, pH $2,90 \pm 0,02$, acidez total $4,30$ meqAC/kg, sólidos solubles totales $14,20 \pm 0,05$ ° Brix, dentro de las formulaciones de mermelada se encontró que tuvieron gran aceptación en el análisis sensorial, la formulación 5 obtuvo el mejor ajuste con una humedad de $19,14 \pm 0,05$ g/100g, a_w $0,630 \pm 0,00$, pH $2,99 \pm 0,01$ y sólidos solubles totales en $78,1 \pm 1,67$ ° Brix, la cromaticidad de las formulaciones son rojizas/amarillentas con una luminancia de $29,4 \pm 0,3$, tono rojo $a^*19,7 \pm 0,1$ y amarillo $b^*36,82 \pm 0,3$, la calidad de esta mermelada es alta, con un contenido de moho y levaduras en orden de $<1,0$ UFC/ml retira la necesidad de emplear conservantes en su formulación. Las mermeladas son un alimento óptimo y con gran potencial para la implementación a escala piloto de una planta procesadora, además, la miel aporta atractivos sensoriales únicos y un valor agregado por sus atributos.

Diego Alberto Marín Idárraga

Ingeniero Agroindustrial de la Universidad del Tolima. Especialista en Evaluación y Desarrollo de Proyectos. MA Master of Arts. in education online UNAD Florida – USA. Estudiante PhD en Ingeniería de la Universidad de Caldas. Docente de la Escuela de Ciencias Básicas Tecnologías e Ingenierías ECBTI. Líder del Semillero de Investigación en Productos Naturales y Biotecnología Alimentaria SEPRON-BIOTECAL. Líder del Grupo de Investigación en Etnofarmacología Productos Naturales y Alimentos GIEPRONAL - UNAD.

Guillermo Salamanca Grosso

Profesor titular adscrito al Departamento de Química en la Facultad de Ciencias de la Universidad del Tolima. Estudios de nivel posdoctoral en Ingeniería de Alimentos en la Facultad de Zootecnia e Ingeniería de Alimentos de la Universidad de São Paulo (Pirassununga, Brasil, 2013), doctorado en Ciencias Químicas de la Universidad Politécnica de Valencia (Valencia, España, 2001). Magíster en Ciencias Químicas por la Universidad del Valle (Cali, Colombia, 1987). Especialista universitario de la Universidad Politécnica de Valencia (Valencia, España, 1998) y Licenciatura en Ciencias de la Educación, áreas de Química y Biología de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja, Boyacá, 1982). Coordinador del grupo de investigaciones Mellitopalinológicas y Propiedades Fisicoquímicas de Alimentos de la Universidad del Tolima. Profesor visitante del Instituto Politécnico Nacional (IPN, México, 2015) y en la Universidad Estadual de Campiñas (2015, Brasil), Universidad de São Paulo (2012, Brasil), Universidad Politécnica de Valencia. (2011, España, Instituto de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo IIAD), Universidad Pública de Navarra (2007, España), Universidad Nacional Experimental del Táchira (2004, Venezuela), Universidad de Murcia (2002 y 2003, España) y Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado (2005).

Julián Mauricio Espinosa Trujillo

Químico de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD (Ibagué - Colombia 2020) adscrito al Semillero SEPRON-BIOTECAL del Grupo de Investigación en Etnofarmacología, Productos Naturales y Alimentos – GIEPRONAL.

July Alexandra Hernández López

Docente ocasional de la Cadena de Ciencias Básicas – Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. Investigadora, estudiante de doctorado en Ciencias Químicas de la Universidad del Quindío, becaria MinCiencias. Magíster en Química, Universidad del Quindío (Armenia – Colombia, 2016). Licenciada en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad del Tolima (Ibagué – Colombia, 2012). Integrante del grupo de Investigación en Etnofarmacología, Productos Naturales y Alimentos (GIEPRONAL). Docente de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnologías e Ingenierías ECBTI – UNAD. Integrante del grupo de investigaciones Mellitopalínológicas y Propiedades Físicoquímicas de Alimentos (GILLEMISFISTO) de la Universidad del Tolima.

Laura María Reyes Méndez

Docente ocasional de la Cadena de Formación en Alimentos – Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD. Estudios de nivel posdoctoral en Ingeniería Química y de Alimentos en la Facultad de Química de la Universidad de Córdoba (Córdoba – España, 2022), doctorado en Ingeniería de Alimentos de la Universidad de São Paulo (Pirassununga – Brasil, 2017), ingeniería agroindustrial de la Universidad del Tolima (Ibagué – Colombia, 2010). Líder del Semillero de Investigación en Ciencia, Ingeniería y Tecnología de Alimentos – CITECAL adscrito al Grupo de Investigación en Etnofarmacología, Productos Naturales y Alimentos – GIEPRONAL de la UNAD. Profesor visitante del Centro de Investigación Cooperativa en Biomateriales (CIC biomaGUNE) (San Sebastián – España, 2023) y de la Universidad de Córdoba – Grupo de Investigación Bioprocess and Products Engineering (BIOPREN) (Córdoba – España, 2023).

Luz Yolanda Rodríguez Guevara

Analista en el Laboratorio de Aguas de la empresa Ibaguereña de Acueducto y Alcantarillado (IBAL), Estudiante de la Especialización en Gestión del Recurso Hídrico de la Universidad INCCA de Colombia, Química de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD (Ibagué - Colombia 2020) adscrita al Semillero SEPRON-BIOTECAL del Grupo de Investigación en Etnofarmacología, Productos Naturales y Alimentos – GIEPRONAL.

Marcel Leandro Gómez Acosta

Analista profesional en el Laboratorio Nacional de Insumos Pecuarios del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Especialista en Procesos de Alimentos y Biomateriales de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD (Bogotá - Colombia 2023), Químico de la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD (Ibagué - Colombia 2020) adscrito al Semillero SEPRON-BIOTECAL del Grupo de Investigación en Etnofarmacología, Productos Naturales y Alimentos – GIEPRONAL.

CONTENIDO

Reseña del libro	4
Reseña de los autores	6
Prefacio	14
Prólogo	16
Introducción	18
Capítulo 1. La Gulupa	20
Generalidades.....	20
Origen botánico	22
Producción de gulupa en Colombia.....	25
Características fisicoquímicas.....	29
Capacidad antioxidante.....	34
Características fitoquímicas	35
Subproductos de la gulupa.....	36
Mermelada	36
Normatividad	42
Capítulo 2. Metodología	44
Zona de estudio.....	44
Colecta y recepción de las muestras	45
Acondicionamiento y empaque.....	46
Recepción, limpieza y desinfección	47
Secado, pesado y toma de datos	48
Obtención de la pulpa de gulupa.....	49
Empacado y conservación.....	50
Caracterización fisicoquímica	50
Humedad.....	50
Cálculos:.....	51
Potencial de hidrógeno (pH).....	51
Conductividad eléctrica	52
Acidez libre	52
Sólidos solubles totales	53
Determinación de la densidad relativa	54
Parámetro de color.....	55
Actividad acuosa (Aw).....	56
Cenizas.....	58
Minerales.....	58
Determinación de la actividad antioxidante	59
Preparación de la muestra	60
Método FRAP	62

Método ABTS (azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)	63
Desarrollo de una confitura como subproducto de la gulupa	66
Formulación	66
Elaboración de mermelada	67
Parámetros fisicoquímicos	68
Sólidos Solubles Totales (° Brix)	69
Capítulo 3. Resultados	70
Zona de estudio	70
Suelo	70
Temperatura	71
Altitud	72
Humedad relativa	73
Precipitación	74
Radiación solar	75
Viento	76
Caracterización morfométrica de los frutos de gulupa	77
Peso	79
Caracterización organoléptica de los frutos	79
Olor	79
Color	79
Obtención de la fracción de la pulpa	81
Análisis fisicoquímicos obtenidos	81
Parámetros fisicoquímicos	82
Humedad y Actividad Acuosa (Aw)	82
pH y Acidez total titulable (ATT)	83
Conductividad eléctrica y sólidos solubles totales	84
Cenizas y minerales	86
Color	88
Densidad relativa	90
Análisis sensorial del fruto	91
Actividad antioxidante	93
Fenoles totales	93
Flavonoides	94
Capacidad reductora de Fe^{+3}	95
Capacidad antioxidante por ABTS•+	96
Correlación entre compuestos antioxidantes	97
Desarrollo de la confitura	99
Parámetros fisicoquímicos	100
Cromaticidad CIELab	102
Evaluación microbiológica	104
Evaluación sensorial	105
Conclusiones	109
Referencias	111
Apéndice	123

Lista de figuras

Figura 1.	Fotografía de la zona de estudio.....	21
Figura 2.	Cultivo y muestras de gulupa colectada en la región de Anaime.....	23
Figura 3.	Familia Passifloraceae.....	24
Figura 4.	Caracterización de zonas de producción en Colombia.....	26
Figura 5.	Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa	31
Figura 6.	Estructura química de la galactomanana.....	40
Figura 7.	Posicionamiento geográfico de la zona de la región de Anaime	44
Figura 8.	Fase de procesos.....	45
Figura 9.	Centro de acopio, jornada de recolección	46
Figura 10.	Mallas rotuladas con muestra del fruto para estudio	47
Figura 11.	Secado del fruto gulupa	48
Figura 12.	Peso del fruto gulupa	49
Figura 13.	Obtención de la pulpa	49
Figura 14.	Empacado y almacenamiento de las pulpas	50
Figura 15.	Horno de secado MEMMERT	51
Figura 16.	Potenciómetro HANNA edge pH	51
Figura 17.	Potenciómetro HANNA edge Conductividad	52
Figura 18.	Montaje para determinar la cantidad de acidez titulable	53
Figura 19.	Equipo refractómetro MIWOUKEE.....	54
Figura 20.	Equipo Refractómetro MIWOUKEE.....	54
Figura 21.	Densidad relativa por el método del picnómetro.....	55
Figura 22.	Colorímetro Smart Probe 400	56
Figura 23.	Equipo Aw Sprint- Novasina Th-500.....	57
Figura 24.	Mufla Pselecta	58
Figura 25.	Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS)	59
Figura 26.	Preparación de la muestra.....	60
Figura 27.	Reacción muestra método Folin-Ciocalteu	61
Figura 28.	Determinación de flavonoides	61
Figura 29.	Muestras baño de María – FRAP.....	62



Figura 30.	Reacción química de la formación del radical ABTS	64
Figura 31.	Preparación del reactivo ABTS•+	64
Figura 32.	Estructura del ABTS+ antes y después de la reacción con el antioxidante.....	65
Figura 33.	Espectrofotómetro UV Genesys	65
Figura 34.	Flujo en el proceso de elaboración de mermeladas	68
Figura 35.	Suelos finca La Florida	70
Figura 36.	Temperatura registrada en la zona de cultivo	71
Figura 37.	Registro fotográfico altitud zona de estudio	72
Figura 38.	Equipo de registro de humedad relativa en la zona de estudio	74
Figura 39.	Radiación solar del área cultivada en la zona de estudio	76
Figura 40.	Cobertura del cultivo de gulupa	77
Figura 41.	Sistema de tutorado de la gulupa	78
Figura 42.	Fruto colectado en la finca La Florida	78
Figura 43.	Fruto en estado de madurez.....	80
Figura 44.	Valores descriptivos para los minerales en fracción de la pulpa de gulupa	87
Figura 45.	Valores descriptivos para los minerales en el cultivo 2.....	88
Figura 46.	Diagrama radial de los datos arrojados por los jueces	92
Figura 47.	Correlación entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante	98
Figura 48.	Formulación de 15 mermeladas a partir de zumo de gulupa	103
Figura 49.	Fotografía de las formulaciones.....	105
Figura 50.	Esquema radial de los valores medios de los jurados para cada atributo	108

Lista de tablas

Tabla 1.	Usos locales de la gulupa	27
Tabla 2.	Composición nutricional de algunas Passifloras	32
Tabla 3.	Análisis proximal de algunas pasifloras.....	33
Tabla 4.	Requisitos fisicoquímicos de la miel de abejas.....	38
Tabla 5.	Requisitos microbiológicos para la miel	38
Tabla 6.	Requisitos en el análisis microbiológico en mermeladas.....	42
Tabla 7.	Acidez titulable y niveles mínimos de grados Brix en jugos o zumos y pulpa.....	42
Tabla 8.	Requisitos fisicoquímicos para elaboración de mermeladas.....	42
Tabla 9.	Contenidos mínimos de fruta en mermeladas	43
Tabla 10.	Concentraciones de pulpa de fruta con miel y azúcar.....	66
Tabla 11.	Determinación de los estados de madurez de la gulupa según el color de la cáscara	80
Tabla 12.	Valores descriptivos para los parámetros de humedad y actividad de acuosa	82
Tabla 13.	Valores descriptivos para los parámetros de pH y acidez total titulable	84
Tabla 14.	Valores descriptivos para los parámetros de conductividad eléctrica y sólidos solubles totales.....	85
Tabla 15.	Valores descriptivos para el parámetro de cenizas	86
Tabla 16.	Valores descriptivos para los parámetros cromáticos del cultivo 1.....	89
Tabla 17.	Valores descriptivos para los parámetros cromáticos del cultivo 2	90
Tabla 18.	Valores descriptivos para los parámetros de densidad relativa	91
Tabla 19.	Datos de análisis sensorial del extracto de gulupa.....	92
Tabla 20.	Valores descriptivos para los parámetros de fenoles totales.....	94
Tabla 21.	Valores descriptivos para los parámetros de flavonoides	95
Tabla 22.	Valores descriptivos para los parámetros de FRAP	96
Tabla 23.	Valores descriptivos para los parámetros de ABTS•+	97
Tabla 24.	Valores de concentración para las formulaciones de mermelada.....	99



Tabla 25. Determinación de mínimos y máximos para un arreglo factorial completo	100
Tabla 26. Diseño factorial completo 2x2x2	100
Tabla 27. Valores medios de los parámetros fisicoquímicos de las formulaciones.....	101
Tabla 28. Valores medios para el parámetro de cromaticidad en las formulaciones.....	103
Tabla 29. Análisis microbiológico de mohos y levaduras en las formulaciones 1, 6 y 12	104
Tabla 30. Valores medios de los jurados en el análisis sensorial.....	106
Tabla 31. Desviación estándar de valores medios de los jurados en el análisis sensorial.....	107

PREFACIO

La gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) es considerada como un fruto exótico con características sensoriales notables como su coloración morada, fragante olor y sabor agridulce. La región de Anaime, ubicada en el municipio de Cajamarca, Tolima, se caracteriza por su altitud y clima húmedo, propicio para el cultivo de este fruto. El objetivo del trabajo fue analizar las características fisicoquímicas y actividad antioxidante de la fracción comestible del fruto de la gulupa, cultivada en la zona estudio. Los parámetros humedad, actividad de agua (aw), potencial de hidrógeno (pH), acidez total titulable (ATT), conductividad eléctrica, sólidos solubles totales (SST – °Brix), densidad relativa, color, cenizas, minerales (sodio, zinc, magnesio y potasio), fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante por los métodos de FRAP y ABTS fueron evaluados por triplicado en muestras colectadas de diferentes cultivos ubicados en la finca La Florida de la región de Anaime, municipio Cajamarca, Tolima. La fracción de la pulpa comestible de la gulupa presenta resultados con diferencias significativas en todos los parámetros evaluados, con valores promedio de humedad (78,0 – 81,2%), actividad de agua (aw) (0,96 – 0,99), carácter ácido, con pH entre (2,67 – 2,96), ATT entre 3,13 – 5,59% de ácido cítrico, conductividad eléctrica con rangos de 3,23 – 4,51 mS/cm, SST (14,4 – 16,6 °Brix), densidad relativa de (1,07 – 1,09 g/cm³), para el parámetro de color se reporta una luminosidad L* = (63,8 – 68,7), con tendencia hacia las tonalidades rojo a* = (6,38 – 9,10) y amarillo b* = (4,2 – 59,7), el ángulo de tono (h) reporta un valor mínimo de 78,6 y un máximo de 83,4, asociados a estados de maduración intermedios y a cambios de color amarillo-verde a morado oscuro y una cromaticidad promedio de 45,1 – 60,1, en cuanto al porcentaje de cenizas obtuvo 0,28 – 0,66 %, con respecto a los minerales evaluados

se obtuvo para sodio (3,05 – 7,22), zinc (11,4 – 17,7), potasio (48,0 – 92,0) y magnesio (16,1 – 24,6) mg/Kg, fenoles totales de 132,2 – 179,9 mg de ácido gálico /100 g de muestra, flavonoides (1,85 – 4,18) mg de quercetina/100 g de muestra.

La fracción comestible de la gulupa presentó un alto contenido en fenoles totales y flavonoides que se encuentran ligados a la capacidad antioxidante que presenta esta parte del fruto, que fue confirmada por los métodos de ABTS (0,56 – 0,89) mg equivalente de Trolox /100 g de muestra y FRAP (10,1 – 43,2) mg Trolox /100 g de muestra. La caracterización fisicoquímica de la fracción comestible de gulupa producida en el sector de Anaime municipio de Cajamarca, Tolima, permite identificar sus posibles usos y potencialidades para el desarrollo de nuevos productos en el sector alimenticio, de esta forma se le atribuye un valor agregado al fruto en fresco.

Sin embargo, la investigación también abarcó la transformación de la materia prima para la elaboración de mermelada. En ese sentido, las confituras son matrices alimenticias que se emplean como proceso de conserva de frutas y hortalizas debido a su contenido elevado de azúcar que representa un atractivo sensorial y a su vez se traduce como un conservante natural, por lo cual esta investigación se centra en el objetivo de desarrollar y hacer la caracterización fisicoquímica de una mermelada elaborada a partir del zumo de gulupa y miel de acacia para la que se evaluaron parámetros fisicoquímicos y sensoriales en el zumo y la confitura. Las muestras fueron colectadas en el departamento del Tolima (Cajamarca), se empleó un diseño factorial completo para el desarrollo de quince formulaciones de mermelada y se evaluó la calidad de las confituras a través de un recuento de mohos y levaduras, en los análisis sensoriales se determinó la aceptación del producto por medio de un escalar hedónico.

En el documento se encuentran tres importantes apartados, en el primero, una revisión literaria en apropiación de conceptos teóricos, una segunda parte donde se detallan las metodologías empleadas en cada parámetro analítico y, por último, un tercero que evidencia la discusión de los datos obtenidos y arrojados en los parámetros analíticos con una jerarquía en títulos. La investigación se centró en el estudio de la fruta y su potencial en el uso de confituras y, como valor agregado, en el empleo de edulcorantes naturales.

Con este tipo de investigaciones, se buscó potenciar la fruta para otros tipos de mercados como los alimentos procesados, para lo que se estimó la vida útil en anaquel y se hicieron necesarios los estudios realizados por Franco, Pinzón y Orosco, entre otros, sobre las propiedades de la fruta; se encontraron resultados óptimos sobre el atractivo de la confitura elaborada.

PRÓLOGO

Las frutas y los vegetales desempeñan un papel importante en la dieta humana, en tanto protegen el daño celular causado por la exposición a altos niveles de radicales libres; al mismo tiempo, ayudan en el proceso digestivo lo cual es atribuible al hecho de que estos alimentos proveen una mezcla óptima de antioxidantes como la vitamina C y E, polifenoles y carotenoides, que otorgan beneficios para la protección de la salud mediante la reducción del estrés oxidativo al interior de la célula, el cual pudiera afectar la estructura y función de algunas proteínas del ADN y de los lípidos (Carvajal et al., 2011).

Los antioxidantes son sustancias capaces de inhibir la oxidación de otras moléculas, por lo que constituyen una herramienta altamente eficaz en la neutralización de los radicales libres, manteniendo la integridad y el buen funcionamiento de las células y los tejidos. Los antioxidantes naturales, que se encuentran presentes en los alimentos, son importantes porque contribuyen a las características organolépticas y permiten conservar la calidad nutricional de los frutos que los contienen.

En la actualidad, se le brinda importancia al valor nutritivo de las frutas tropicales, especialmente, las especies más exóticas entre las que se destaca el género *Passiflora*, el cual constituye una enorme riqueza, tanto a nivel económico como nutricional y de recursos genéticos. Colombia, al contar con 170 especies registradas, es el país con mayor diversidad de *Passifloraceae*, tanto en formas silvestres como cultivadas (Ocampo et al., 2012)

Teniendo en cuenta los artículos científicos revisados sobre la caracterización y las propiedades nutricionales proporcionadas por la especie (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*), se ve la necesidad de determinar las propiedades fisicoquímicas y la actividad antioxidante de una

fracción de la pulpa, a fin de caracterizar las muestras y encontrar si existen diferencias que puedan respaldar resultados obtenidos con análisis realizados en cultivos de otras regiones, que permitan dar certeza de dichas propiedades de esta especie, cultivada en la región de Anaimé, sin dejar por fuera estudios que confirmen la función de los antioxidantes naturales que posee esta variedad.

En efecto, la gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*), cultivada en la región de Anaimé, municipio de Cajamarca, es objeto de estudio para evaluar las propiedades fisicoquímicas y cuantificar la actividad antioxidante de una fracción comestible del fruto (pulpa) de esta especie.

En concordancia con lo anterior, según el procesamiento de alimentos, se puede inferir que las mermeladas son productos orgánicos obtenidos a partir del procesamiento de la fruta madura (Fuster, 2004). La mermelada es un alimento muy apetecido por la sociedad debido a sus sabores dulces, agradables y textura viscosa, estas confituras se caracterizan por ser productos de alta durabilidad, teniendo en cuenta que la gran cantidad de azúcares actúan como conservante natural. Estos productos se pueden producir a base de cualquier fruta, uno de los ingredientes importantes es la pectina, que se extrae por medio de una hidrólisis ácida del exocarpio y mesocarpio en la fruta, las cuales se forman naturalmente en las paredes primarias especialmente en los tejidos mesenquimáticos y parenquimáticos junto con otras moléculas como la celulosa, lignina, entre otras. Las pectinas son las responsables de la textura y firmeza en procesos de gelificación de la mermelada (Molina Soler, 2016).

La presente investigación se basa en la elaboración de una mermelada a partir de la gulupa, categorizada como fruta tropical-exótica por sus olores y sabores particulares, muy apetecida por la comunidad internacional, por lo que en su mayoría es exportada a la Unión Europea (Cámara de Comercio de Bogotá [CCB], 2015), empleando una pasiflorácea se realizó una extracción y caracterización de pectina en la cáscara y como posible fuente de gelificante en procesos elaborativos de la mermelada (Higuera, 2017), esta pasiflora reúne características óptimas para elaborar un producto de calidad, con base en los contenidos de minerales, azúcares y vitaminas presentes, igual que otras pasifloras es rica en antioxidantes.

Para incrementar el valor nutricional en la mermelada y seguir la tendencia de un producto natural, se endulzó con miel de abejas (*Apis mellífera*) en sustitución parcial de la sacarosa, que también es utilizada por aportar características estructurales al producto. Con estos ingredientes se busca producir una mermelada con un gran valor nutricional y que se sea agradable al paladar.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los ámbitos rurales y sus instituciones son atravesados por dinámicas complejas que demandan un mayor conocimiento y comprensión de sus impactos, de manera diferenciada, en la vida de hombres y mujeres. En estas dinámicas, muchos rasgos que persisten en el tiempo están ligados a la pobreza estructural o constituyen factores que dificultan el camino hacia una sociedad con mayor equidad de género. Tanto de índole socioeconómica como cultural, estos factores también habitan los discursos y el plano simbólico. Responden entonces a un proceso más lento, que implique transformaciones en las políticas y en las mentalidades, en busca de resaltar las dimensiones de cambio y persistencia. Se está pues, frente a procesos de cambio en las relaciones de género y equidad para la ruralidad.

La presente es una investigación de corte social-productiva, mediada por el apoyo de la ingeniería de alimentos (para efectos de la realización de la parametrización físico-química), la seguridad alimentaria y nutricional, el extensionismo agropecuario y el emprendimiento rural; a partir de su línea de investigación en ingeniería en procesos de alimentos y biomateriales, toma una población en su contexto familiar, educativo y comunitario, teniendo en cuenta que las problemáticas mencionadas son visibles y que si se unen dos o más disciplinas se puede brindar un apoyo real que integre lo psicosocial/psico-educativo y la ingeniería de alimentos.

En concordancia, el mayor acceso al sistema educativo y la mayor permanencia en él han sido los cambios principales para las mujeres rurales a través de la educación, considerada uno de los caminos que permite a las personas alcanzar el desarrollo humano, superar la pobreza y lograr la seguridad alimentaria y nutricional. Lo anterior

representa un valor agregado, el cual permitirá que sean estos aspectos los aportantes frente a posibles alternativas de solución a las múltiples necesidades que presentan los campesinos de la región. Entre los objetivos centrales de la investigación se encuentran: evaluar las características fisicoquímicas y actividad antioxidante de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) colectada en la región de Anaime, municipio de Cajamarca, Tolima; también, desarrollar y establecer una caracterización fisicoquímica y organoléptica de una mermelada de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) endulzada con miel de abeja. Los objetivos específicos se plantearon en un orden secuencial y lógico como se visualiza a continuación:

- Determinar las propiedades fisicoquímicas en una fracción de la pulpa de la *Passiflora edulis* Sims var. *edulis*, cultivada en la región de Anaime, municipio de Cajamarca Tolima.
- Estimar la variabilidad de la fracción de mineral que constituyen los sólidos fijos totales presentes en una fracción de la pulpa de la *Passiflora edulis* Sims var. *edulis*, mediante técnicas espectrofotométricas de absorción atómica.
- Caracterizar la fracción de pulpa de gulupa, en cuanto al contenido de fenoles totales, por el método Folin - Ciocalteu y flavonoides por el método de Tricloruro de Aluminio $AlCl_3$ y su actividad antioxidante por los métodos ABTS y FRAP.
- Elaborar protocolos para determinación de propiedades fisicoquímicas y actividad antioxidante en la pulpa de la *Passiflora edulis* Sims var. *edulis*.
- Realizar la extracción y caracterización fisicoquímica y sensorial del zumo de la fruta de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims).
- Estimar una formulación experimental para una mermelada de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) endulzada con miel de abeja.
- Determinar la composición fisicoquímica de humedad, sólidos solubles totales, actividad acuosa y potencial de hidrógeno en la mermelada de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) endulzada con miel de abeja.
- Estimar las características sensoriales del producto elaborado, mediante técnicas de evaluación sensorial estructuradas por parámetros globales y específicos que buscan determinar la aceptabilidad.
- Establecer un análisis microbiológico de la mermelada con estimación de mohos y levaduras.

LA GULUPA

GENERALIDADES

Colombia es el cuarto país en extensión en América del Sur con 1'141.748 km², la posición geográfica se enmarca entre los 12°30'40'' LN, 4°13'30'' LS y posee longitud occidental entre las coordenadas 66°50'54'' y 79°01'23'' en la zona tórrida intertropical, afectada por las bajas latitudes; la intensidad lumínica es afectada de la misma manera en toda su geografía; se distingue un comportamiento bimodal de invierno lluvioso y verano seco (Carranza et al., 2017).

El municipio de Cajamarca, localizado al occidente del Tolima, sobre la cordillera central a 38 km de Ibagué, tiene una extensión territorial de 354 km² con el 99.43% del área en zona rural, que corresponde al 2.1 del territorio tolimense. Este municipio ha sido escogido por su ubicación geográfica, es privilegiado por su clima cálido y templado, con gran cantidad de lluvia en temporadas de invierno e incluso en sus meses secos, sus suelos son ricos en nutrientes debido a la influencia volcánica. Por lo anterior, diferentes empresarios y asociaciones han apostado a cultivar diferentes especies agrícolas (Ramírez, 2014).

La región de Anaime se encuentra localizada hacia el occidente sobre la cordillera central, está limitada por los municipios de Cajamarca, Ibagué, Roncesvalles y Rovira en el Tolima y Génova en el Quindío, su altura está entre los 1600 y 3900 msnm, las precipitaciones van desde 500 a 1800 mm anuales. Se accede a él a través de la carretera Anaime a Santa Helena, luego de haber llegado al municipio de Cajamarca desde el municipio de Ibagué por la vía Panamericana, que comunica el centro con el occidente del país. El clima corresponde a alturas desde 1500 a 3000 msnm, con temperaturas entre 13 y

22 °C. Presenta dos épocas bien definidas de lluvias en los meses de abril–mayo y octubre–noviembre. La época seca se presenta entre el 15 de enero y el 15 de marzo y en los meses de julio y agosto (Carranza et al., 2017).

El municipio de Cajamarca, Tolima, en especial la región de Anaime, se conoce como la despensa agrícola de Colombia, donde se cultivan diferentes frutas consideradas exóticas. Una de las frutas que en los últimos años ha cobrado gran importancia para la actividad agrícola y económica de la región es la especie *Passiflora edulis* Sims var. *edulis* conocida como la gulupa. La figura 1 permite observar la zona de estudio de esta especie. En Anaime, el 16% del territorio se dedica a la actividad agrícola, en la que se destaca el cultivo de la arracacha con el 50% del área, se cultiva también frijol, café, frutales y hortalizas (Carranza et al., 2017).

Figura 1. Fotografía de la zona de estudio



ORIGEN BOTÁNICO

Etimológicamente, el término *Passiflora* procede del latín *passio*, que significa pasión, y *flos*, que traduce flores; de ahí que algunos autores denominan la flor de las *Passifloráceae* como la flor de la pasión (Campos, 1999, como se citó en Perea Dallos et al., 2010).

La familia *Passifloráceae* comprende alrededor de 400 especies; estas se distribuyen en las regiones templadas y tropicales de Suramérica y en menor proporción en Asia, Australia y África, el género *Passiflora* es el más importante de esta familia, se distribuye en regiones tropicales y subtropicales desde el nivel del mar hasta altitudes superiores a 3000 msnm; pero la mayor riqueza en especies se encuentra en las regiones moderadamente cálidas y templadas, entre 400 y 2000 msnm. Las plantas son bejucos que crecen a través de un sistema de tutorado y con zarcillos auxiliares. El tallo tiene características leñosas y herbáceas en las zonas distales, son escaladas, muy raramente arborescentes; hojas alternas, lobuladas o palmadas; las estípulas germinan a la base de los peciolo, rara vez ausentes. Las flores son bisexuales o unisexuales, regulares. El gran receptáculo es a menudo ahuecado como una taza o cuenca y tiene numerosos apéndices filamentosos o anulares entre la corola y los estambres, que pueden ser de colores brillantes y forman una corona visible de gran diversidad (Carvajal et al., 2011).

La gulupa es una planta perenne, semileñosa, de tipo enredadera y de gran vigor vegetativo. Su estructura está determinada por el tallo principal del cual se derivan numerosas ramas laterales. Su sistema radicular de raíces laterales superficiales penetra hasta 45 cm del suelo aproximadamente; sus hojas pueden medir entre 4 y 11 cm de largo y entre 4 y 10 cm de ancho; sus flores son vistosas, surgen de las axilas de las hojas, son hermafroditas y con un diámetro de 6 a 8 cm; los zarcillos auxiliares son verde-amarillos dispuestos en forma de espiral con una longitud entre 30 y 40 cm que le permiten a la planta trepar (Ortiz Vallejo, 2010; CCB, 2015).

La formación del fruto se da en la etapa de diferenciación, cuando quedan estructuras persistentes como las brácteas y los rastros del triple pestilo. En este proceso, el pericarpio es blando y su coloración verde con puntos blanquecinos sobre su superficie, durante este estado el fruto alcanza su tamaño definitivo, al terminar el estado de diferenciación, el fruto comienza su estado de llenado en el que el arilo que rodea a las semillas comienza a hacerse más consistente y jugoso, lo cual hace que el fruto muestre un color verde intenso en el exterior, finalizando este proceso, el fruto cambia de color verde a púrpura con lo que comienza su estado final de

maduración. Los frutos de estas plantas son considerados climatéricos (Angel et al., 2011; Pachón et al., 2006; Pinzón et al., 2007; Sanabria, 2010).

El fruto es una baya de forma redondeada que puede pesar de 40 a 50 g y el diámetro oscila entre 5 y 5,5 cm, está conformado por corteza lisa, gruesa y resistente de color púrpura oscuro como lo evidencia la figura 2. La pulpa es menos ácida que el maracuyá y de agradable aroma y sabor, con alta proporción de jugo (alrededor de 35 a 38%), es de color amarillo naranja con semillas de color negro y forma lenticular aplanada u ovoide de 6 mm de longitud y se encuentra cubierta por un arilo cristalino. Como fruta fresca es muy apetecida por su tamaño y firmeza (Carvajal et al., 2012; Perea Dallos et al., 2010). Las temperaturas óptimas para el cultivo de la gulupa se encuentra entre 14 a 20°C. No obstante, plantas maduras pueden tolerar temperaturas muy bajas, pero pueden sufrir leves daños cuando esta logra estar cerca de los 0°C (Jiménez, 2006).

Figura 2. *Cultivo y muestras de gulupa colectada en la región de Anaime*

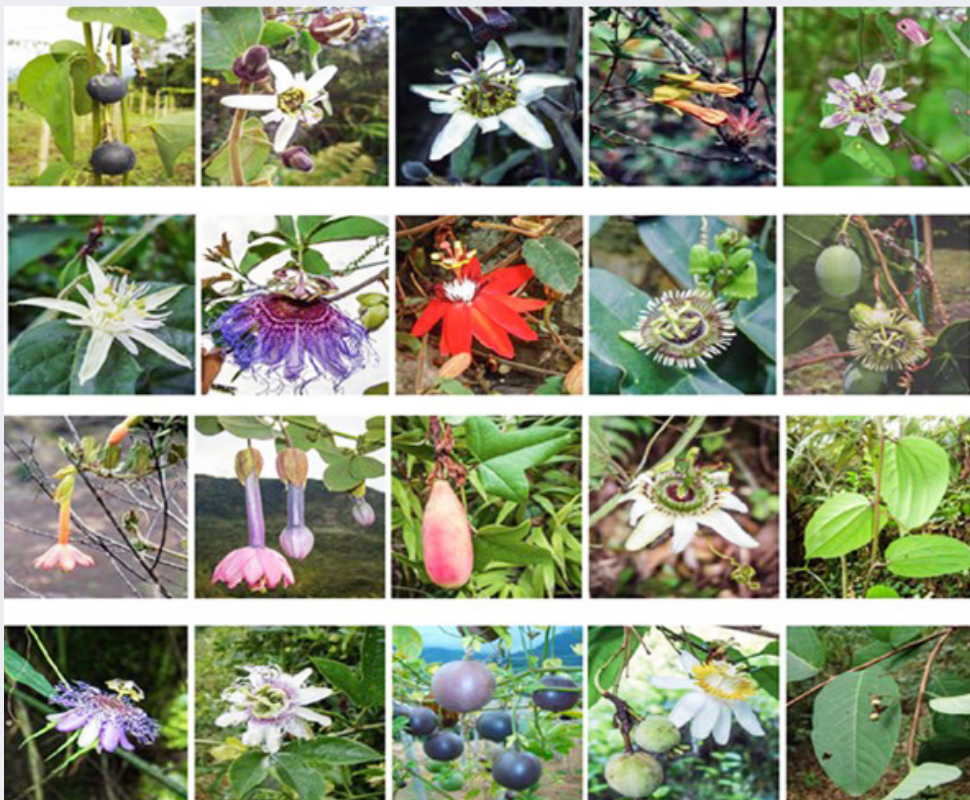


CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)

PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

El género *Passiflora*, caracterizado por la diversidad de germoplasma, es prácticamente endémico, originario del sur de Brasil, Paraguay y el norte de Argentina; el mayor número de especies están presentes en Colombia debido a la variedad de hábitat y climas. Muchas de estas especies se destacan por su valor económico, medicinal y ornamental (Martínez, 2020). Entre las especies cultivadas del género *Passiflora*, se encuentra el maracuyá (*P. edulis* var. *flavicarpa*), granadilla (*P. ligularis*), gulupa (*P. edulis* var. *edulis*), curuba de Castilla (*P. mollissima*) y badea (*P. quadrangularis*), como se evidencia en la figura 3. Colombia cuenta con 170 especies de este género, le sigue Brasil con 114, Ecuador con 76, Perú con 73, México con 69 y Venezuela con 49 (Hernández & Bernal, 2000; Miranda et al., 2009).

Figura 3. Familia Passifloraceae



Nota. Tomado de “Pasifloras de Colombia (Passifloraceae)” por P. Ocampo y Y. Merlín-Uribe, 2014.

Algunas *Passifloras* tienen propiedades sedativas, antiespasmódicas y antibacteriales, son de importancia económica por sus frutos comestibles y algunas son ornamentales por sus flores de colores vivos. El conocimiento farmacológico de las *Passifloras* indica su potencial para el desarrollo de fármacos ansiolíticos y sedantes (Carvajal et al., 2011).

Se ha determinado que la especie *Passiflora edulis* Sims var *edulis* se originó por efecto de una mutación del maracuyá amarillo (Perea Dallos et al., 2010). La gulupa se ha constituido en una de las frutas exóticas más apetecidas en el mercado mundial y ocupa el segundo lugar entre las especies de la familia de las *Passifloras* con un incremento de 40% en las exportaciones. Según Higuera (2017) y Ocampo y Morales (2012), la taxonomía de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims) es:

Reino: *Vegetal*
 División: *Angiosperma*
 Clase: *Dicotyledoneas*
 Subclase: *Archiclamydae*
 Orden: *Parietales*
 Suborden: *Flacourtiineas*
 Familia: *passifloraceae*
 Género: *Passiflora*
 Especie: *Edulis* Sims

PRODUCCIÓN DE GULUPA EN COLOMBIA

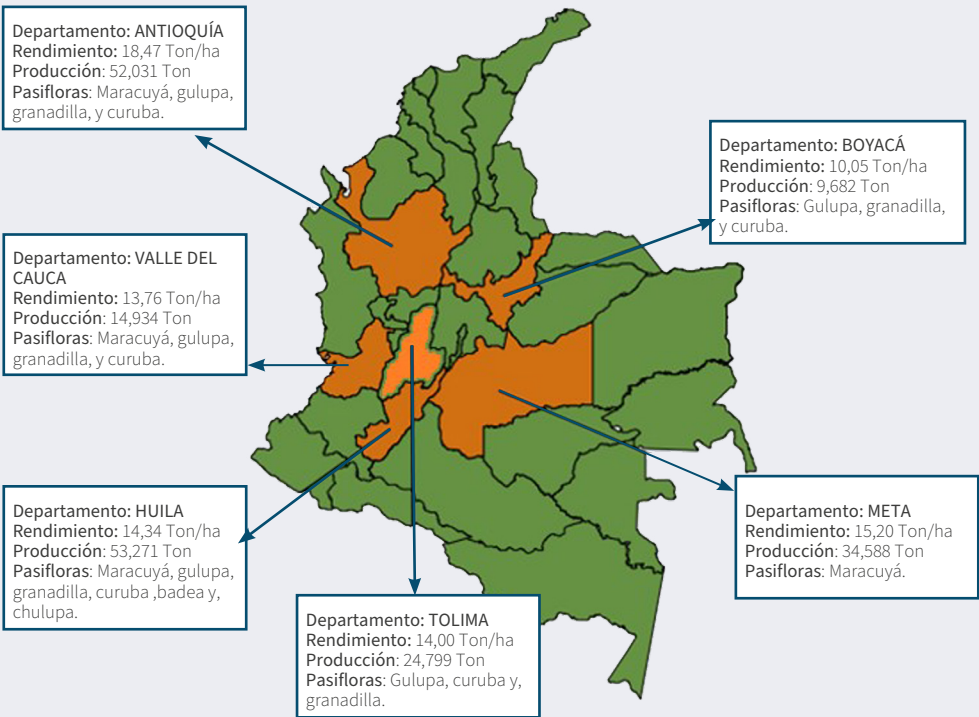
Colombia es uno de los países con mayor biodiversidad global de plantas vasculares. Una de las familias mejor representadas es la *Passifloraceae* con 170 especies inventariadas y pertenecientes a tres géneros: *Ancistrothyrsus* (2), *Dilkea* (4) y *Passiflora* (164). Esta gran riqueza representa el 26% de las especies registradas de la familia en el mundo y ubican al territorio colombiano como el país con la más alta diversidad, tanto en formas silvestres como cultivadas. Además, estas especies son indicadoras de biodiversidad, ya que presentan múltiples interacciones con otros organismos como sus polinizadores (abejas, abejorros, colibrís y murciélagos), las hormigas para la protección de la planta y la asociación con hongos del suelo. En la región Andina se concentra el 81% de las especies, de las cuales 57 son endémicas, particularmente en los bosques de las cuencas hidrográficas entre 1000 y 2000 msnm, en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca, Caldas, Quindío y Risaralda como se evidencia en la figura 4. Entre las especies reportadas, el 70% presentan algún grado de amenaza y tres son consideradas extintas.

CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)
PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

Algunas actividades antrópicas como la agricultura extensiva, la ganadería, la minería y la construcción de hidroeléctricas en el país son una amenaza inminente para la conservación de su hábitat, por estas razones, la familia *Passifloraceae* requiere ser estudiada debido a la amenaza y la vulnerabilidad, partiendo de la colecta, evaluación, conservación, uso y valoración de los recursos genético, (Ocampo y Merlín-Urbe, 2014).

Entre las especies del género *Passiflora*, 42 producen fruto comestible y 9 son comercializadas en mercados locales o internacionales, entre estas últimas se destacan el maracuyá (*P. edulis* f. *flavicarpa* Degener), la granadilla (*P. ligularis* Juss.), la gulupa o curuba redonda (*P. edulis* f. *edulis* Sims), la curuba de Castilla (*P. tripartita* var. *mollissima* Holm-Nielsen y Jørgensen), la cholupa o granadilla de piedra (*P. maliformis* L.), la curuba india (*P. tarminiana* Coppens y Barney), la badea (*P. quadrangularis* L.), la granadilla de Quijos o caucana (*P. popenovii* L.) y la curubina (*P. alata* Curtis), (Ocampo et al., 2007). En la figura 4 se describen las zonas de producción del género *Passiflora* en Colombia (Gutiérrez et al., 2011).

Figura 4. Caracterización de zonas de producción en Colombia



Nota. Tomado y adaptado de ... Granados et al., 2018, modificado.

La gulupa cultivada en Colombia es considerada única por su sabor y aroma, en algunas regiones es utilizada con propósitos tranquilizantes debido a que actúa como sedante natural; es recomendada como regulador de la presión sanguínea, mejora las funciones digestivas; es fuente rica en vitaminas A, B12 y C, así como de niacina y riboflavina. Contiene diferentes minerales, en especial, calcio, fósforo, hierro, magnesio, potasio y carbohidratos (Perea Dallos et al., 2010). En la tabla 1, se describen los diferentes usos de la gulupa.

Tabla 1. *Usos locales de la gulupa*

No.	Uso	Parte usada	Estado de desarrollo	Preparación	Número de reportes
1	Producir tinturas	La cáscara	Madura	Se raspa la cáscara hasta que se haya extraído todo el tejido morado. Se aplica sobre telas o cuero.	2
2	Contrarrestar la tos	El fruto	Maduro	Se cocina el fruto de la gulupa silvestre y se toma el agua en ayunas. Aguapanela caliente se le adiciona el néctar y se toma.	1 1
3	Tranquilizar y producir sueño	El fruto La flor	Maduro Jóvenes		3
4	Bajar el colesterol	El fruto	Maduro	Con tres frutas se hace un jugo sin azúcar y se toma en ayunas durante nueve días.	1
5	Alucinógeno	Las hojas	Maduras	Se secan las hojas, se trituran, se arma un cigarrillo, se quema y se aspira.	2
6	Aliviar la hepatitis	Las hojas	Jóvenes	Se cocinan cuatro o cinco hojas y se toma el agua.	1
7	Reducir impotencia	El fruto	Maduro	Se consume regularmente el jugo.	3
8	Aliviar las contusiones y los hematomas superficiales	Las hojas	Jóvenes	Se trituran las hojas y se aplican como cataplasma sobre la piel afectada.	
9	Controlar la presión arterial	El fruto	Maduro	Se cocina el fruto de la gulupa silvestre y se toma el agua en ayunas. Consumo de dos frutos o del jugo en ayunas	1 10

CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)
 PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

No.	Uso	Parte usada	Estado de desarrollo	Preparación	Número de reportes
10	Alimentación humana	El fruto	Maduro	Se come la pulpa de la fruta fresca	5
11	Pasabocas	Las semillas del fruto	Maduro	Las semillas se ponen a tostar y luego se agrega un poquito de sal y se comen.	1
		El fruto	Maduro	Se hace una torta a la que se le agrega un poco de jugo de gulupa.	1
12	Elaboración de postres	El fruto	Maduro	Postre: se mezcla el jugo con leche condensada y crema de leche, se mezcla gelatina sin sabor con leche caliente. Se mezcla todo y se lleva a la nevera.	1
				Mermeladas y dulces: se saca la pulpa y se cocina, luego se extrae la semilla y se adiciona azúcar o panela y se deja al fuego hasta que quede espesa.	1
				Helados: se hace el jugo y se pone a congelar; debe quedar bien espeso.	1
				Se hace un yogurt y se mezcla con el jugo de la pulpa.	1
				Aderezo para carnes: se adicionan unas cucharadas del néctar a la carne a la plancha.	1
				Ponche: se bate la clara de huevo y se le adicionan unas gotas del néctar.	1
13	Elaboración de bebidas	El fruto	Maduro	Granizado: se raspa hielo y se le adiciona el jugo espeso.	1
				Se licua la pulpa en agua y se cuela.	27
				Se hace el jugo espeso y se adiciona licor o aguardiente.	1
14	Nutrición animal	El fruto	Maduro	Se tiran los frutos en el potrero.	1

Nota. Tomado de “Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de passiflora (passifloraceae) del departamento del Huila, Colombia” por L. M. Carvajal, S. Turbay, L. M. Álvarez, A. Rodríguez, M. Álvarez, K. Bonilla, S. Restrepo, y M. Parra, 2014, *Caldasía*, 36(1), 1–15.



CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS

Lobo y Medina (2000) describen que la gulupa, independiente de su acidez (pH 2,88), tiene un sabor agridulce muy apetecible por el contenido de azúcares solubles totales (13,66%); con una pulpa que exhibe una actividad relativamente alta de polifenoloxidasas (58,33 UAE) y peroxidasa (37,88 UAE) y un contenido bueno de pectina total (0,51 %).

La gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*), de acuerdo con los estudios reportados por (Franco, 2013; Flórez, 2012; Higuera, 2017) presentó un pH muy variado entre rangos de 2,99 a 3,6 según el estado de cosecha y madurez, la acidez de la pulpa de la fruta se mide con respecto al contenido de ácido cítrico.

La acidez del fruto tiene origen en los ácidos orgánicos que están almacenados principalmente en las vacuolas. Los componentes aromatizantes del fruto aumentan durante la maduración y en conjunto, principalmente, con los ácidos orgánicos cítrico y málico, se combinan para producir el sabor único y aroma del fruto maduro (Cardona et al., 2017). Su acumulación puede deberse a la captura de intermediarios en el ciclo de los ácidos tricarboxílicos, en el proceso de fijación de CO₂ en la oscuridad, la desaminación de aminoácidos y, al parecer, por su movilización desde otras partes de la planta; el contenido, por lo general, disminuye durante la maduración, tal vez por la utilización en la respiración. Los ácidos orgánicos en las plantas oscilan entre 0,5% y 13%, la mayoría está en pequeñas cantidades y son intermediarios en el metabolismo básico, sobre todo de los ácidos tricarboxílicos. Los ácidos cítrico y málico son los principales y sus proporciones varían según el fruto (Cardona et al., 2017).

La acidez de la pulpa de la gulupa se debe a los ácidos orgánicos presentes como lo expone Franco (2013), el ácido cítrico tiene una concentración que depende del estado de maduración con 0,097 mg/100 g de fruta fresca (Ff) para una maduración temprana y 0,064 mg/100 g de Ff en una maduración prolongada. El ácido málico tiene una evolución similar al cítrico, pero en menores concentraciones, alrededor de 0,35 y 0,066 g/ 100 g de Ff; el ácido oxálico tiene una tendencia similar a los demás ácidos, pero es 77 veces más concentrado al cítrico con valores de 20,9 y 131,2 mg/100 g de Ff; el ácido ascórbico presenta la misma tendencia de los anteriores ácidos con una concentración de 43,5 a 42,6 mg/100g de Ff, por lo que el contenido de los ácidos fluctúa según los días de la poscosecha y maduración (Flórez, 2012).

En estudios realizados para determinar la cantidad de los sólidos solubles totales (SST) se empleó la escala de ° Brix, la cual arrojó valores según su grado de madurez entre 13 y 17°, la pulpa de la fruta obtuvo un valor de 16° Brix para una gulupa de la

región del bosque húmedo de montano en Colombia (Franco, 2013; Menéndez et al., 2014). Estos valores son importantes para la determinación del estado de madurez, en el que polisacáridos hidrolizados como los almidones, oligosacáridos y pectina se solubilizan en la fase acuosa para formar parte del jugo y procesos enzimáticos de la α -amilasa y poligalacturonasas, que asociados a la maduración contribuyen al contenido de azúcares, por lo cual los frutos se vuelen dulces al contenido de sacarosa y fructosa entre otros sacáridos (Flórez, 2012).

La evolución de los SST en la gulupa muestra un incremento constante para alcanzar su máximo valor en el estado de maduración tres con un valor de 15,91 ° Brix (Pinzón et al., 2007). Shiomi et al. (1996) encontraron el máximo valor a los 80 días después de la floración (DDF) y Rodríguez y García (2010) a los 70 DDF. El contenido de SST de la pulpa se incrementa constantemente desde los 20 DDF hasta la maduración, para alcanzar valores de 14 % - 17 % en la etapa de poscosecha para luego disminuir (Shiomi et al., 1996).

Estudios realizados por Franco (2013) y Melgarejo y Hernández (2011, capítulo 1) establecen que la *Passiflora edulis* Sims var. *edulis* tiene una humedad máxima de 92 % que varía según el grado de madurez, después de los 98 días, la humedad baja hasta un 81 %, esto se debe al tejido parenquimático que acumula gran cantidad de agua (Flórez, 2012).

Respecto a la madurez fisiología se establece la relación de los grados Brix y la acidez titulable que se caracteriza por una serie de cambios en sabor, olor, aroma y consistencia; en estudios realizados por Pinzón et al. (2017) la gulupa tiene IM de 2,08 a 5,00 desde los estados de color de 0 a 6 como se muestra en la figura 5, esto se debe a que en los productos climaterios, la tasa respiratoria es máxima y se desdobl原因 los ácidos orgánicos al incremento del metabolismo.

Según Franco (2013) la baja concentración de la enzima polifenoloxidasas (PFO) 0,0000021 UA min⁻¹ garantiza que la pasiflora pueda ser transformada agroindustrialmente sin causar problemas de pardeamiento enzimático; la enzima Pectinmetilesterasa (PME) con valores de 18, 2 Δ Abs/min/mg de proteína actúa para la maduración y disminuye la concentración. Naranjo Martínez (2016) indica que la degradación de sustancias pécticas de arilos y pericarpio, y la enzima poligalacturonasa (PG) se encuentran relacionados con la maduración de la fruta, pero sus concentraciones son fluctuantes según el tiempo de maduración, disminuye pasados los 98 días en la planta y 7 días de poscosecha (Contreras-Calderón et al., 2011; Flórez, 2012; Parra et al., 2013).

La gulupa está constituida por proteínas, ácidos grasos, carbohidratos, vitaminas y minerales (magnesio, fósforo, potasio, sodio, zinc, selenio) (Zibadi et al., 2004). Como compuestos particulares se han reportado cantidades apreciables de moléculas cianogénicas y la existencia de saponinas y tioles volátiles (Zibadi et al., 2004; Dhawan et al., 2004). La capacidad antioxidante de la pulpa se atribuye a la presencia de ácido ascórbico y carotenoides (Franco et al., 2013). Otros compuestos de importancia son los glicósidos, que se destacan por sus efectos ansiolíticos y tranquilizantes (Rodríguez et al., 2008). Se caracteriza también por el contenido de alcaloides y flavonoides, entre los flavonoides se encuentran las antocianidinas (perlargonidina, delfinidina y cianidina), precursoras de las antocianinas que a su vez son las responsables de los patrones de color en flores y frutos (Zibadi et al., 2004; Kidøy et al., 1997).

La gulupa no presenta Norma Técnica Colombiana (NTC) que permita establecer los criterios de madurez de esta fruta, sin embargo, en estudios realizados por Pinzón et al. (2007), se establecieron seis niveles de color, que se evidencia en la figura 5, para un estado 0 donde hay 100% verde; en 1, 90% verde y 10% púrpura; en 2, 70-80% verde y 20-30% púrpura; en 3, 40-50% de verde y 40-50% púrpura; en 4, 85-95% púrpura y 15% verde; en 5 hay 100% púrpura, el color es predominante sin arrugas y en estado 6 la fruta es totalmente púrpura con presencia de brillo y cáscara blanda con arrugas. También se tiene en cuenta que la madurez fisiológica de la fruta evoluciona con base en el color del pericarpio.

Figura 5. Determinación de los estados de madurez del fruto de la gulupa



Nota. Tomado de “Determinación de los estados de madurez de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims)” por I. Pinzón, G. Fischer y G. Corredor, 2007, *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95.

Al igual que otras especies pertenecientes al género de las *Passifloras*, la gulupa presenta un incremento en su aceptación a nivel internacional, al tratarse de una fruta exótica que presenta características sensoriales, nutraceuticas y nutricionales de gran importancia en los mercados exteriores (Jiménez et al., 2011; Serpa et al., 2015).

De acuerdo con estudios realizados referentes a las propiedades nutraceuticas de las *Passifloras*, se ha encontrado que el consumo de pulpa y semillas de maracuyá, granadilla y gulupa aportan del 24 al 30% del magnesio recomendado de consumo diario para niños menores de un año, mineral importante en la formación de huesos y dientes, activación de enzimas, estimulación nerviosa y en la contracción muscular, como se ilustra en la tabla 2.

Tabla 2. Composición nutricional de algunas *Passifloras*

Composición	Maracuyá	Granadilla	Curuba	Gulupa*	Cholupa	Badea
Agua %	82	86	92	88,9	86	72,5
Proteínas %	0,8	1,1	0,6	1,5	1,5	4
Carbohidratos %	15	11	6,3	11	11,8	22
Fibras %	0,4		0,3	0,4	-	12
Cenizas %	1,2	0,9	-	0,7	-	0,8
Calorías (kcal)	78	46	25	49	40	98
Calcio (mg)	5	7	4	9	-	46
Fósforo (mg)	18	30	20	21	-	31
Hierro (mg)	0,3	0,8	0,4	1,7	-	5,2
Ácido ascórbico (mg)	12	20	70	20	20	3,3
Vitamina A (UI)	-	-	-	1730	1780	-
Tiamina (mg)	-	-	-	0,1	-	0,04
Riboflavina (mg)	-	-	-	0,17	-	0,04
Niacina (mg)	-	-	-	0,8	-	0,5

Nota. Tomado de “Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de *passiflora* (*passifloraceae*) del departamento del Huila, Colombia” por L. M. Carvajal, S. Turbay, L. M. Álvarez, A. Rodríguez, M. Álvarez, K. Bonilla, S. Restrepo, y M. Parra, 2014, *Caldasía*, 36(1), 1–15.

En la tabla 3 se muestran los resultados del análisis bromatológico realizado a frutas y semillas de algunas especies del género de las *Passifloras*. El estudio reveló que el mayor porcentaje de cenizas es para las semillas de gulupa y su presencia implica



la existencia de minerales. Por otra parte, los materiales vegetales que presentan mayores contenidos a nivel nutricional son la pulpa en gulupa y semilla y pulpa de maracuyá con un aporte mayoritario en cenizas, proteína y carbohidratos relevantes en las actividades primarias del organismo como la restauración de tejidos y reserva de energía.

Tabla 3. *Análisis proximal de algunas pasifloras*

Parámetro analizado (Porcentaje)	Pulpa de semillas de maracuyá	Pulpa de cholupa	Semillas de gulupa	Fruta de badea
Humedad (Secado)	76	75,17	0,69	85,51
Cenizas totales	0,84	0,91	2,09	0,56
Grasa total	0,04	0,02	22,08	0,08
Nitrógeno total	0,41	0,37	2	0,1
Proteína total	2,59	2,34	12,52	0,63
Carbohidratos totales	20,54	21,56	62,62	13,22
Calorías Kcal	92,82	95,74	499,29	56,1
Fibra bruta	7,49	13,66	39,05	2,66
Fibra dietaria total	15,09	11,77	Nr	7,98
Fibra soluble	2,84	0,97	Nr	1,83
Fibra dietaria insoluble	12,25	10,5	Nr	6,15

Nota. Tomado de “Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de passiflora (passifloraceae) del departamento del Huila, Colombia” por L. M. Carvajal, S. Turbay, L. M. Álvarez, A. Rodríguez, M. Álvarez, K. Bonilla, S. Restrepo, y M. Parra, 2014, *Caldasia*, 36(1), 1–15.

El análisis de minerales presentes en la gulupa (*P. edulis* Sims var *edulis*) de acuerdo con estudios de investigación determinan que la cáscara presenta cantidades variables de todos los minerales analizados con excepción del zinc. En la fruta, tanto en base seca como húmeda, se encontró magnesio, potasio, zinc y sodio, pero no se halló evidencia de cobre, hierro, fósforo o calcio. Al igual que en el análisis de la gulupa, los resultados en maracuyá (*P. edulis* f. *flavicarpa*) indican que minerales como el cobre, el hierro, el fósforo y el calcio están presentes en la cáscara y no se reportan en la fruta. Por otra parte, tanto la fruta como la cáscara contienen alguna cantidad de magnesio, potasio y sodio. El zinc solamente se reporta en la fruta (Carvajal et al., 2014).

CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Un radical libre genera un ambiente oxidativo y puede dañar funciones de una célula, entre otros, los antioxidantes son moléculas, proteínas o enzimas capaces de neutralizar estos radicales libres por un mecanismo de aparear electrones libres, el cuerpo posee un sistema de amortiguación antioxidante y necesita de una constante renovación, las frutas poseen grandes moléculas conocidas como metabolitos secundarios de carácter antioxidante que alimentan la necesidad del cuerpo, aunque algunas enzimas con carácter antioxidante se producen en el cuerpo de forma natural, los metabolitos secundarios provenientes de la alimentación ayudan a conformar el sistema (Quintanar y Calderón, 2009).

Los antioxidantes son sustancias capaces de inhibir la oxidación de otras moléculas, por lo que constituyen una herramienta altamente eficaz en la neutralización de los radicales libres, ya que mantienen la integridad y el buen funcionamiento de las células y los tejidos. Existen mecanismos de reparación que permiten a la célula recuperar la normalidad en las estructuras deterioradas, pero la propagación de los daños ocasionados por los radicales libres ocurre en una temible secuencia de etapas en cadena que solo se puede frenar con la presencia de sustancias antioxidantes. Entre ellas se encuentran las vitaminas A, C y E, oligoelementos como el selenio, el zinc o el cobre, y otros metabolitos, como los polifenoles (Castaño, 2016). Los antioxidantes se caracterizan por ser enzimáticos o no y se clasifican según la forma como se presentan en la célula, son endógenos cuando el cuerpo es capaz de sintetizarlos y exógenos cuando ingresan al cuerpo por ingesta; se prevé que la mayor fuente de antioxidantes de origen exógeno es proveniente de frutas y verduras, por lo que el consumo de antioxidantes en la dieta diaria es proporcional a la expectativa de vida humana con un efecto biológico sobre la salud (Coronado et al., 2015; Franco, 2013; Naranjo Martínez, 2016).

Estudios reportados por Coronado et al. (2015) y Naranjo Martínez (2016) resaltan a los antioxidantes como carotenoides, polifenoles y vitaminas; las verduras poseen gran cantidad de carotenoides que son pigmentos, también los fenoles presentan una capacidad antioxidante que está muy presente en la cáscara de la pasiflora. El contenido de color presente en el fruto gulupa se explica por los carotenoides y antocianinas que son pigmentos naturales y que resultan de sustituir los carotenos debido a los grupos oxhidrilos, carbonilo, epóxido y carboxilo que contribuyen a la absorción de energía solar en los procesos fotosintéticos y actúan como especies fotoprotectoras para inhibir las especies reactivas de oxígeno (ERO) como antioxidante que neutraliza los radicales libres (Carvajal et al., 2014).

La pasiflora tiene presente muchos metabolitos secundarios como fenoles, leucoantocianidinas flavonoides, triterpenos y alcaloides, todos presentes en la cáscara, y que tienen gran relación con la actividad antioxidante del fruto es sus procesos de maduración (Franco, 2013). En sus jugos, la gulupa tiene un gran potencial de actividad antioxidante debido a los contenidos de ácido ascórbico y carotenoides que aumentan en su proceso de maduración y poscosecha, el contenido de neutralización del Radical ABTS•+ está entre los 300 y 400 μmol Trolox/100 g de fruto fresco, fenoles entre 200 y 300 mg de ácido gálico/100 g fruta y DPPH entre 90 y 100 de μmol Trolox/100 g de fruto fresco y FRAP de 36 a 40 mg ácido ascórbico/100 g muestra (Franco et al., 2014; Moreno et al., 2014; Rudnicki, 2007).

La pulpa de la *passiflora edulis* Sims var. *edulis* tiene un gran potencial de actividad antioxidante debido a los contenidos de ácido ascórbico y carotenoides que aumentan en su proceso de maduración y poscosecha, el contenido de neutralización del Radical ABTS•+ están entre los 300 y 400 μmol Trolox/100 g de pulpa fresca, fenoles totales entre 200 y 300 mg de ácido gálico/100 g de pulpa y DPPH entre 90 y 100 de μmol Trolox/100 g de pulpa fresca y FRAP de 36 a 40 mg ácido ascórbico/100 g muestra, (Franco et al., 2014; Moreno et al., 2014).

Según estudios realizados por Meneses-Marentes et al. (2019), la capacidad antioxidante en corteza de gulupa fue de 464 ± 19 y 366 ± 7 μmol Trolox/100 g de extracto, según los ensayos de FRAP y DPPH. Por consiguiente, se concluyó que es posible obtener a partir del epicarpio de la gulupa extractos ricos en compuesto de alto valor como las antocianinas, los cuales son afectados por la temperatura de almacenamiento, siendo este un factor para considerar en su aplicación en matrices alimentarias.

CARACTERÍSTICAS FITOQUÍMICAS

El análisis fitoquímico de la gulupa presenta triterpenos taninos, compuestos lactónicos, presencia positiva de cumarinas en la pulpa y triterpenos o esteroides en hojas, semillas y pulpa, y alcaloides solamente en la pulpa (Carvajal et al., 2014). De acuerdo con el estudio realizado por Medina et al. (2017), en cáscara de gulupa mediante un método UHPLC-QqQ-MS / MS. F1t-fitoprostanos y D1t-fitoprostanos en polifenoles totales de la cáscara se detectaron y cuantificaron compuestos fenólicos que no se habían descrito anteriormente, como luteolin-8-C- (2-O-ramnosil) hexósido y quercetina-3-O- (Ácido 6 -acetilo) glucosil-2 -sinapic.

Según tesis de Urrego (2017), en su contribución al estudio fitoquímico y a la evaluación de la actividad antiinflamatoria de las hojas de la *Passiflora edulis* Sims

var. *edulis*, se identificaron tres saponinas mayoritarias conocidas como ciclopas-siflósidos y se sugiere la presencia de tres flavonoides minoritarios en el extracto acuoso, los cuales ya habían sido reportados para una forma de *P. edulis* sin identificar. El seguimiento de la separación se hizo por cromatografía en capa delgada y HPLC-DAD-ELSD, para la elucidación estructural se empleó RMN monodimensional y bidimensional, y ESI-TOF-MS/MS. Este es el primer trabajo que describe la composición química de la fracción polar en hojas de gulupa.

SUBPRODUCTOS DE LA GULUPA

Son muchas las propiedades que posee la gulupa con aplicaciones en la industria alimenticia, médica o cosmética. En estudios de investigación realizados con campesinos del departamento del Huila se demuestra el desarrollo etnobotánico, hay catorce usos medicinales para la gulupa, por lo cual sus usos médicos son para el control de la presión arterial, actividad antiinflamatoria entre otros. No todos los usos médicos provienen directamente del fruto, también se emplean las hojas para aliviar la hepatitis, como alucinógeno para el control de dolencias y contusiones superficiales, las flores son tomadas en infusiones para el control emocional y mejorar el sueño (Carvajal et al., 2014).

Mermelada

Las mermeladas son alimentos preparados a base de pulpa de fruta, cuya preparación se lleva a cabo a temperaturas superiores a los 80°C y la adición de otros componentes como edulcorantes y gelificantes, todas las frutas son aptas para la fabricación de mermeladas, pero se considera que estas deben estar maduras y en buen estado (Fuster, 2004).

Ingredientes

Fruta. Con base en las estipulaciones realizadas por Fuster (2004), la fruta es el ingrediente más importante, le confiere la personalidad propia a la mermelada y la cantidad presente de esta es un nivel de calidad; el estado de la fruta también es muy importante, las frutas sobre maduras o verdes no son apetecibles, donde se reporta que los jugos presentes son necesarios para conseguir que el producto sea suficiente fluido y presente una coagulación adecuada (Ojasild, 2009). Las frutas también proporcionan pectinas en la elaboración de la mermelada y ayudan a

mejorar el proceso de gelificación, en la cocción estas se liberan para formar geles con los azúcares (Sanz, 2021).

Azúcares. Los azúcares son los responsables del sabor dulce en la mermelada (Fuster, 2004), al igual que en gran medida del aporte calorífico, debido a esto nacen los edulcorantes, conocidos como aditivos alimenticios que proporcionan el efecto dulce con menor aporte de energía y contribuyen de forma decisiva en la gelificación de la mermelada; actualmente, la sacarosa es la más usada por ayudar también en la gelificación y sus costo es más bajo (Contreras et al., 2016). El azúcar también ayuda en la conservación del producto, en cantidades superiores al 60 por 100 del peso de la pulpa es óptimo, por lo que se convierte en el segundo ingrediente más importante en el producto.

Como edulcorante natural también está la miel, que es producida por las abejas, cuenta con características únicas que varían según el sitio, el tipo de abeja y las condiciones climáticas, entre otros, según el CODEX STAN 12-1981, se fabrica a partir del néctar de las flores u otras secreciones extra-florales. De acuerdo con Ulloa et al. (2010), la composición de la miel en su mayoría es de carbohidratos, agua, ácidos orgánicos, enzimas, aminoácidos, pigmentos, oligoelementos, vitaminas, polen y cera. Dentro de las estimaciones y observaciones pueden existir otros compuestos con menor presencia como el ácido acético, butírico, cítrico y fórmico, con consistencia fluida, viscosa o sólida, que también puede estar total o parcialmente cristalizada, el color es una gama de tonalidades del ámbar, que pueden variar según la zona de obtención, son claras, transparentes y oscuras, los colores oscuros son un indicador de calidad por haber presencia de vitaminas B y C, elementos como hierro, fósforo y calcio (Schencke et al., 2015; Zandamela Mungó, 2008).

En gran parte del mundo existen reglamentaciones para la comercialización de las mieles, en Colombia, con base en la Norma Técnica Colombiana [NTC] 1273, se establecen parámetros y requisitos mínimos que deben tener algunos tipos de mieles y los protocolos de envasado para su comercialización, los cuales se describen en la tabla 4.

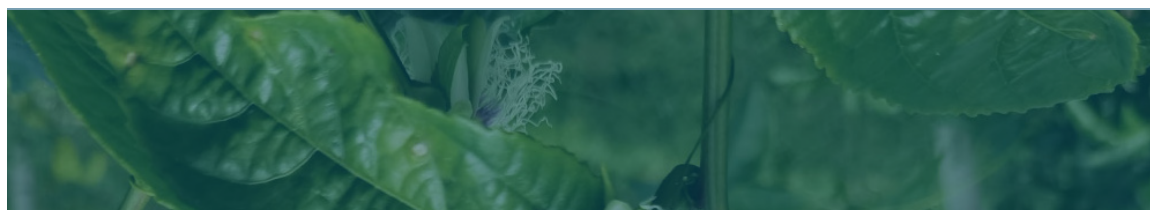


Tabla 4. *Requisitos fisicoquímicos de la miel de abejas*

Requisitos	Valor mínimo	Valor máximo
Contenido aparente de azúcar reductor, calculado como azúcar invertida % fracción de masa	60,0 miel flora 45,0 miel de mielada	-
Contenido de humedad % fracción de masa	—	20
Contenido aparente de sacarosa % fracción de masa	—	5,0
Contenido de sólidos insolubles en agua, % fracción de masa	—	0,5 miel prensada 0,1 miel diferente a la prensada
Contenido de sustancias minerales (cenizas) % fracción de masa	—	0,6
Acidez libre, meq de ácido/1000g	—	50,0
Actividad de la diastasa (Determinada después de elaborada y mezclada)	3	-
Contenido de hidroximetilfurfural, mg/kg	—	60,0
Contaminante determinadas en metales en límite máximo		mg/kg
Cobre como Cu	—	0,05
Plomo como Pb	—	0,1

Nota. Tomado de la NTC 1273

La normativa colombiana también establece parámetros microbiológicos para el cultivo y empaqueo de miel.

Tabla 5. *Requisitos microbiológicos para la miel*

Requisitos	Parámetro			
	n	M	M	C
Recuento de microorganismos mesófilos, UFC/g	5	100	300	3
Recuento de coliformes en placa, UFC/g	5	<10	10	1
Recuento de E. Coli, UFC/g	5	<10	-	0
Detección de Salmonella 25g	5	Ausencia	-	0
Recuento de mohos y levaduras UFC/g	5	10	100	2

Nota. n es el número de unidad a examinar; m índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad; M índice máximo de muestras permisible para identificar nivel aceptable de calidad; C número máximo de muestras permisibles con resultado entre m y M.
Tomado de la NTC 1273



La miel es dulce al paladar y esto se debe a la gran cantidad de azúcares presentes como monosacáridos, disacáridos, trisacáridos u otros sacáridos más complejos, isomaltopentosa y isomaltotetraosa (Ulloa et al., 2010). Es uno de los productos alimenticios más antiguos usados por el hombre debido a su sabor y durabilidad, tiene gran aplicabilidad en la industria alimenticia y farmacéutica, tiene gran impacto en esta misma industria por sus características atractivas de sabor y olor, es utilizada como edulcorante natural, potencializando su conservación también mejoran algunas características organolépticas de alimentos horneados a base de harinas (Alonso, 2010). Las propiedades terapéuticas de la miel son muy amplias, en su mayoría es usada para tratar afecciones de la piel como el caso de úlceras y heridas por su osmolaridad, que se debe a la gran concentración de diferentes azúcares; otro factor son las características de antifúngicas y antimicrobianas al tener efecto sobre bacterias como *S. epidermidis*, *Pseudomonas* sp, *staphylococcus*, *Salmonella* sp, entre otras (Zamora y Arias, 2011).

La miel puede ser empleada en la elaboración de mermeladas como fuente edulcorante; como el contenido de azúcar es necesario para la gelificación, la presencia en la miel de Disacáridos (gentibiosa, isomaltosa, maltosa, maltulosa, higerosa, palatinosa, sacarosa y turalosa) y Trisacáridos (Centosa, Eriosa, isomaltotriosa, isopanososa, laminaritriosa, maltotriosa, melezitosa y panosa) ayudan en la misma (Ulloa et al., 2010). Ronquillo Téllez et al. (2016) realizaron diferentes ensayos gracias a los que obtuvieron una mermelada a base de miel y arándano con excelentes resultados por los panelistas, usaron concentraciones de 50% y 50% de arándano y miel.

Gelificantes

La textura y viscosidad en las mermeladas están dadas por los agentes gelificantes, y estas a su vez presentan una gran variación en la cantidad dependiendo del tipo de fruta empleada, actualmente se utilizan gomas naturales y pectinas (Fuster, 2004). Las gomas naturales son obtenidas de las semillas del algarroba formado por un polímero de galactomanana (figura 6) y que no afecta el color; el otro gelificante usado es la pectina, el más empleado es el que se obtiene de la cáscara de la frutas, especialmente la naranja, y se caracteriza por formar geles con concentraciones inferiores del 40% de azúcar (Baltazar, 2013).

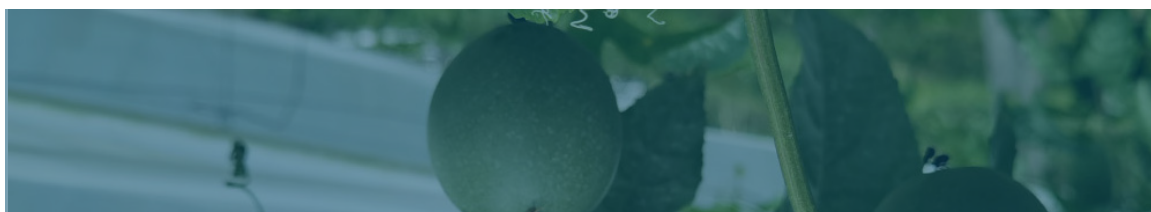
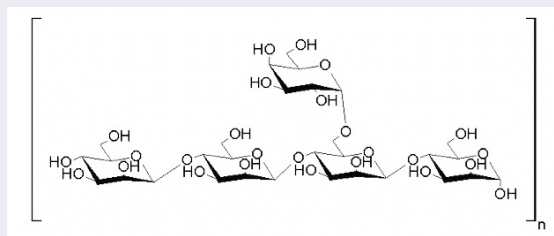


Figura 6. Estructura química de la galactomanana



Nota. Tomado de “Propriedades elétricas dos filmes de polissacarídeos” por Sousa, et al., 2017, en *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 3(8), 1243–1249.

Acidulantes

Tienen la función de ajustar la acidez donde debe estar, 2,2 y 3,3 pH, generalmente se emplea el ácido cítrico. La acidez tiene la finalidad de equilibrar el sabor y ayuda en la gelificación de la pectina para dar firmeza y también unificar la glucosa en la sacarosa, así se alcanza la clarificación de la masa de azúcar/pectina en los procesos de elaboración (Fuster, 2004).

Conservantes

El contenido de azúcar es esencial en la conservación de la mermelada y debido a los estándares de sanidad es necesario (Fuster 2004), los conservantes son usados para evitar la formación de mohos y levaduras y se proporcionan según la cantidad de azúcar empleado y el tratamiento de esterilización a temperaturas entre 80 y 90 °C; para los contenidos de azúcar inferiores al 60% con pectinas de bajo metoxilo, según el CODEX STAN 296-2009 (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO] y Organización Mundial de la Salud [OMS], 2009), pueden ser empleados sorbatos (200-203), benzoatos (210-213) y sulfitos (220-225, 227,228,539).

Análisis sensorial

Como lo exponen Severiano et al. (2010), un estímulo de los órganos sensoriales está relacionado con una sensación que el cerebro procesa como una percepción y emite una respuesta, según (Barrante Salas, 2009), para la determinación de un producto alimenticio óptimo es necesario el análisis sensoriales para la determinación de parámetros característicos del alimento que relaten un grado de satisfacción en vista, gusto, olfato y tacto.

Los resultados sensoriales identifican en el producto un tipo de análisis cualitativo-cuantitativo en aquellos aspectos a mejorar y que son ejecutados en los procesos de elaboración y preservación (Furlaneto et al., 2015), estos análisis pueden ser aplicados desde el día de fabricación hasta pasados los ciento veinte días, con la finalidad de establecer la vida útil de un producto y como se mantienen las características iniciales en la conservación. Son diferentes y emplean metodologías ajustadas según sea necesario, como el análisis sensorial descriptivo cuantitativo (QDA) y detallados entre sí para la caracterización de cada producto:

Color: es uno de los filtros más empleado por los consumidores al ser el primer aspecto analizado, se observan características como forma, superficie, tamaño y rugosidad. Se analizan aspectos como tono, intensidad y brillo en una escala de color (Reglero Rada, 2011).

Aroma: es una de las sensaciones percibidas por las sustancias volátiles a través de la mucosa del paladar, se analizan aspectos como la presencia de la fruta en el producto y su intensidad (Reglero Rada, 2011).

Sabor: permite describir de forma cualitativa la intensidad y el orden de percepción del sabor denotando aquellos encontrados en la boca al inicio y final del bocado, la amplitud se analiza a partir de factores como suave, moderado, fuerte, no reconocible y no presente (Liria Domínguez, 2007).

Textura: es un indicador de la calidad del alimento más útil para el consumidor, se analizan atributos mecánicos como aspectos táctiles y se comprende por segmentos como mordida inicial *versus* masticación final. Los atributos analizados son dureza, adhesividad al paladar, fracturabilidad y sequedad, existen otros como geométricos, de humedad y grasa (Liria Domínguez, 2007).

Análisis microbiológico

La higiene es esencial para obtener productos de gran calidad, por lo cual es necesario realizar siempre controles microbiológicos para determinar la presencia de elementos patógenos, de acuerdo con la cantidad existente, se puede determinar si el producto es apto para el consumo (FAO, 1992).

La tabla 6 muestra los requisitos para el análisis microbiológico en mermeladas, según establece la Resolución 3929 del 2013 del Ministerio de Salud y Protección Social:

Tabla 6. *Requisitos en el análisis microbiológico en mermeladas*

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

Nota. n es el número de unidad a examinar; m índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad; M índice máximo de muestras permisible para identificar nivel aceptable de calidad; C número máximo de muestras permisibles con resultado entre m y M. Tomado de la Resolución 3929 de 2013 Ministerio de Salud y Protección social.

NORMATIVIDAD

La Resolución 3929 del 2 de octubre del 2013, “Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clarificados o no, o la mezcla de estos que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional”. La tabla 4 describe los niveles mínimos para acidez y grados Brix en la pulpa de la gulupa.

Tabla 7. *Acidez titulable y niveles mínimos de grados Brix en jugos o zumos y pulpa*

Nombre común de la Fruta	Acidez Titulable mínima expresada como ácido cítrico anhídrido % m/m	Porcentaje mínimo de sólidos disueltos por lectura de refractométrica a 20 °C (°Brix)
Gulupa	***	6,8

Nota.*** Acidez característica de la fruta. Tomado de la Resolución 3929, Ministerio de Salud y Protección Social, 2013.

Esta misma resolución establece los criterios que se muestran en la tabla 8 para la elaboración de mermeladas.

Tabla 8. *Requisitos fisicoquímicos para elaboración de mermeladas*

Parámetro	Mínimo	Máximo
Sólidos solubles por lectura refractométrica a 20°C	60	—
pH a 20°C	—	3,4
% de acidez (como ácido Cítrico	0,5	—

Nota. Resolución 3929 de 2013, Ministerio de Salud y Protección Social.

El CODEX STAN 296-2009 (FAO y OMS, 2009) establece que el contenido de sólidos solubles debe estar entre el 60 al 65%. La tabla 9 describe los contenidos mínimos de fruta en mermeladas definidos por ambas normas.

Tabla 9. *Contenidos mínimos de fruta en mermeladas*

Fruta	% en masa	
	Resolución 3929	Codex 296 de 2009
Breva, ciruela, fresa, durazno, guayaba, mango, manzana, pera, tomate de árbol, papaya, papayuelas, frambuesas	40	35
Albaricoque, mora, coco, lulo, piña, uvas, cereza, banano, uchuva	30	25
Cítrico, maracuyá, curuba, ciruela Claudia, guanábana, gulupa	20	23
Tamarindo, granadilla	6,0	8-10

Nota. Tomado del CODEX STAN 296, 2009, FAO y OMS.



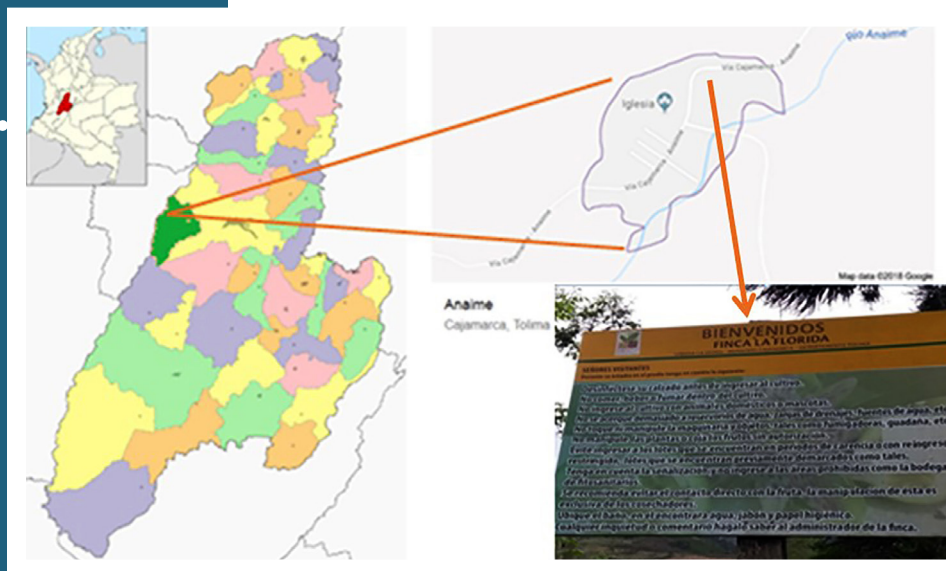
La fruta es el ingrediente
más importante, le
confiere la personalidad
propia a la mermelada .

METODOLOGÍA

ZONA DE ESTUDIO

En la vereda La Leona de la región de Anaime, municipio de Cajamarca, departamento del Tolima, se encuentra la finca La Florida, la cual es propiedad del señor Mario Rincón Acero, ubicada geográficamente con un equipo Garmin GPSmap 62sc a una latitud $4^{\circ}23.5'5.61''$ N, longitud $75^{\circ}30'16.07''$ O, en la cordillera Central de Colombia (figura 7) a una altura que va desde los 2030 msnm y los 2050 msnm según la topografía del terreno, con una temperatura promedio de $20,4^{\circ}\text{C}$, el suelo es franco-arenoso, rico en materia orgánica. Para la recolección de datos de la zona de estudio, se usó una ficha de caracterización como lo muestra el apéndice A.

Figura 7. Posicionamiento geográfico de la zona de la región de Anaime



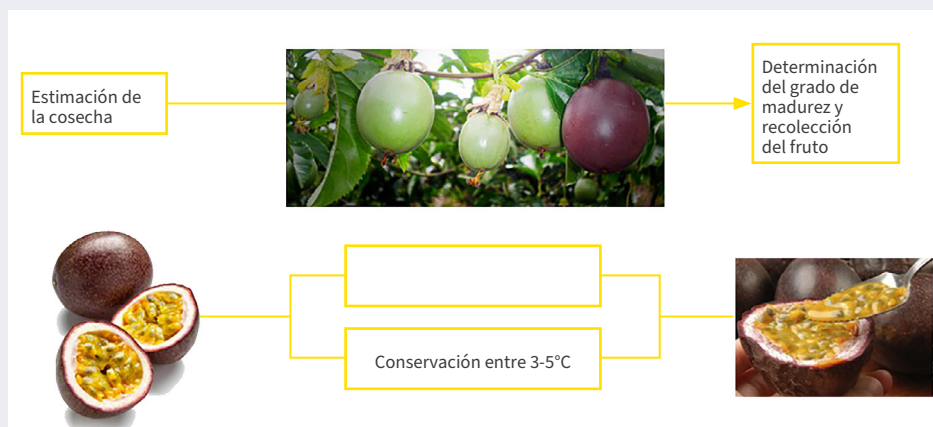
El sector donde se hallan los cultivos de estudio presenta una topografía montañosa con flora de bosque húmedo montano bajo, con una altura de 2035 msnm.

COLECTA Y RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS

Ubicados en la zona de estudio del cultivo de la gulupa, primero se identificaron las fases de maduración en que se encontraba el fruto, el estado de madurez estaba entre fase 4 y fase 5, como lo evidencia la figura 8, se colectó una muestra aleatoria de 100 frutos, para el cultivo n.º 1 (lote 2) y 100 frutos para el cultivo n.º 2 (lote 3), de acuerdo con la extensión del lote. Se procedió a clasificar a partir de los siguientes criterios, según Miranda et al., (2009):

- Frutos enteros
- Color como índice de madurez
- Con la forma característica de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*)
- Aspecto fresco y consistente firme
- Sanos, libres de síntomas/signos de ataques de insectos y de enfermedades
- Limpios, exentos de materiales o partículas extrañas visibles
- Dimensiones entre 45-60 mm de diámetro ecuatorial, 45-65 mm de diámetro longitudinal y un peso entre 40 y 60 g. Después de la colecta de las muestras, se clasificaron para el estudio del proyecto y se realizó su debido empaquetamiento.

Figura 8. Fase de procesos



ACONDICIONAMIENTO Y EMPAQUE

El empaque para los frutos tiene como objetivo facilitar el transporte, protegerlos de daños que puedan sufrir durante este proceso y asegurar la calidad hasta la llegada al laboratorio. Los elementos que estuvieron en contacto con la fruta estaban en perfecto estado, limpios y desinfectados. La limpieza del fruto se realizó en el Laboratorio de Química del CEAD de Ibagué, Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD).

Se colectó el fruto cumpliendo con el protocolo de Bioseguridad de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA), emitido por el Instituto Agropecuario Colombiano (ICA), como se evidencia en la figura 9. El empaque seleccionado para transportar los frutos fue una malla de polietileno expandible, que permitió la aireación de la fruta, este empaque es de bajo peso y fácil de manipular. La fruta se transportó desde la finca hacia el laboratorio donde posteriormente se realizaron los diferentes análisis. El vehículo, en el que se transportó la fruta de la finca al laboratorio, garantizó condiciones sanitarias adecuadas para la conservación del fruto, además de cumplir con las buenas prácticas de manufactura (BPM) (Proyecto Merlín II, 2010).

Figura 9. Centro de acopio, jornada de recolección



RECEPCIÓN, LIMPIEZA Y DESINFECCIÓN

La fruta se recibió lo más pronto posible, con el fin de evitar su exposición a altas temperaturas. Las condiciones ambientales son controladas de acuerdo con la normatividad vigente (temperatura y humedad relativa).

Una vez recibidas las muestras en el laboratorio (figura 10), se procedió a realizar de inmediato todo el proceso de limpieza, desinfección, secado y despulpado hasta obtener una fracción de la pulpa de la gulupa para posterior análisis. Esta fracción se encuentra en estado líquido.

El objetivo de las etapas de limpieza y desinfección es eliminar suciedad o polvo y reducir la carga microbiana proveniente de los procesos previos de cosecha y acondicionamiento.

Se llevó a cabo el proceso de desinfección con una solución de Cloro al 5,5% a una temperatura de 4 °C ($\text{pH } 7 \pm 0,5$) por un periodo de 45 minutos, por el método de inmersión, óptimo para desinfectar el fruto y eliminar carga microbiana.

Figura 10. *Mallas rotuladas con muestra del fruto para estudio*



SECADO, PESADO Y TOMA DE DATOS

Después del proceso de lavado y desinfección, fue necesario retirar el exceso de humedad, por lo que se dejó secar la fruta en canastillas plásticas, en un área libre de contaminación y con aireación natural. En este caso, se procedió a secar cada fruto con un paño seco o papel absorbente, como se muestra en la figura 11. Esta etapa es importante dado que la humedad favorece la proliferación de microorganismos que pueden afectar la calidad de la fruta para su estudio. Luego se pesó (figura 12), se tomaron las medidas longitudinal y ecuatorial de cada fruto, se registraron en bitácora las características de calidad y se hizo la respectiva trazabilidad llenando la ficha técnica (nombre de la finca de la que proviene, cuándo fue cortada, cuánto tiempo estuvo almacenada y en qué condiciones de temperatura y humedad relativa (Orjuela et al., 2011).

Figura 11. Secado del fruto gulupa



Figura 12. *Peso del fruto gulupa*

OBTENCIÓN DE LA PULPA DE GULUPA

Se cortaron todas las frutas a la mitad y se retiró la pulpa con utensilios desinfectados, se obtuvo una fracción de la pulpa de la gulupa por prensado, separando las semillas del mucilago, como se muestra en la figura 19. Se llevó a cabo todo este proceso cumpliendo con las buenas prácticas del laboratorio (BPL).

Figura 13. *Obtención de la pulpa*

EMPACADO Y CONSERVACIÓN

Acabado el proceso de despulpado, se procede a envasar la fracción de la pulpa obtenida en frascos de vidrio tapa azul (Schot Duran) debidamente esterilizados y rotulados, identificando la muestra y la fecha de proceso, como se evidencia en la figura 14, almacenando a una temperatura aproximada de 4 ± 2 °C y 10 ± 2 °C. Esto con el fin de evitar cambios en las propiedades físicas, organolépticas y químicas de la fracción de la pulpa.

Figura 14. *Empacado y almacenamiento de las pulpas*



CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA

Las caracterizaciones fisicoquímicas se realizaron en los laboratorios de la CEAD, UNAD, Ibagué, y el laboratorio LIFPA del grupo de investigación GIMELLIFISTO de la Universidad del Tolima

Humedad

El contenido de humedad se determinó empleando los métodos convencionales de análisis gravimétrico por pérdida de peso por el método descrito por la AOAC 20.013 adaptado, empleando una balanza analítica marca BOECO GERMANY Máx 220 g d=0,1mg BAS 31 plus, un horno de secado MEMMERT (figura 15), vidrios de reloj, desecador de vidrio marca Pyrex con sílice y placa de porcelana. Para cada muestra se toma el peso, dispuestas en un horno a 100 °C, se dejan secar por un periodo de dos horas; se permitió el enfriamiento en un desecador hasta lograr la temperatura ambiente y tomar nuevamente el peso y así realizar la determinación final para calcular el porcentaje de humedad, reemplazando los datos 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:

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

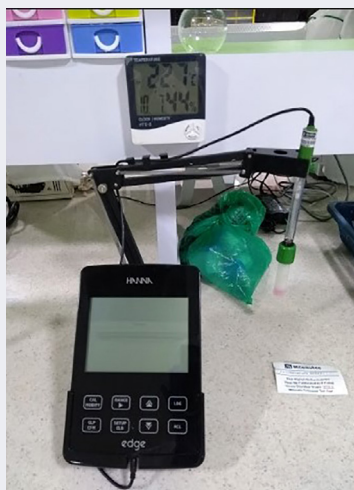
Figura 15. Horno de secado MEMMERT



Potencial de hidrógeno (pH)

El potencial de hidrógeno (pH) se determinó en la fracción de la pulpa para cuantificar los hidrogeniones presentes en la muestra. Las determinaciones se realizaron mediante el método descrito por la AOAC 981.12/90. Potenciómetro por inmersión de electrodo con compensador automático de temperatura. Equipo Marca HANNA edge (figura 16). La temperatura -5 °C a 100 °C. El instrumento fue calibrado con antelación usando 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).

Figura 16. Potenciómetro HANNA edge pH



Conductividad eléctrica

Se determinó directamente en la fracción de la pulpa, mediante el método descrito por la AOAC 981.12/90. Se empleó el equipo marca HANNA edge Ref. HI7631000 0 to 200 ms/cm acoplado con un electrodo combinado de vidrio y compensador automático de temperatura (figura 17). La temperatura 5 °C a 100 °C. El instrumento fue calibrado con antelación usando solución de cloruro de sodio (NaCl).

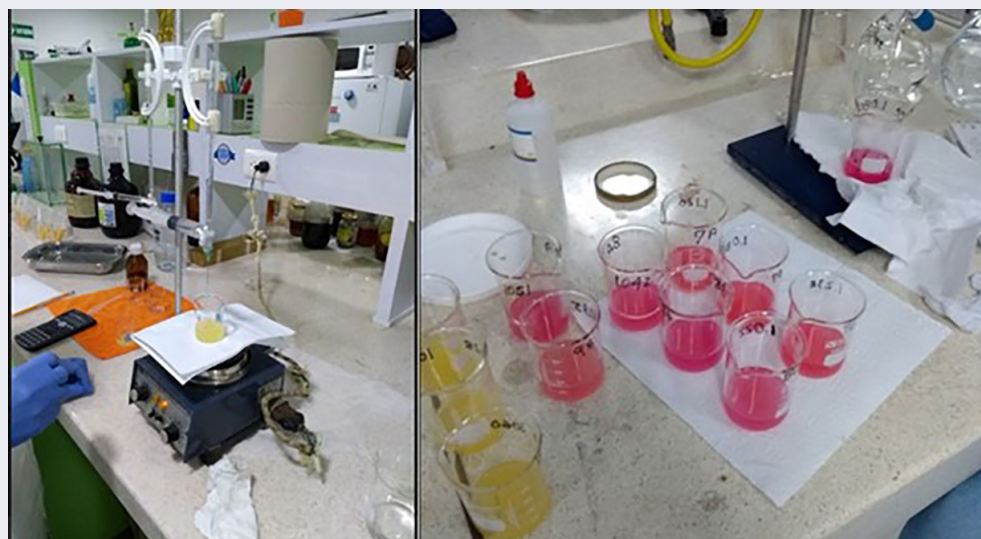
Figura 17. Potenciómetro HANNA edge Conductividad



Acidez libre

Se expresó en porcentaje de ácido cítrico, empleando métodos titulables con valoración de NaOH a 0,1 N, utilizando como indicador Fenolftaleína al 1 % m/v, con una muestra significativa de 0,3 a 0,8 gramos de fracción de la pulpa con 25 mL de agua destilada desionizada (figura 18), empleando el método descrito por la AOAC 942.15, adaptado.

Figura 18. Montaje para determinar la cantidad de acidez titulable



Sólidos solubles totales

Los grados °Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en alimento expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de los alimentos. Se determinaron empleando dos refractómetros, uno de marca Miwoukee MA 871 REFRACTOMETER 0 to 85 % °Brix calibrado y a 20°C y el otro HI 96801 REFRACTOMETER 0 to 85 % °Brix calibrado y a 20°C (figuras 19 y 20), empleando el método descrito por la AOAC 932.14 C/2015 refractometría.

Estos equipos permiten determinar con exactitud el extracto total que se ofrece en grados Brix (°Bx).

°Brix = Porcentaje de azúcar presente en una solución. También representa la relación entre masa del azúcar y el volumen de la solución (g/ml) (Kg/L).

Figura 19. Equipo refractómetro MIWOUKEE



Figura 20. Equipo Refractómetro MIWOUKEE



Determinación de la densidad relativa

La densidad relativa es una propiedad básica de cualquier líquido, que se define como la masa por unidad de volumen, es importante tener en cuenta que los líquidos varían su volumen con la temperatura, la densidad relativa también sufre esta variación, por eso la determinación debe realizarse a temperatura controlada y conocida.

Se determinó con un picnómetro de marca Schot Duran de 7 ml aproximadamente, una balanza Marca Boeco Germany max 220g d=01mg BAS 31 PLUS (figura 21). Las muestras se hicieron por triplicado.

La densidad relativa se analizó mediante el método AOAC 962.37 detallado en la NTE INEN 1632 de 2012 que se basa en la determinación del peso del agua y de la muestra de un volumen constante, manteniendo el picnómetro en un baño térmico a 20°C.

Figura 21. Densidad relativa por el método del picnómetro



Parámetro de color

Empleando los parámetros de color del Comité Internacional de la Iluminación (CIE y en sus siglas en inglés CIElab), se determinaron los valores de a^* , b^* y L^* , para los cuales a^* representa los colores de enrojecimiento y reverdecimiento, sus valores son entre -60 a 60+, siendo los positivos tonalidades del color rojo y negativos verdes; L^* representa la luminosidad del color, el cual se halla en una escala de 0 a 100, 0 es negro absoluto y 100 blanco absoluto; b^* representa los colores de amarillento y azulados en unos valores de -60 a 100, los negativos representan las tonalidades de azul y los colores amarillos en el rango de los

positivos (Alzate Tamayo et al., 2016), con equipo SMARTPROBE 400 IMS inc, de acuerdo con la figura 22. Con área de medición de 0,95 cm² iluminación de tungsteno, detector de 6 fotocélulas de silicio con rango de medición L* 20-100, calibrado con patrón referencia blanco L 98.6, a* 0,2 y b* 1,4; siguiendo el protocolo interno LIPFA-F-08-2016 de la Universidad del Tolima (UT), también se emplearon los parámetros de ángulo de tono (h_{ab}) y croma-saturación (C_{a*b}) que permiten evaluar las diferencias con respecto al matiz de tonalidades grises, los parámetros de color Croma (C_{a*b}) y Tono (h_{ab}) son expresados bajo la Ec.(2) y Ec. (3) respectivamente; se midió por triplicado en cada unidad experimental.

$$C^* = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ec. (2)}$$

$$h = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad \text{Ec. (3)}$$

Figura 22. Colorímetro Smart Probe 400



Actividad acuosa (Aw)

La actividad de agua se define como la relación que existe entre la presión de vapor de un alimento dado en relación con la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. Se denomina por regla general como a_w del inglés *water activity*. La actividad acuosa es un parámetro estrechamente ligado a la humedad del alimento lo que permite determinar su capacidad de conservación y de propagación microbiana, entre otros. La actividad acuosa de un alimento se puede reducir aumentando la concentración de solutos en la fase acuosa de los alimentos mediante la extracción del agua (lío-filización) o mediante la adición de nuevos solutos. La actividad acuosa junto con la temperatura, el pH y el oxígeno son los factores que más influyen en la estabilidad de los productos alimenticios (Ramírez-Miranda et al., 2014).

Se habla de una disolución acuosa siempre que el disolvente (o el disolvente mayoritario, en el caso de una mezcla de disolventes) es agua. Esta, como disolvente, es muy polar y forma puentes de hidrógeno muy fuertes.

La actividad de agua es uno de los factores intrínsecos que posibilitan o dificultan el crecimiento microbiano en los alimentos. Por ello, la medición de la actividad de agua es importante para controlar dicho crecimiento (Novasina, s.f.)

El equipo que se utilizó para determinar la actividad de agua en la fracción de la pulpa de la gulupa es un Aw Sprint de marca Novasina, modelo TH-500 (figura 23). Consta de una celda, que tiene un sensor por medio del cual mide la humedad relativa del alimento, funciona entre 0°C a 50°C. Se coloca una muestra del producto obtenido en la celda y se efectúa la lectura a 25°C, ya que es la temperatura a la que comúnmente están reportados los datos en la bibliografía, empleando el método descrito por la AOAC 978.18 M, 1996.

Las reacciones que deterioran los alimentos están determinadas por la actividad de agua. El crecimiento de microorganismos es posible inhibirlo con valores por debajo de 0.6 de actividad de agua. En cuanto al oscurecimiento no enzimático, valores de entre 0.4 y 0.65 disminuyen las velocidades de reacción. Al igual que en los análisis de humedad y color, es necesario hacer la medición a tres réplicas (Ocampo & Wyckhuys, 2012).

Figura 23. Equipo Aw Sprint- Novasina Th-500



Cenizas

La técnica que se utilizó para determinar cenizas en la fracción de la pulpa de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) es cenizas en seco, se utilizó una mufla para eliminar todo el material inorgánico presente en la muestra. La ceniza remanente es el residuo inorgánico y la medición de la ceniza total es útil en el análisis de alimentos, ya que se pueden determinar diversos minerales contenidos en la muestra empleando el método descrito por la AOAC 923.03/2015 gravimetría. Algunos errores y dificultades involucrados en la determinación de cenizas en seco son: la pérdida de ceniza debido al cambio gradual en las sales minerales con el calor, como el cambio de carbonatos a óxidos; adhesión con las muestras con un contenido alto de azúcares, lo cual puede ocasionar pérdida de la muestra y fusión del carbón con partes oxidadas atrapadas de la muestra.

Para la determinación de cenizas, se utilizó una mufla Marca Pselecta número 131695 con temperatura de 550°C a 700°C por 6 horas, como lo evidencia la figura 24. Las muestras se hicieron por triplicado.

Figura 24. Mufla Pselecta



Minerales

La técnica que se utilizó para determinar minerales en el porcentaje de cenizas obtenido de la fracción de la pulpa de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) es la digestión de estas en una solución de ácido HNO_3 y HCl al 5% en una relación 1 a 1, aforando a 50 ml cada muestra, tanto del cultivo n.º 1 (lote 2) y cultivo n.º 2 (lote 3). El método utilizado para determinar los minerales de magnesio y zinc es AOAC 968.08 y para potasio y sodio AOAC 985.35.

Figura 25. Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS)



En la figura 25 se muestra el equipo que determinó la medición de minerales, es un Espectrofotómetro de absorción atómica (AAS), de marca THERMO SCIENTIFIC ICE3000 SERIES. Consta de un horno de grafito, compartimiento de llama con control automático y configuración a través del *software*, que cuenta con un sensor por medio del cual mide elementos en partes por mil millones de concentraciones con volúmenes de muestra increíblemente bajos. Se coloca una muestra del producto obtenido en la celda dentro del equipo, se efectúa el corrido de la muestra hasta obtener la lectura. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (por ejemplo, la peroxidación lipídica). En las fuentes dietarias, la presencia de antioxidantes depende, entre otros factores, de la parte del alimento en cuestión. Por ejemplo, los monofenoles totales (tocoferoles, principalmente) tienden a ser más abundantes en semillas donde hay grandes cantidades de grasas; por su parte, los monoterpenos aromáticos son los principales componentes de las fracciones volátiles, mientras que los polifenoles, con mayor polaridad, están presentes en frutas y constituyen una de las principales fuentes de antioxidantes dietarios (Londoño, 2012).

Preparación de la muestra

Para determinación de actividad antioxidante en la fracción de la pulpa de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*), se tomaron 10 ml de las muestras y se realizó centrifugación en equipo DYNAC™ 297c a >2500 r.p.m. sin sobrepasar los 3000 rpm, se tomó una alícuota de las muestras y se filtraron en una membrana de diámetro 32 mm con una porosidad de 0.45 μm Supor® membranante non-Pyrogen, como se evidencia en la figura 26, esto para remover partículas coloidales en suspensión que puedan interferir en los resultados de los análisis.

Figura 26. Preparación de la muestra



Fenoles totales (método de Folin-Ciocalteu)

El reactivo Folin-Ciocalteu se prepara según se expone a continuación: disolver 100 g de tungstato sódico ($\text{Na}_2\text{WO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y 25 g de molibdato sódico ($\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) en 700 mL de agua destilada. Añadir 50 mL de ácido fosfórico al 85% ($\rho_{20} = 1,71 \text{ g/mL}$) y 100 mL de ácido clorhídrico concentrado ($\rho_{20} = 1,19 \text{ g/mL}$). Hervir a reflujo durante 10 horas. Después, añadir 150 g de sulfato de litio ($\text{Li}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) y algunas gotas de bromo y volver a hervir durante 15 minutos. Dejar enfriar y enrasar hasta 1 L con agua destilada.

Para la determinación de actividad antioxidante por el método de Folin-Ciocalteu en una fracción de la pulpa de gulupa, se tomó 180 μL de H_2O destilada ultra pura esterilizada; 20 μL de la muestra; 800 μL de Na_2CO_3 7,5 %; 1000 μL de Folin-Ciocalteu

1:10 preparado el mismo día; se homogeniza y se deja por espacio de 30 minutos para el desarrollo del color, como se muestra en la figura 33, se preparó un blanco con 200 μL de agua destilada ultra pura esterilizada, se dejó en reposo por 60 minutos a temperatura ambiente sin presencia de algún tipo de luz, se transfirió la muestra a una celda de cuarzo y se procedió a realiza lectura de absorbancia, los resultados fueron expresados en mg ácido gálico/100 muestra, por medio del equipo Espectrofotómetro UV, marca GENESYS 10S UV - Vis. Las muestras se realizaron por triplicado.

Figura 27. *Reacción muestra método Folin-Ciocalteu*



Flavonoides

El contenido de flavonoides se determinó con el principio del método colorimétrico con tricloruro de aluminio (AlCl_3), en el cual se adicionaron 1000 μL de la muestra, 50 μL de AlCl_3 al 2% y 200 μL de etanol al 96%, empleando un blanco con 1200 μL de etanol absoluto y 50 μL de AlCl_3 , las muestras fueron encubadas por 40 minutos con limitación total de la luz a una temperatura ambiente, se transfirió a un celda de cuarzo y se procedió a lectura de absorbancia con una longitud de onda de 415 nm en equipo Espectrofotómetro UV, marca GENESYS 10S UV – Vis, los resultados se expresaron en mg de quercetina /100 g de muestra. Las muestras se realizaron por triplicado (figura 28).

Figura 28. *Determinación de flavonoides*



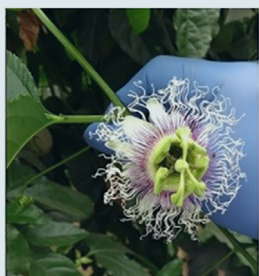
Método FRAP

El poder reductor de las muestras fue medido por la reducción del complejo férrico-co-2,4,6, tripiridil-s-triazina (TPTZ), se midió el hierro férrico reducido (Fe_3^+ TPTZ) a la forma compleja coloreada (Fe_2^+ TPTZ) a un pH bajo, por la capacidad antioxidante de la muestra y que absorbe a una longitud de onda a 593 nm, se realizó el ensayo con soluciones de tampón de acetato 300 mM a pH 3.6, cloruro de hierro sexta hidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 20 mM de color amarillo o amarillo anaranjado, solución de HCl 40 mM usando como solvente TPTZ 10 mM, solución de Trolox 500 μM como patrón de referencia; el reactivo de FRAP se preparó con la adición 10:1:1, tampón acetato, solución TPTZ y cloruro de hierro sexta hidratado ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) respectivamente, las soluciones y reactivos se prepararon el mismo día; se tomaron 50 μL de muestra y se le adicionaron 950 μL del reactivo de FRAP, se homogenizó y se colocó a baño de María a 37°C protegido de la luz por 20 minutos como lo evidencia la figura 29, para el blanco se empleó agua destilada ultrapura esterilizada. Se trasvasaron a una celda de cuarzo con un campo óptico de 1 cm y se procedió a realizar la lectura de absorbancia, por medio del equipo Espectrofotómetro UV, marca GENESYS 10S UV - Vis. Las muestras se realizaron por triplicado, los resultados fueron expresados en mg Trolox / 100 g muestra.

Figura 29. Muestras baño de María – FRAP

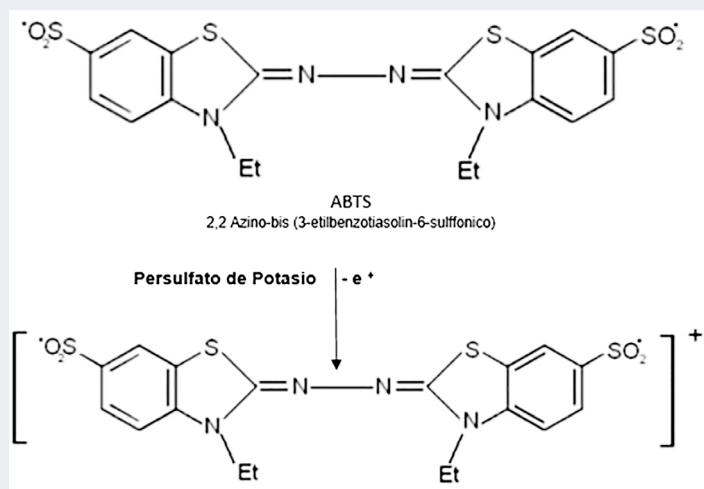
Método ABTS (azinobis 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico)

Para la preparación del radical ABTS •+ se pesó 0,096 g de ABTS ((2,2'azino-bis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfónico)), se disuelve en 10 mL de agua ultrapura. Posteriormente, se pesó 0,0140 g de persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$), se disolvió en 10 mL de agua ultra pura, se mezclaron los dos volúmenes y completaron a 25 mL. Se dejó en agitación constante envuelto en papel aluminio protegido de la luz por 16 horas. Para realizar la prueba, la solución del radical ABTS •+ se diluyó en etanol absoluto y corroboraron que las absorbancias leídas a 750 nm estuvieron entre 0,7000 A - 0,7500 A, los resultados fueron expresados en mg equivalente de Trolox / 100 g de muestra (figuras 30 y 31).



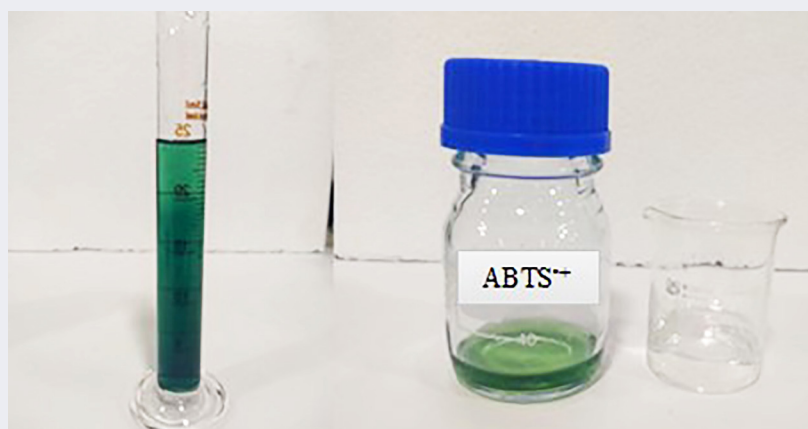
Passiflora edulis Sims
var edulis se originó por
efecto de una mutación
del maracuyá amarillo.

Figura 30. Reacción química de la formación del radical ABTS

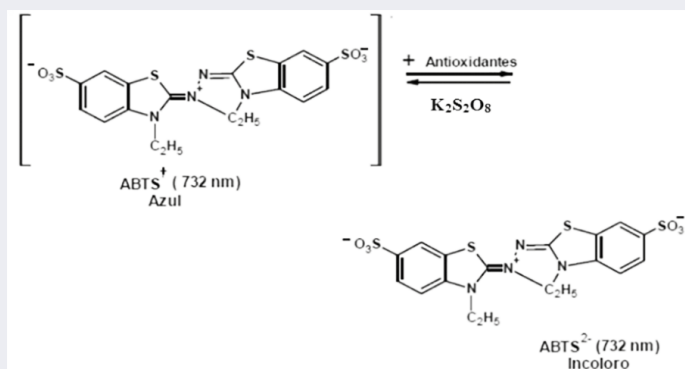


Nota. Tomado de “Características antioxidantes de propóleos de diferentes orígenes geográficos” por A. Sánchez, 2018.

Figura 31. Preparación del reactivo ABTS^{•+}



La metodología empleada es 950 μL de ABTS^{•+} con soluciones periódicas de 50 μL de muestra y agua destilada ultra pura esterilizada, realizando cambios en la disminución de la muestra e incremento del agua, 6 veces, siendo uno de ellos carente de la muestra como blanco; para un volumen final de 1000 μL . se incubaron por 8 minutos sin presencia de luz (figura 32) y se trasvasaron a una celda de cuarzo con un campo óptico de 1 cm y se procede a la lectura de absorbancia, los resultados fueron expresados en mg equivalente de Trolox / 100 g de muestra.

Figura 32. Estructura del ABTS⁺ antes y después de la reacción con el antioxidante

Nota. Tomado de “Características antioxidantes de propóleos de diferentes orígenes geográficos” por A. Sánchez, 2018.

La capacidad antioxidante se calcula como el porcentaje de captación ABTS⁺, según la fórmula descrita en la ecuación 4:

$$\% \text{ Inhibición ABTS}^+ = \left(\frac{Abs_{control} - Abs_{muestra}}{Abs_{control}} \right) * 100 \quad \text{Ec. (4)}$$

$Abs_{control}$ = absorbancia de la mezcla tras realizar el ensayo

$Abs_{muestra}$ = absorbancia del ABTS⁺

Figura 33. Espectrofotómetro UV Genesys

El equipo que se utilizó para la medición de antioxidantes por el método ABTS es un Espectrofotómetro UV, marca GENESYS 10S UV – Vis (figura 33). Utiliza una lámpara de xenón de alta intensidad y una geometría óptica de doble haz que permiten obtener una cantidad de datos precisos. Consta de una honda de luz con control automático y configuración a través del *software*, tiene un sensor por medio del cual mide datos de UV hasta casi IR, aumento de la velocidad de procesamiento de cubetas con cambiado de seis (6) cubetas integrado. Se coloca un blanco y el resto del producto obtenido en las demás cubetas y se realiza la corrida, se toman las lecturas arrojadas por el equipo. Las muestras se realizaron por triplicado.

DESARROLLO DE UNA CONFITURA COMO SUBPRODUCTO DE LA GULUPA

Para el desarrollo de la mermelada se realizó una formulación inicial para la determinación de parámetros cambiantes con respecto a texturas y sabor. Con el objetivo de conocer la cantidad de fruta, miel y azúcar, entre otros ingredientes, se realizó una homogeneización de los zumos de muestras en los dos cultivos.

Formulación

Se inicia con una formulación inicial con base en las teorías revisadas (CODEX STAN, 296-2009; López Velázquez, 2012; Ronquillo Téllez et al., 2016), se efectúa la valoración de los edulcorantes para lo cual se tomaron las relaciones de concentración de miel de abeja y zumo de fruta con la adición de azúcar descritas en la tabla 10.

Tabla 10. Concentraciones de pulpa de fruta con miel y azúcar

Mermelada	Pulpa de gulupa	Miel	Azúcar	Pectina	Conservante
	%	%	%	%	%
A	70	30	0	0,75	0,05
B	70	20	10	0,75	0,05
C	60	20	20	0,75	0,05

Se estableció un mínimo y máximo de aceptación de las cinco mermeladas, se realizó un diseño factorial completo 2x2x2 para encontrar la concentración ideal para una mermelada de producción.



La pectina empleada es comercial de alto metoxilo y los edulcorantes empleados fueron: azúcar adquirida en el mercado local y miel de acacia proveniente del apículo APIFARMA lote PN190218.

Elaboración de mermelada

En el desarrollo de la confitura todos los equipos e implementos fueron esterilizados con una solución de hipoclorito de sodio al 0,5%.

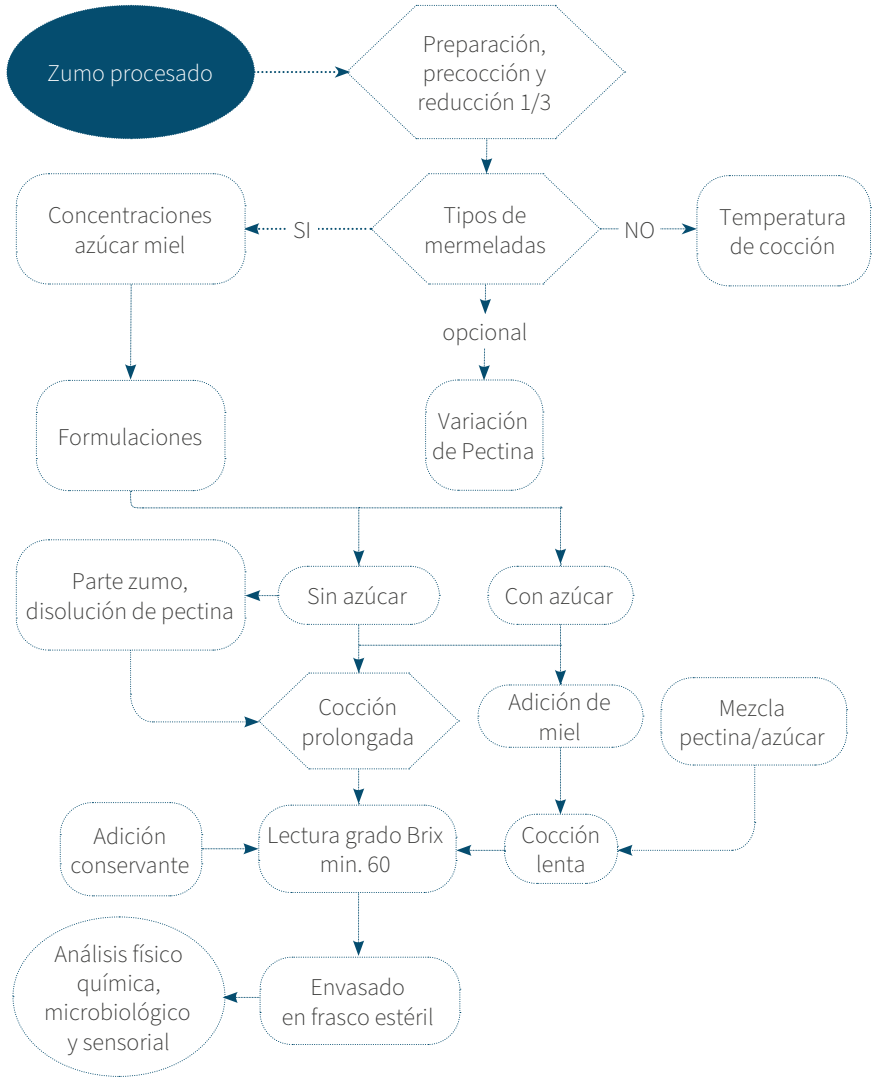
Se puso en una olla el zumo de gulupa, el cual se somete a calentamiento a fuego medio hasta la reducción de una tercera parte de la pulpa, para los tipos de mermeladas, las adiciones de los demás ingredientes varían, alcanzada la reducción se adiciona el azúcar en una parte, se deja en cocción hasta hervor, con agitación constante se adicionó la otra parte del azúcar en una mezcla heterogénea con la pectina, ya que esto evitó la formación de grumos, se dejó en hervor hasta alcanzar los 60°Brix y se adicionó el conservante disuelto en un poco de agua, se dejó en fuego muy bajo hasta reducción de la temperatura para la adición de miel, estando caliente se hizo el envasado, ya que estos niveles de temperatura favorecen la fluidez de la mezcla y un sellado al vacío en frascos de vidrio con tapa de cierre hermético esterilizados por cocción y un envasado al ras.



Mermelada

Se puso en una olla el zumo de gulupa, el cual se somete a calentamiento a fuego medio hasta la reducción de una tercera parte de la pulpa,

Figura 34. *Flujo en el proceso de elaboración de mermeladas*



Parámetros fisicoquímicos

Se realizaron parámetros fisicoquímicos similares a la caracterización fisicoquímica de la pulpa de gulupa en actividad de agua, pH y Cromaticidad CIElab, con cambios en los siguientes parámetros para la confitura.

Sólidos Solubles Totales (° Brix)

Se realizó una solución al 10% P/V y se realizó lectura en equipo refractómetro de mesa marca Hanna HI 96801 (Figura 29).

Se determinaron los Brix Reales:

$$X_{real} = \frac{\left((p * X_w + P_w) * \frac{Brix}{100} \right) 100}{p \left(1 - \frac{Brix}{100} \right)} \quad \text{Ec. 5}$$

Donde p es el peso de la muestra, p_w Peso del agua en la solución, X_w humedad de la muestra, FD factor de disolución.

Evaluación microbiológica

La determinación de moho y levaduras se realizó por recuento de colonias en placas de diámetro 10 mm para las formulaciones a 5 días de incubación, se empleó agar PDA y se implementó la técnica de siembra superficial por triplicado en dilución 10^{-1} y 10^{-2} de solución amortiguadora de fosfato pH 7,2 estéril.

Evaluación sensorial

Se empleó un panel hedónico con seis panelistas entrenados y un escalár bipolar de nueve puntos; a los panelistas se les dio de comer galletas de soda sin sal y agua antes de cada prueba, y se realizó una presentación de los productos y una introducción al análisis sensorial de alimentos. Se evaluaron las muestras de mermeladas de las diferentes concentraciones de fruta, miel y azúcar, el escalár de nueve puntos consta de la puntuación más alta para extremadamente se percibe y la más baja para no se percibe, empleando un formato de trabajo estructurado a la necesidad del producto y el catador.

Análisis estadístico

Los resultados son expresados como la media aritmética de los valores \pm error estándar de la media. La evaluación se realizó haciendo uso del paquete estadístico Statgraphics Centurión XVI (Versión 16.1.02). Se realizaron pruebas estadísticas descriptivas y de análisis multivariado. El nivel de significancia estadística fue determinado mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, seguido por una prueba de Tukey que permite obtener diferencias significativas entre los grupos, se consideró que la diferencia entre los grupos analizados fue significativa cuando $p < 0.05$ (95% de confianza).

RESULTADOS

ZONA DE ESTUDIO

Las muestras fueron obtenidas de la finca La Florida, ubicada en zona rural, vereda La Leona del corregimiento de Anaime, Cajamarca, Tolima, la cual posee diferentes parcelaciones con diversidad de cultivos y se hallaban dos parcelas con cultivos de gulupa ubicados geográficamente con el equipo Garmin GPSmap 62sc.

Suelo

Presenta texturas arenosas, es apto para el desarrollo y crecimiento del sistema radicular, el rango de potencial de hidrógeno (pH) oscila entre 6,5 a 7,5 bajo unas buenas condiciones de drenaje; cuenta con alto contenido de materia orgánica y mínima presencia de sales (Jiménez, 2006), como se puede observar en la figura 35.

Figura 35. *Suelos finca La Florida*



Para el estudio realizado, el suelo de la finca La Florida, ubicada en la región de Anaimé, cumple con las características encontradas en artículos de investigación, lo cual permite el buen crecimiento y desarrollo de la planta, los dos cultivos (lote 2 y lote 3) de esta especie tienen buen drenaje por encontrarse en pendiente sobre la cordillera.

Temperatura

De acuerdo con investigaciones realizadas por Angulo (2009), la temperatura óptima para la gulupa está entre 10°C a 18°C. Se considera que a menor temperatura se afecta el crecimiento vegetativo y la producción, y a temperaturas altas disminuye la producción de flores o no se presenta la etapa reproductiva (Nakasone y Paull, 1998). La gulupa es altamente sensible a las heladas, por esta razón es mejor evitar aquellas zonas donde ocurren (Guerrero et al., 2014). En Colombia las temperaturas óptimas para el cultivo de la gulupa se encuentran entre 15°C a 20°C (Jiménez, 2006).

La temperatura que se presenta en la zona de estudio oscila entre los 15°C y los 23°C, como lo evidencia la figura 36, lo cual favorece el crecimiento vegetativo y la producción de frutos de excelente calidad.

Figura 36. Temperatura registrada en la zona de cultivo



Altitud

En Colombia la producción de la gulupa está en una altitud entre 1400 msnm y los 2200 msnm. A una altura mayor su producción dará inicio al año y al año y medio, circunstancia que afecta el tamaño de la fruta (Guevara, 2006), el rango altitudinal óptimo se ubica entre los 1800 y 2200 msnm, como se muestra en la figura 37. Observaciones de campo muestran que a menor altura las plantas empiezan su etapa productiva más temprano y los problemas fitosanitarios se incrementan (Miranda et al., 2009; Guerrero et al., 2014).

El cultivo 1 (lote 2) y cultivo 2 (lote 3) de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) se encuentran a una altitud de 2031 msnm y 2050 msnm respectivamente, en concordancia con lo investigado en artículos de referencia de acuerdo con Angulo, 2009.

Figura 37. Registro fotográfico altitud zona de estudio



Humedad relativa

La humedad relativa (HR) debe encontrarse entre 60 y 70 %, (Angulo, 2009). Estudios realizados evidencian que humedades relativas superiores a este rango son consideradas de alto riesgo para la producción de la gulupa debido al aumento de la incidencia y severidad de enfermedades fitosanitarias como roña, bacteriosis y fusariosis y un alto índice de abortos florales por la persistencia de restos que se pudren en conjunto con el ovario fecundado. No obstante, si se tienen óptimas condiciones de los demás factores ambientales, se puede intentar manejar las condiciones de HR dentro del cultivo, realizando algunas labores culturales como podas, peine o arreglo de ramas, diseño del tutorado, manejo de malezas, amplias distancias de siembra y orientación de los surcos para mejorar la circulación de aire, además de siembra en suelos inclinados (Guerrero et al., 2014).

Fischer (2000) menciona que cuando se presentan periodos prolongados de humedad relativa (HR) alta, se recomienda realizar la siembra de las plantas teniendo presente la distancia entre una y otra, esto garantiza la aireación de la parte alta de la planta y que queden libres las ramas. Cuando existe una disminución en la humedad relativa (HR) muy baja (<40^a %) con presencia de vientos cálidos, en ocasiones causa marchitamiento de las flores, deshidratación y cese de la fotosíntesis por cierre de las estomas; lo que a su vez produce en algunos casos la muerte de los brotes tiernos.

Para la mayoría de los frutales, una HR entre 65 % y 75 % es la más adecuada. Sin embargo, diferentes estudios advierten que una HR muy alta aumenta la susceptibilidad a enfermedades florales y de frutos (Angulo, 2009). Sanabria (2010) reporta que diferentes autores recomiendan una humedad relativa de 85 % para la especie *Passiflora Ligularis* (Granadilla), otros sugieren un 75 % y Angulo (2009) entre 70 % y 75 %; sin embargo, para el cultivo de la especie, se reporta una HR entre 75 % y 80 %.

La zona de cultivo de esta especie presenta humedad relativa (HR) entre lo 55 % y 70 %, como lo evidencia la figura 38. Estas condiciones se dan por la orientación de los surcos que permiten la circulación de aire, además de la siembra en suelos inclinados.

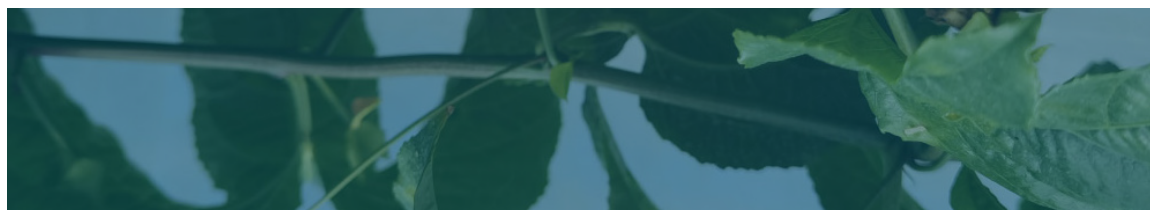
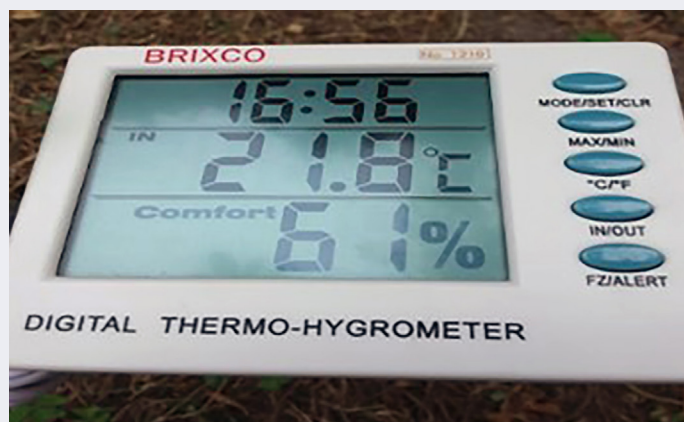


Figura 38. Equipo de registro de humedad relativa en la zona de estudio



Precipitación

Angulo (2009) reporta datos entre 2000 a 2500 mm de lluvia al año. Esta se encuentra distribuida en el tiempo, lo que favorece a la especie *Passiflora edulis* Sims var. *edulis* para su debido desarrollo, puesto que requiere una humedad óptima en el suelo para su primera etapa de crecimiento y también en el periodo de llenado del fruto, lo cual asegura un buen tamaño y calidad. La gulupa requiere un período de poca precipitación (época seca) para que luego, al inicio de la época de lluvias, se dé la floración. Por otro lado, se ha observado que el exceso de humedad en el suelo causa estrés por inundación o anoxia, lo que lleva a la mortalidad de las plantas, por lo que se sugiere sembrar en ladera con suelos bien aireados. Actualmente, en zonas donde la precipitación es excesiva, los agricultores han optado por utilizar coberturas plásticas a cada surco, con el fin de evitar que el follaje se moje y se aumente la caída de flores y la incidencia y severidad de problemas fitosanitarios (Guerrero et al., 2014).

En las especies frutícolas como la gulupa en las que la floración y fructificación se presenta todo el año, la precipitación debe estar bien distribuida en todos los meses, especialmente donde no hay facilidad para suministrar riego adicional. Cuando falta el agua en fases críticas como brotación de yemas florales, fecundación, cuajado y llenado, los frutos quedan pequeños o se caen. Durante el periodo de floración la lluvia debe ser mínima, ya que cuando el polen se moja, se revienta y pierde su función, además se presenta caída de flores, (Rivera et al., 2002), las precipitaciones van de 1500 a 2500 mm (Jiménez, 2006).

La región de Anaime, municipio de Cajamarca, departamento del Tolima, cuenta con estudios sobre el clima y sus variaciones durante el año, ver anexo B.

El mes más seco es enero con 86 mm de precipitación, mientras que la caída media se presenta en mayo con 214 mm, siendo este el de mayores precipitaciones del año. Marzo es el mes más cálido con una temperatura promedio de 18.8°C y el mes más frío del año es noviembre con una temperatura promedio de 17.9°C. (Climate Data, s.f.)

La precipitación varía en 128 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. Las temperaturas medias varían durante el año en un 0.9°C.

Radiación solar

Está comprobado que la radiación solar incide directamente sobre la producción de la gulupa, pues esta requiere de luz **del sol** directa; por lo general, las plantas que crecen bajo sombra no producen frutos y en cambio se origina gran cantidad de follaje. En la planta se encuentran ramas situadas en el centro o cubiertas por otras, **por** lo cual desarrollan entrenudos muy largos y diámetro delgado y no producen frutos por la falta de luz, lo cual hace que se estimule la producción de yemas reproductivas. Por esta razón, se recomienda realizar podas permanentes y peinar las ramas para que puedan recibir radiación solar y estimular la producción (Guerrero et al., 2014).

Los cultivos objeto de estudio cuentan con amplitud entre los surcos y los tallos de cada planta **se encuentran** a una distancia determinada, que permite la luz solar directa sobre las ramas, lo cual genera la estimulación y la producción de yemas reproductivas durante el tiempo de producción, como lo ilustra la figura 39.



**La producción de la
gulupa, requiere de luz
del sol directa.**

Figura 39. Radiación solar del área cultivada en la zona de estudio



Viento

Cuando hay presencia de viento, este genera roces entre los frutos con las ramas o elementos presentes en el tutorado, el cual está compuesto por alambre y poste, por lo que se presentan ralladuras o cicatrices sobre la epidermis del fruto y se afecta directamente la calidad para tipo exportación. Sin embargo, un aspecto positivo es que el viento contribuye a disminuir la HR y con esto previene el ataque por problemas fitosanitarios (Guerrero et al., 2014).

Los cultivos de gulupa en la zona de estudio se encuentran bajo invernadero como lo ilustra la figura 40, lo cual permite su protección de ráfagas de vientos, con el fin de evitar que el follaje se desplome, se aumente la caída de flores y los roces entre frutos.

Figura 40. Cobertura del cultivo de gulupa



CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LOS FRUTOS DE GULUPA

Los cultivos de gulupa en la zona de estudio se encuentran organizados por surcos, la distancia entre cada uno es aproximadamente de 1.30 a 2 m, la altura de la planta está entre 1.80 m y 2.25 m, la distancia que hay entre planta y planta es de 1.90 m y 3.80 m, el soporte de la planta está dado por un sistema de tutorado que consiste en una estructura en forma de espaldera sencilla, donde se colocan en línea recta postes entre 10 y 12 cm de diámetro y de 3.5 m de largo, enterrados a un metro de profundidad, separados entre sí, aproximadamente 7 m y 2,5 m entre hileras ubicadas en la dirección del viento, a este arreglo de postes se colocan de 2 a 3 líneas de alambre galvanizado a lo largo de las hileras, de tal manera que a medida que va creciendo la planta se ayuda a guiar para que alcance el alambre, el cual le da un buen soporte y favorece que permanezca en pie hasta el final de su producción. Dadas las características trepadoras de la planta es necesario instalar este sistema de soporte para que le permita su normal desarrollo. Para montar este sistema de tutorado, el agricultor tomó los lineamientos dados por el manual que realizó la Cámara de Comercio de Bogotá sobre la gulupa (2015), como lo evidencia la figura 41.

Figura 41. Sistema de tutorado de la gulupa



Figura 42. Fruto colectado en la finca La Florida



Los valores reportados por Pinzón et al. (2007) para los frutos de gulupa obtenidos del municipio de Venecia, departamento de Cundinamarca, a una altitud de 1900 msnm y temperatura promedio 18°C, presentaron un diámetro ecuatorial de 56 mm y una medida longitudinal de 50 mm, valores que disminuyen a través del proceso de maduración, lo cual difiere con los resultados obtenidos en esta investigación en la que el diámetro polar (longitudinal) siempre presentó valores superiores a los del diámetro ecuatorial. Para estudios realizados por Franco (2013) sobre los frutos de gulupa colectados en el municipio de Rionegro, departamento de Antioquia, a una altitud de 2090 msnm y temperatura promedio de 17°C, se reportó un diámetro polar (longitudinal) de 57 mm y uno ecuatorial de 53 mm, datos que coinciden con este estudio frente a los valores superiores en el diámetro polar (longitudinal) y el ecuatorial.

Los resultados obtenidos difieren de lo notado en la investigación reportada por Pinzón et al. (2007), debido a que los frutos colectados en la región de Anaimé, a una

altitud de 2030 msnm y temperatura promedio de 22°C (figura 38), corresponden a bayas de forma globosa u ovoide con una longitud ecuatorial de aproximadamente 56 mm y una medida longitudinal (polar) de 60 mm, la base y el apice son redondeados, la corteza es de consistencia dura, lisa y cerosa, el pericarpio es grueso, contiene semillas, cada una rodeada de una membrana mucilaginosa como lo evidencia la figura 42. Teniendo en cuenta estos valores dados en los diferentes estudios, se puede decir que se presentan diferencias entre cada uno de ellos por las características del material genético empleado en cada investigación.

Peso

Los valores reportados para el peso por Pinzón et al. (2007), en el municipio de Venecia, departamento de Cundinamarca, fueron de 55,8 g. Por otro lado, Ocampo y Wyckhuys (2012), en su proyecto de investigación, reportan una variación en el peso del fruto entre 40 g y 76 g, presenta en su interior un promedio de 135 a 243 semillas recubiertas por un mucilago o arilo de color amarillo, lo que concuerda con lo notado en esta investigación donde el peso del fruto varía entre 47 a 62 g y presenta un promedio de 180 a 250 semillas en su interior.

CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LOS FRUTOS

Olor

Posee un olor fuerte y agradable, es aromático con buenas cualidades organolépticas y exóticas.

Color

Los frutos colectados están dentro de una fase de maduración de 4 a 5, el fruto intensifica su color púrpura con lo cual inicia su estado final de maduración, como se ilustra en la figura 43.

La transformación más importante es la degradación del color verde, la cual está asociada con la síntesis o desenmascaramiento de pigmentos cuyos colores oscilan entre el amarillo (carotenoides) y el rojo-morado (antocianinas) (Pinzón et al., 2007).

La figura 43 ilustra la degradación de la clorofila desde el estado 0 al 6, ya que el fruto cambia de color verde a púrpura. También se puede observar la predominancia de algunos colores que se refleja en la frecuencia de estos en correlación con los diferentes estados. Así, en el estado 0 es el verde medio; en el 1, el verde medio y púrpura; en el 2, el verde y púrpura medios, no traslúcido; en el 3, el verde medio, púrpura medio intenso; en el 4, el púrpura claro traslucido, verde medio; en el 5, el púrpura rojizo oscuro; y en el 6, el púrpura muy oscuro, intenso (brillo) de mayor ocurrencia en la maduración del fruto de la gulupa (Shiomi et al., 1996; Pinzón et al., 2007).

Figura 43. Fruto en estado de madurez



Nota. Tomado de Orjuela et al.,2011

Tabla 11. Determinación de los estados de madurez de la gulupa según el color de la cáscara

ESTADO	DENOMINACIÓN POR COLOR	PORCENTAJE DE COLOR
0	Verde	100% Verde
1	Verde y púrpura	90 % verde 10 % púrpura (traslucida)
2	Verde púrpura	70-80 % Verde; 20-30 % púrpura
3	Verde púrpura	40-50 % verde; 40-50 % púrpura
4	Fruto más púrpura que verde	85-95 % púrpura; 5-15 % verde
5	Púrpura	100 % púrpura
6	Púrpura (Sobremaduro)	100 % púrpura muy oscuro, presencia de brillo y a veces arrugas

Nota. Tomado de “Determinación de los estados de madurez de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims)” por I. Pinzón, G. Fischer y G. Corredor, 2007, *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95.

Sabor

El sabor es único, dulce y ligeramente ácido, lo cual lo hace muy agradable, agri dulce y refrescante; el sabor del jugo es similar al del maracuyá, por su acidez, que lo hace más apetecido para el consumo como fruta fresca.

La fruta, al presentar un alto grado de madurez, pierde sus características organolépticas, además exhibe rápidamente su deshidratación, la cual lleva al arrugamiento de la cáscara y pérdida de masa, lo que deprecia su apariencia externa y reduce la vida útil para su comercialización. Por tal razón, todo proceso de senescencia, natural o inducido por enfermedades o daños fisiológicos durante la poscosecha, lleva a la pérdida de la calidad del fruto. La maduración implica también cambios en las características sensoriales de la pulpa de gulupa, la cual se vuelve más dulce, menos ácida y más aromática con la maduración (Melgarejo y Hernández, 2011).

OBTENCIÓN DE LA FRACCIÓN DE LA PULPA

Se realizó por prensado, separando las semillas del mucilago, se obtuvieron aproximadamente 150 a 170 ml de fracción de la pulpa de gulupa, cada 10 especímenes corresponden a la muestra número 1 y así sucesivamente hasta obtener la muestra número 10. Esto para ambos cultivos.

Acabado el proceso, se procede a envasar la fracción de la pulpa obtenida del fruto en frascos de vidrio tapa azul (SCHOT DURAN) de 100 ml aproximadamente, debidamente esterilizados y rotulados con la identificación de la muestra y la fecha de proceso.

Se refrigera a una temperatura aproximada de $4\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $10\pm 2^{\circ}\text{C}$ en un cuarto limpio, desinfectado y utilizado exclusivamente para el almacenamiento de fruta (nevera). Este procedimiento se realiza para cada una de las muestras (10). En este proceso obtenemos 10 muestras y contramuestras listas para realizar sus respectivos análisis.

ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS OBTENIDOS

Para efectos de resultados físicoquímicos la definición de lote 2 y lote 3 será cambiado por cultivo 1 y cultivo 2 respectivamente.

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS

Humedad y Actividad Acuosa (*Aw*)

El contenido de humedad para las muestras del cultivo 1 presentan un valor promedio de $79,6 \pm 0,91$ y para el cultivo 2 un valor promedio de $79,1 \pm 0,61$ de humedad contenida, valores que se le atribuyen al poco tejido parenquimático característico de las bayas colectadas.

Resultados que se encuentran por debajo de lo reportado por Granados et al. (2017) para gulupa cultivada en el departamento de Norte de Santander, Colombia, en donde la humedad tiene un valor de $81,66 \pm 0,25\%$ y que superan los resultados de Serpa et al. (2015) cuyo valor es de $73,7 \pm 1,55\%$.

La actividad acuosa (a_w) en las muestras del cultivo 1 reportan un valor promedio de $0,97 \pm 0,01$ y para el cultivo 2 un valor promedio de $0,99 \pm 0,00$ de a_w contenida.

Debido a la alta actividad de agua presente en la pulpa de gulupa, se muestra que en el estado fresco los niveles superiores a $0,99\%$ originan una alta actividad química y bioquímica, que favorece un buen sustrato para el crecimiento microbiano, el cual acelera el proceso de maduración y da paso a la descomposición temprana de la fruta.

Tabla 12. Valores descriptivos para los parámetros de humedad y actividad de acuosa

No. MUESTRA	RECuento (n)	HUMEDAD	ACTIVIDAD ACUOSA (a_w)	HUMEDAD	ACTIVIDAD ACUOSA (a_w)
		CULTIVO 1		CULTIVO 2	
		M \pm ds	M \pm ds	M \pm ds	M \pm ds
1	3	80,6 (0,06) ^c	0,96 (0,00) ^a	79,2 (0,37) ^{de}	0,97 (0,00) ^a
2	3	80,8 (0,10) ^c	0,96 (0,02) ^a	79,5 (0,36) ^{ef}	0,98 (0,00) ^b
3	3	79,5 (0,09) ^b	0,98 (0,00) ^c	78,6 (0,15) ^{bc}	0,99 (0,00) ^c
4	3	79,3 (0,04) ^b	0,99 (0,00) ^d	78,7 (0,10) ^{bc}	0,98 (0,00) ^b
5	3	78,9 (0,04) ^a	0,98 (0,00) ^c	79,8 (0,13) ^f	0,99 (0,00) ^c
6	3	81,2 (0,02) ^d	0,97 (0,00) ^b	78,4 (0,01) ^{ab}	0,98 (0,00) ^b
7	3	79,0 (0,00) ^b	0,96 (0,00) ^a	79,5 (0,17) ^{ef}	0,98 (0,00) ^b
8	3	78,9 (0,06) ^a	0,96 (0,00) ^a	79,9 (0,05) ^f	0,99 (0,00) ^c
9	3	78,8 (0,02) ^a	0,96 (0,00) ^a	78,9 (0,02) ^{cd}	0,99 (0,00) ^c



No. MUESTRA	RECuento (n)	HUMEDAD	ACTIVIDAD ACUOSA (aw)	HUMEDAD	ACTIVIDAD ACUOSA (aw)
		CULTIVO 1		CULTIVO 2	
		M±ds	M±ds	M±ds	M±ds
10	3	78,8 (0,08) ^a	0,97 (0,00) ^b	78,0 (0,06) ^a	0,99 (0,00) ^c
TOTAL	30	79,6 (0,91)	0,97 (0,01)	79,1 (0,61)	0,99 (0,00)

Nota. b.h: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras. Humedad (%p/p). M: promedio. ds: desviación estándar.

pH y Acidez total titulable (ATT)

Los resultados obtenidos para pH en las muestras del cultivo 1 reportan un valor promedio de 2,91±0,03 y para el cultivo 2 un valor promedio de 2,75±0,05 de potencial de hidrógeno. El valor obtenido se debe a que la fruta se caracteriza por su acidez, lo que demuestra que el pH está condicionado a la actividad de un gran número de enzimas responsables de los sucesos claves (ablandamiento, color, entre otros) asociados a la maduración; los frutos colectados para este estudio se encontraban en fase 4 y 5 por lo cual se obtienen estos resultados (tabla 13).

En estudios de Serpa et al. (2015) y Granados et al. (2017), el pH reportado es de 2,90 ± 0.09 y 2,89 ± 0.33 respectivamente, valores similares a los obtenidos en esta investigación.

La acidez total titulable (ATT) del cultivo 1 reporta un valor promedio 4,33±0,42% de ácido cítrico y para el cultivo 2 un valor promedio de 3,57±0,33% de ácido cítrico contenido. La acidez presente en la fruta se debe a los ácidos orgánicos que se usan durante la respiración del fruto, siendo varios de estos ácidos componentes esenciales en el ciclo respiratorio de los ácidos tricarboxílicos, se puede notar también una disminución de la acidez durante la maduración lo que indica una alta tasa metabólica en la fase 4 y 5, ya que los ácidos orgánicos contribuyen en gran parte al sabor, provocado por una relación entre azúcares y ácidos.

Según lo reportado por Pinzón et al. (2007), la ATT encontrada en los estados 4 y 5 es de 3,97 y 3,92 respectivamente; Granados et al. (2017) reporta una acidez de 3,24% de ácido cítrico para gulupa cultivada en el departamento de Norte de Santander, Colombia, y Serpa et al. (2015), una acidez de 3,528 ± 0,178, valores que son ligeramente menores a lo reportado en este estudio, lo que puede deberse al proceso de respiración y metabólico de maduración del fruto.



Tabla 13. Valores descriptivos para los parámetros de pH y acidez total titulable

No. MUESTRA	RECuento (n)	pH	Acidez (% ácido cítrico)	pH	Acidez (% ácido cítrico)
		CULTIVO 1		CULTIVO 2	
		M±ds	M±ds	M±ds	M±ds
1	3	2,92 (0,00) ^{bc}	4,26 (0,14) ^{bc}	2,82 (0,02) ^g	3,13 (0,03) ^a
2	3	2,96 (0,00) ^d	4,30 (0,10) ^{bc}	2,78 (0,02) ^{ef}	3,20 (0,05) ^a
3	3	2,93 (0,03) ^{cd}	4,22 (0,04) ^b	2,79 (0,01) ^{fg}	3,45 (0,13) ^b
4	3	2,91 (0,00) ^{bc}	5,29 (0,39) ^e	2,77 (0,00) ^{ef}	3,23 (0,00) ^a
5	3	2,89 (0,03) ^{bc}	4,67 (0,08) ^d	2,77 (0,02) ^{def}	3,59 (0,08) ^c
6	3	2,92 (0,01) ^{cd}	4,11 (0,03) ^b	2,75 (0,00) ^{cde}	3,43 (0,05) ^b
7	3	2,88 (0,00) ^{ab}	4,08 (0,02) ^{ab}	2,70 (0,02) ^{ab}	3,91 (0,02) ^e
8	3	2,92 (0,02) ^{bc}	3,79 (0,02) ^a	2,67 (0,01) ^a	4,04 (0,03) ^f
9	3	2,91 (0,02) ^{bc}	4,03 (0,00) ^{ab}	2,72 (0,00) ^{bc}	3,77 (0,00) ^d
10	3	2,84 (0,03) ^a	4,56 (0,02) ^{cd}	2,73 (0,01) ^{bcd}	3,95 (0,03) ^{ef}
TOTAL	30	2,91 (0,03)	4,33 (0,42)	2,75 (0,05)	3,57 (0,33)

Nota. b,h: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras. Humedad (%p/p). M: promedio. ds: desviación estándar.

Conductividad eléctrica y sólidos solubles totales

Los resultados obtenidos para conductividad eléctrica en las muestras del cultivo 1 reportan un valor promedio de $4,02 \pm 0,33$ grados micro Siemens (mS/cm) y para las muestras del cultivo 2 reportan un valor promedio de $4,24 \pm 0,20$ mS/cm contenidos en la fracción analizada de la fruta. Esto se le atribuye por contener ácido cítrico, el cual tiene electrolitos que pueden transportar la electricidad y por la presencia de algunos metales y minerales que ayudan a la conductividad eléctrica, existe una correlación entre los grados de acidez presentes en la fracción de la pulpa de la gulupa y su alto contenido de actividad acuosa (A_w).

Para el parámetro de sólidos solubles totales (SST) en las muestras del cultivo1, reportan un valor promedio de $15,5 \pm 0,79$ °Brix de contenido en la fracción de la pulpa de la fruta y para las muestras del cultivo 2 reportan un valor promedio de $15,6 \pm 0,56$ °Brix en la fracción de la pulpa. Estos valores se atribuyen al grado de madurez que presenta el fruto y se puede decir que el contenido de SST está asociado con los



azúcares disueltos en el jugo celular; la presencia de estos azúcares en el fruto está dada principalmente por la variedad y las condiciones climáticas durante el estado de desarrollo del fruto y de la madurez.

A partir del análisis de los resultados obtenidos (tabla 14) entre los dos cultivos frente al parámetro de conductividad eléctrica con respecto a sólidos solubles totales (SST) expresados en grados Brix, se puede afirmar que la gulupa objeto de estudio presenta valores en el contenido de SST similares a los reportados por Pinzón et al 2007, con 15,4 °Brix; sin embargo, es ligeramente menor que lo medido por Fonseca y Ospina (2007) en gulupa con madurez comercial 16,5 y lo reportado por Serpa (2015) con resultado de 16,21 y una diferencia significativa a lo reportado por Granados et al. (2017) para gulupa cultivada en el departamento del Norte de Santander, Colombia, valor obtenido de $13,48 \pm 0,15$.

Tabla 14. Valores descriptivos para los parámetros de conductividad eléctrica y sólidos solubles totales

No. MUESTRA	RECuento (n)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Sólidos solubles totales (°Brix)	Conductividad eléctrica (mS/cm)	Sólidos solubles totales (°Brix)
		CULTIVO 1		CULTIVO 2	
		M±ds	M±ds	M±ds	M±ds
1	3	4,43 (0,07) ^f	15,1 (0,35) ^{ab}	4,17 (0,18) ^c	16,0 (0,00) ^c
2	3	3,76 (0,00) ^b	14,4 (0,14) ^a	4,10 (0,02) ^b	15,0 (0,07) ^{ab}
3	3	4,16 (0,04) ^d	15,7 (0,14) ^{bc}	4,05 (0,03) ^a	16,1 (0,07) ^c
4	3	3,23 (0,04) ^a	15,9 (0,28) ^{bc}	3,97 (0,05) ^a	16,1 (0,00) ^c
5	3	4,28 (0,04) ^e	15,9 (0,00) ^{bc}	4,44 (0,00) ^e	14,7 (0,07) ^a
6	3	4,04 (0,06) ^c	14,4 (0,07) ^a	4,00 (0,02) ^a	16,1 (0,07) ^c
7	3	4,02 (0,00) ^c	16,2 (0,35) ^c	4,39 (0,02) ^d	15,2 (0,57) ^{ab}
8	3	4,00 (0,05) ^c	16,2 (0,35) ^c	4,43 (0,00) ^e	15,3 (0,57) ^b
9	3	3,99 (0,10) ^c	16,6 (0,78) ^c	4,35 (0,00) ^d	16,0 (0,00) ^c
10	3	4,27 (0,02) ^{de}	15,2 (0,71) ^{ab}	4,51 (0,00) ^f	16,0 (0,07) ^c
TOTAL	30	4,02 (0,33)	15,5 (0,79)	4,24 (0,20)	15,6 (0,56)

Nota. b,h: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras. (mS/cm): grados micro Siemens. M: promedio. ds: desviación estándar. (°Brix): Sólidos solubles totales.

Cenizas y minerales

Los resultados obtenidos para cenizas en las muestras del cultivo 1 reportan un valor promedio de $0,37 \pm 0,05\%$ y para el cultivo 2 un valor promedio de $0,47 \pm 0,11\%$. Estos valores se presentan probablemente debido al contenido de minerales presentes como el sodio, magnesio, potasio y zinc en la fracción de la pulpa analizada (tabla 15).

Los resultados obtenidos en el presente estudio difieren de los estudios realizados en gulupa cultivada en el departamento de Norte de Santander, Colombia, por Granados et al. (2017), quienes reportan para cenizas un valor de $0,58 \pm 0,05\%$ y estudios de Serpa et al. (2015) con valor para cenizas de $0,30\%$ a $1,36\%$ por cada 100 g de pulpa analizada.

Los minerales analizados en la fracción de la pulpa de *Passiflora edulis* Sims var. *edulis* y los valores obtenidos en promedio para el cultivo 1 reportan un valor de potasio $52,5 \pm 6,87$ mg/ Kg, magnesio $21,4 \pm 2,32$ mg/ Kg, zinc $14,3 \pm 1,66$ mg/ Kg y sodio $3,7 \pm 0,43$ mg/ Kg y la relación potasio/sodio $14,2 \pm 2,44$ mg/ Kg; para el cultivo 2 un valor promedio de potasio $52,5 \pm 6,87$ mg/ Kg, magnesio $17,7 \pm 1,16$ mg/ Kg, zinc $16,3 \pm 1,22$ mg/ Kg y sodio $5,05 \pm 1,26$ mg/ Kg y la relación potasio/sodio $11,1 \pm 3,65$ mg/ Kg, siendo este el orden de abundancia encontrado en las muestras, valores reflejados en las figuras 44 y 45.

El estudio de minerales realizado por Carvajal et al. (2014) reporta para magnesio $0,09\%$, potasio $0,86\%$, sodio $0,07\%$ y zinc 29 ppm en gulupa cultivada en el departamento del Huila, Colombia; Granados et al. (2017), para gulupa cultivada en el departamento de Norte de Santander, Colombia, reporta para potasio $100,22 \pm 0,33$ mg y sodio $13,15 \pm 0,10$ mg, datos que son superiores a los resultados obtenidos en el presente estudio.

Tabla 15. Valores descriptivos para el parámetro de cenizas

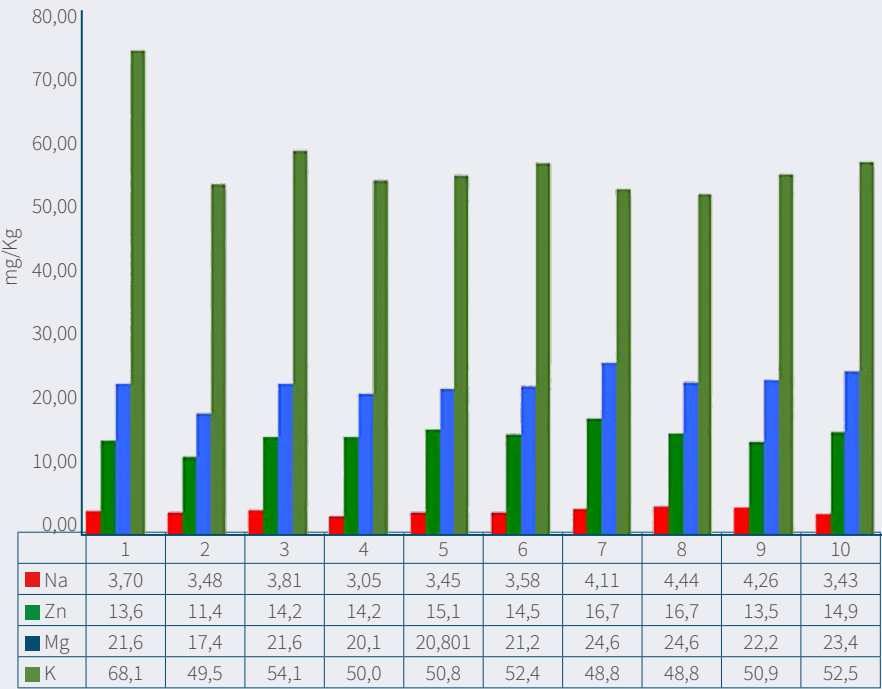
No. MUESTRA	RECuento (n)	CULTIVO 1	CULTIVO 2
		M \pm ds	
		CENIZAS (%)	CENIZAS (%)
1	3	0,38 (0,00) ^e	0,41 (0,10) ^a
2	3	0,45 (0,00) ^g	0,45 (0,05) ^{ab}
3	3	0,40 (0,00) ^f	0,40 (0,02) ^a
4	3	0,45 (0,00) ^g	0,39 (0,00) ^a
5	3	0,37 (0,00) ^d	0,44 (0,05) ^a



No. MUESTRA	RECuento (n)	CULTIVO 1	CULTIVO 2
		M±ds	
		CENIZAS (%)	CENIZAS (%)
6	3	0,33 (0,00) ^b	0,45 (0,00) ^{ab}
7	3	0,36 (0,00) ^{cd}	0,46 (0,04) ^{ab}
8	3	0,28 (0,00) ^a	0,55 (0,00) ^{ab}
9	3	0,35 (0,00) ^c	0,66 (0,23) ^b
10	3	0,36 (0,00) ^d	0,52 (0,16) ^{ab}
TOTAL	30	0,37 (0,05)	0,47 (0,11)

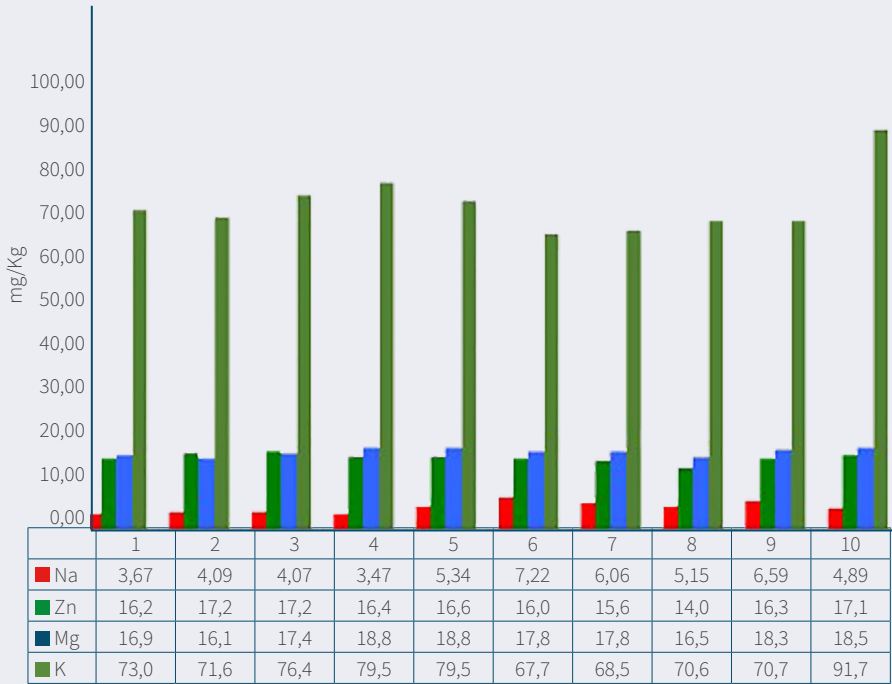
Nota. b.s: resultados expresados en base seca, n: número de muestras. M: promedio. ds: desviación estándar.

Figura 44. Valores descriptivos para los minerales en fracción de la pulpa de gulupa



Nota. b.h: Resultados expresados en base húmeda.

Figura 45. Valores descriptivos para los minerales en el cultivo 2



Nota. b.h: Resultados expresados en base húmeda.

Color

Los resultados obtenidos en promedio para los parámetros cromáticos de las muestras del cultivo 1 reportan una luminosidad $L^* = 65,4 \pm (0,76)$ con tendencia hacia las tonalidades rojo $a^* = 8,30 \pm 1,16$ y amarillo $b^* = 51,4 \pm 3,92$. El ángulo de tono (h) reporta un valor promedio de $80,8 \pm 1,28$ asociado a estados de maduración intermedios y a cambios de color amarillo-verde a morado oscuro y una cromaticidad promedio de $52,0 \pm 3,92$ y para las muestras del cultivo 2 una luminosidad $L^* = 67,5 \pm 1,11$, con tendencia hacia las tonalidades rojo $a^* = 7,37 \pm 0,56$ y amarillo $b^* = 57,1 \pm 3,01$. El ángulo de tono (h) reporta un valor promedio de $82,6 \pm 0,37$ asociado a estados de maduración intermedios y a cambios de color amarillo-verde a morado oscuro y una cromaticidad promedio de $57,6 \pm 3,04$.

Los resultados de color en las muestras analizadas correspondientes a la variación en los parámetros L^* , a^* , b^* se deben al incremento en las diversas concentraciones acuosas de la fracción de pulpa. Los valores obtenidos en esta investigación mos-

traron que el color de la fracción de la pulpa se debió principalmente a la contribución amarilla (valor positivo de b) y en menor proporción a la contribución roja (valor positivo de a) y la combinación de ambos arrojó como resultado un color amarillo intenso con tonalidades anaranjadas, debido principalmente a la presencia de pigmentos como carotenoides y flavonoides que son generalmente de color amarillo.

Según estudio de Serpa et al. (2015), los resultados obtenidos para la determinación de color en pulpa de gulupa reporta $L^* = 31,717 \pm 1,792$, $a^* = 6,246 \pm 1,530$, $b^* = 3,338 \pm 0,825$, $h = 28,553 \pm 6,320$ y una cromaticidad de $7,121 \pm 1,548$, valores muy inferiores a los obtenidos en este estudio, esto atribuible a la alta presencia de pigmentos.

Tabla 16. Valores descriptivos para los parámetros cromáticos del cultivo 1

No. MUESTRA	RECUEENTO (n)	L	a*	b*	c	h
		Luminancia	Coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)	Coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)	Cromaticidad	Ángulo de tono
1	3	65,5 (0,15) ^{cd}	8,47 (0,32) ^{cd}	50,3 (0,11) ^c	51,0 (0,16) ^d	80,4 (0,33) ^c
2	3	63,8 (0,00) ^a	6,49 (0,07) ^a	48,0 (0,35) ^b	48,4 (0,33) ^b	82,3 (0,14) ^f
3	3	64,4 (0,00) ^{ab}	9,10 (0,00) ^e	48,6 (0,00) ^b	49,4 (0,00) ^c	79,4 (0,00) ^b
4	3	66,1 (0,25) ^{de}	7,21 (0,13) ^b	50,2 (0,66) ^c	50,7 (0,63) ^d	81,8 (0,26) ^{ef}
5	3	65,4 (0,18) ^c	8,69 (0,37) ^{de}	55,9 (0,17) ^e	56,6 (0,11) ^f	81,2 (0,39) ^d
6	3	65,7 _{cde} (0,10)	8,94 (0,00) ^{de}	44,2 (0,15) ^a	45,1 (0,14) ^a	78,6 (0,05) ^a
7	3	65,1 (0,45) ^{bc}	7,50 (0,26) ^b	50,8 (0,18) ^c	51,4 (0,14) ^d	81,6 (0,32) ^{de}
8	3	65,7 _{cde} (0,00)	10,7 (0,00) ^f	56,4 (0,00) ^e	57,4 (0,00) ^g	79,2 (0,00) ^b
9	3	66,3 (0,82) ^e	7,67 (0,00) ^b	53,2 (0,47) ^d	53,7 (0,47) ^e	81,8 (0,07) ^{ef}
10	3	65,6 _{cde} (0,00)	8,20 (0,36) ^c	56,1 (0,46) ^e	56,7 (0,51) ^f	81,7 (0,29) ^{de}
TOTAL	30	65,4 (0,76)	8,30 (1,16)	51,4 (3,92)	52,0 (3,92)	80,8 (1,28)

Nota. b,h: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras.

Tabla 17. Valores descriptivos para los parámetros cromáticos del cultivo 2

No. MUESTRA	RECUENTO (n)	L	a*	b*	c	h
		Luminancia	Coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)	Coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)	Cromaticidad	Ángulo de tono
1	3	66,8 (0,78) ^{ab}	6,73 (0,13) ^{ab}	52,3 (0,11) ^{ab}	53,4 (0,13) ^{ab}	82,8 (0,12) ^a
2	3	68,1 (0,44) ^{bc}	6,38 (0,47) ^a	52,2 (0,50) ^a	52,7 (0,44) ^a	83,4 (0,58) ^b
3	3	68,7 (0,34) ^c	7,39 (0,83) ^{bcd}	55,9 (1,00) ^c	56,4 (0,89) ^c	82,5 (0,98) ^a
4	3	68,6 (0,26) ^c	7,46 (0,04) ^{bcd}	59,2 (0,05) ^d	59,6 (0,05) ^d	82,8 (0,03) ^a
5	3	67,7 (0,23) ^{bc}	7,15 (0,16) ^{abc}	53,8 (1,80) ^b	54,2 (1,80) ^b	82,4 (0,09) ^a
6	3	68,7 (1,69) ^c	7,51 (0,40) ^{bcd}	59,4 (0,15) ^d	59,5 (0,10) ^d	82,8 (0,40) ^a
7	3	67,1 (0,18) ^{ab}	7,46 (0,42) ^{bcd}	59,7 (0,46) ^d	60,1 (0,40) ^d	82,9 (0,46) ^a
8	3	66,6 (0,00) ^{ab}	7,86 (0,00) ^{cd}	59,4 (0,00) ^d	59,9 (0,00) ^d	82,5 (0,00) ^a
9	3	65,8 (0,00) ^a	7,97 (0,00) ^d	59,5 (0,00) ^d	60,0 (0,00) ^d	82,4 (0,00) ^a
10	3	66,7 (0,78) ^{ab}	7,83 (0,15) ^{cd}	59,3 (0,08) ^d	59,9 (0,10) ^d	82,5 (0,13) ^a
TOTAL	30	67,5 (1,11)	7,37 (0,56)	57,1 (3,01)	57,6 (3,04)	82,6 (0,37)

Nota. b.h: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras.

Densidad relativa

La densidad es un parámetro físico que sirve para determinaciones cualitativas del alimento, entre ellas encontramos la existencia en mayor cantidad de sólidos solubles como la glucosa, sacarasa, ácidos orgánicos, entre otros, como también principios básicos para sistemas de transferencia de masa y energía en procesos de embotellamiento (Alvarado et al., 2009).

Los resultados obtenidos para la densidad relativa en las muestras del cultivo 1 reportan un valor promedio de $1,08 \pm 0,01 \text{ g/cm}^3$ y para el cultivo 2, un valor promedio de $1,08 \pm 0,00 \text{ g/cm}^3$.



La densidad relativa en la fruta se debe a que tiene gran cantidad de fibra comprimida sobre la carne que envuelve la semilla (arilo), la diferencia de la densidad relativa entre frutas proviene de la cantidad de agua entre sus fibras, cuando el valor reportado es alto, el arilo estará más compacto a las fibras haciendo que se alineen y se vuelven más lisas, con esto se confirma que el extracto de la gulupa tiene porcentajes altos de acidez y de agua.

El estudio realizado por Pinzón et al. (2007) para la densidad relativa en frutos de gulupa colectados en la vereda Quebrada Grande y Alta del municipio de Venecia, departamento de Cundinamarca, reporta un valor de 0,54 g/mL y 0,55 g/mL, dato muy por debajo de lo obtenido en el presente estudio, atribuible al peso y los diámetros del fruto colectado en la región de Anaimé.

Tabla 18. Valores descriptivos para los parámetros de densidad relativa

No. MUESTRA	RECuento (n)	CULTIVO 1	CULTIVO 2
		Densidad relativa (g/cm ³)	Densidad relativa (g/cm ³)
1	3	1,08 (0,00)a	1,08 (0,01)ab
2	3	1,08 (0,00)a	1,08 (0,00)ab
3	3	1,09 (0,01)a	1,08 (0,00)ab
4	3	1,09 (0,01)a	1,09 (0,00)b
5	3	1,09 (0,00)a	1,08 (0,00)ab
6	3	1,08 (0,00)a	1,08 (0,00)ab
7	3	1,08 (0,01)a	1,08 (0,00)ab
8	3	1,08 (0,01)a	1,07 (0,00)a
9	3	1,08 (0,00)a	1,08 (0,00)ab
10	3	1,08 (0,00)a	1,08 (0,00)ab
TOTAL	30	1,08 (0,01)	1,08 (0,00)

Nota. b.h: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras.

Análisis sensorial del fruto

Con la técnica del escalar edénico se busca encontrar la aceptación o preferencia de un producto como aporte al mercado de consumo, el análisis sensorial demostró el atractivo del zumo, los jueces encontraron valores aceptables para los

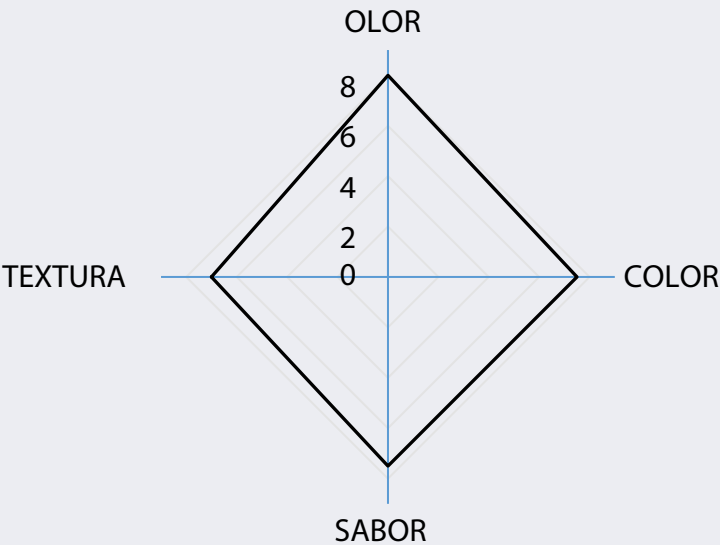
parámetros globales evaluados, el mayor atractivo se encontró en el olor para el que los jueces dieron un valor medio de $7,5 \pm 0,6$ (me gusta moderadamente) seguido por color con $6,75 \pm 0,8$, textura $6,63 \pm 0,7$ y sabor $6,50 \pm 0,7$ dentro del hedónico como me gusta levemente.

Tabla 19. Datos de análisis sensorial del extracto de gulupa

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio
Olor	6	45	7,50 (0,6)
Color	6	42	6,75 (0,8)
Sabor	6	40	6,50 (1,0)
Textura	6	39	6,63 (0,7)

Los parámetros globales se correlacionan dentro los valores de 6 y 8 en el escalár hedónico siendo aceptables, entre los cuales es más atractivo el olor del zumo (figura 46) para los jueces, los cuales son concordantes con los organolépticos arrojados en estudios realizados por Franco (2013) e Higuera (2017).

Figura 46. Diagrama radial de los datos arrojados por los jueces



ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Los compuestos bioactivos se definen como los componentes de los alimentos que influyen en las actividades celulares y fisiológicas obteniendo, tras su ingesta, un efecto beneficioso para la salud. Se entiende que estos compuestos bioactivos no son nutrientes y por tanto no son esenciales para la vida. Normalmente, dichos compuestos están en cantidades muy pequeñas en los alimentos que consumimos como parte de nuestra dieta habitual y en casi todos los casos provienen de fuentes alimentarias vegetales. Desde el punto de vista químico, son de origen diverso y actúan a través de mecanismos de acción diferentes. Así, existen carotenoides, polifenoles, terpenos, lignanos, compuestos organosulfurados, glucosilatos, saponinas, etcétera. En general, sus efectos saludables se centran en la prevención de las enfermedades no comunicables (transmisibles); además, cumplen funciones en el cuerpo que pueden promover la buena salud. Están en estudio para la prevención del cáncer, las enfermedades del corazón y otras enfermedades (Martínez de Victoria, 2015).

Fenoles totales

Los resultados obtenidos para fenoles totales en las muestras del cultivo 1 reportan un valor promedio de $160,9 \pm 13,1$ $\mu\text{g/ml}$ de ácido gálico y, para el cultivo 2, un valor promedio de $150,1 \pm 12,67$ $\mu\text{g/ml}$ de ácido gálico, datos descritos en la tabla 20.

Estudios de Granados et al. (2017) para gulupa cultivada en el departamento de Norte de Santander, Colombia, reportan un contenido de fenoles totales de $315 \pm 0,55$ mg AG/100 g de pulpa y Moreno et al. (2014) informan resultados de 290 mg AG/100 g de muestra. Valores muy superiores a los obtenidos en este estudio, esto atribuible a que el análisis se realizó en la parte comestible y sobre una fracción de la pulpa de la fruta.

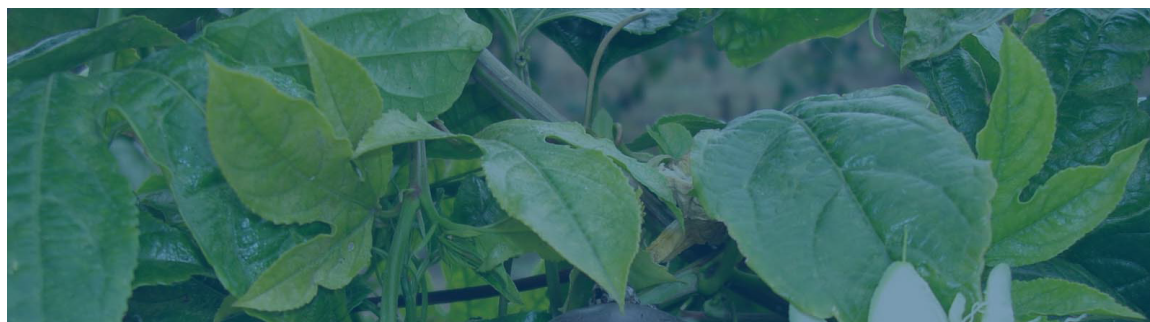


Tabla 20. Valores descriptivos para los parámetros de fenoles totales

No. MUESTRA	RECuento (n)	FENOLES TOTALES mg ácido galico/100 g de muestra	
		CULTIVO 1	CULTIVO 2
1	3	161,1 (1,42) ^{cd}	147,8 (1,30) ^{abc}
2	3	152,2 (1,43) ^{bc}	152,9 (12,2) ^{abc}
3	3	139,6 (1,00) ^a	149,3 (24,1) ^{abc}
4	3	143,6 (2,65) ^{ab}	140,2 (2,24) ^{ab}
5	3	160,5 (7,75) ^{cd}	155,1 (2,69) ^{abc}
6	3	157,9 (1,09) ^c	132,2 (1,58) ^a
7	3	173,9 (4,56) ^{ef}	158,3 (7,38) ^{bc}
8	3	172,0 (4,51) ^{ef}	153,7 (7,45) ^{abc}
9	3	168,9 (4,51) ^{de}	168,2 (18,8) ^c
10	3	179,3 (8,69) ^f	143,2 (3,11) ^{ab}
TOTAL	30	160,9 (13,1)	150,1 (12,67)

Nota. b.h.: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras.

Flavonoides

Los resultados obtenidos para flavonoides en las muestras del cultivo 1 reportan un valor de $2,31 \pm 0,33$ µg/ml de quercetina contenida y, para el cultivo 2, un valor de $2,55 \pm 0,72$ µg/ml de quercetina contenida. Estos resultados se dan por la presencia de antocianinas en el estado de madurez 4 y 5 de la fruta objeto del presente estudio, son los responsables del color naranja en su pulpa y púrpura en su cáscara según lo establecieron Muñoz et al. (2017). Estudios realizados por Carvajal et al. (2014) en gulupa cultivada en el departamento del Huila, Colombia, dieron como resultado de la marcha fitoquímica la presencia de flavonoides en hojas, flores y cáscara del fruto, por lo que obtienen su mayor contenido en las flores, en el presente estudio da positiva la presencia de flavonoides en la parte comestible del fruto.

Tabla 21. *Valores descriptivos para los parámetros de flavonoides*

No. MUESTRA	RECuento (n)	FLAVONOIDES mg de quercetina/100 g de muestra	
		CULTIVO 1	CULTIVO 2
1	3	2,17 (0,00)c	2,07 (0,07)bc
2	3	2,29 (0,03)d	1,73 (0,04)a
3	3	2,31 (0,09)d	2,13 (0,11)c
4	3	2,31 (0,04)d	2,40 (0,04)d
5	3	2,12 (0,00)bc	1,85 (0,01)ab
6	3	2,05 (0,01)b	2,21 (0,06)cd
7	3	2,48 (0,00)e	4,18 (0,07)f
8	3	1,86 (0,03)a	2,85 (0,01)e
9	3	2,35 (0,04)d	3,02 (0,33)e
10	3	3,12 (0,01)f	2,99 (0,09)e
TOTAL	30	2,31 (0,33)	2,55 (0,72)

Nota. b.h: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras.

Capacidad reductora de Fe^{+3}

Los resultados obtenidos para capacidad antioxidante por el método FRAP en las muestras del cultivo 1 reportan un valor de $20,0 \pm 8,92 \mu\text{g/ml}$ de trolox y para el cultivo 2 un valor de $18,0 \pm 5,02 \mu\text{g/ml}$ de Trolox.

Estudios reportados por Moreno et al. (2014) para FRAP en fracción de la pulpa de gulupa dieron resultado de $13 \mu\text{g mol}$ de trolox/g de muestra, resultado inferior al obtenido en el presente estudio, por lo que se puede indicar que la fracción de la pulpa analizada tiene la capacidad de reducir el estrés oxidativo en las células.

Tabla 22. Valores descriptivos para los parámetros de FRAP

No. MUESTRA	RECuento	FRAP mg Trolox /100 g de muestra	
		CULTIVO 1	CULTIVO 2
1	3	11,7 (0,64) ^a	17,5 (0,69) ^c
2	3	20,3 (1,32) ^d	10,1 (0,38) ^a
3	3	17,9 (0,30) ^c	21,0 (1,70) ^d
4	3	15,8 (0,19) ^b	25,4 (0,32) ^e
5	3	18,6 (0,73) ^c	19,4 (2,04) ^{cd}
6	3	15,5 (1,02) ^b	12,9 (0,25) ^b
7	3	11,2 (0,37) ^a	24,7 (0,60) ^e
8	3	24,5 (0,94) ^e	20,0 (0,69) ^d
9	3	43,2 (0,14) ^f	17,2 (1,57) ^c
10	3	21,9 (0,61) ^d	12,5 (0,07) ^b
TOTAL	30	20,0 (8,92)	18,0 (5,02)

Nota. b,h: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras.

Capacidad antioxidante por ABTS•+

Los resultados obtenidos de la medición de la actividad antioxidante por el método ABTS en las muestras del cultivo 1 reportan un valor de $0,72 \pm 0,10$ mg equivalentes de trolox/g de muestra y, para el cultivo 2, un valor de $0,62 \pm 0,08$ mg equivalentes de trolox/g de muestra.

Estudios reportados por Franco et al. (2014) para ABTS•+ en fracción de la pulpa de gulupa reportan valores de 393 μmol y 410 $\mu\text{mol/g}$ de pulpa, valores muy altos con relación a los obtenidos en el presente estudio, atribuibles a que los análisis se realizaron sobre una fracción de la pulpa.



Tabla 23. Valores descriptivos para los parámetros de ABTS•+

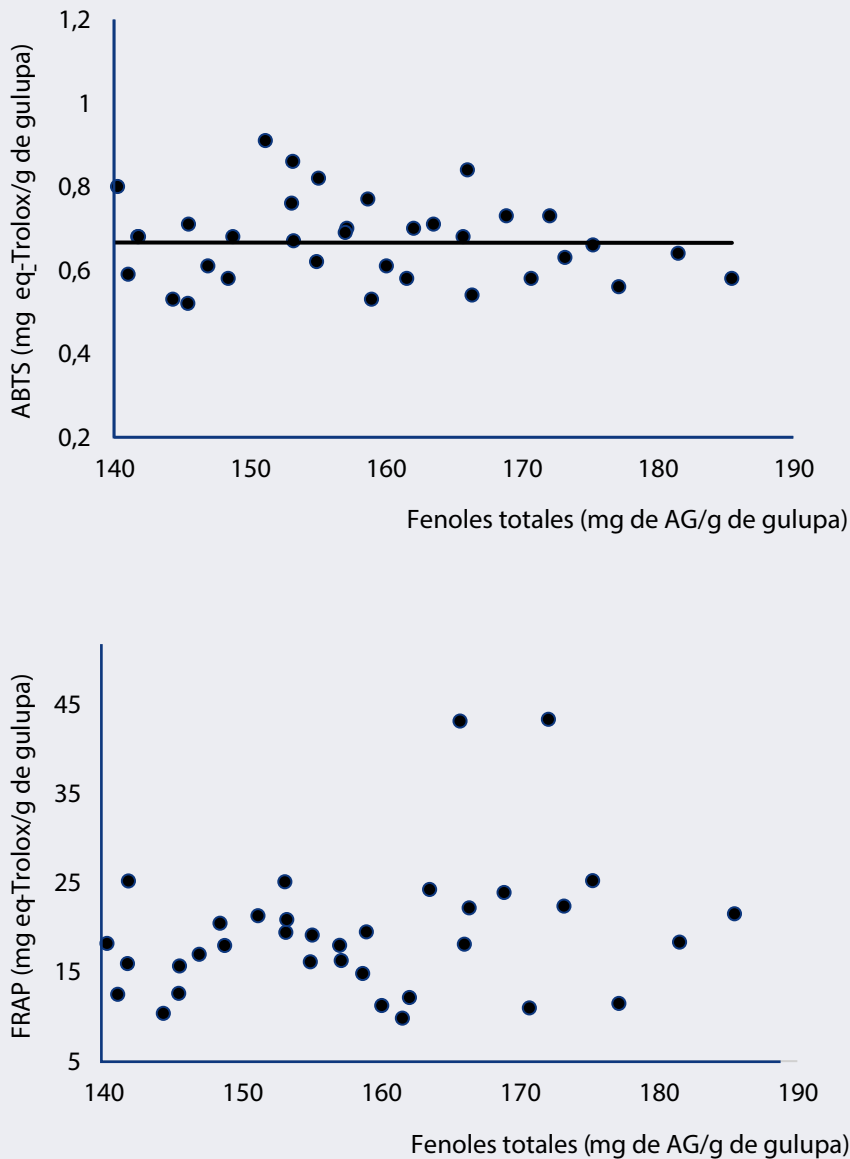
No. MUESTRA (n)	ABTS•+	
	Mg equivalente de Trolox/100 g de muestra	
	CULTIVO 1	CULTIVO 2
1	0,66 (0,06) ^{bc}	0,65 (0,05) ^c
2	0,89 (0,04) ^f	0,56 (0,04) ^{ab}
3	0,79 (0,02) ^{de}	0,51 (0,05) ^a
4	0,70 (0,02) ^c	0,69 (0,01) ^{cd}
5	0,83 (0,01) ^{ef}	0,68 (0,01) ^{cd}
6	0,74 (0,05) ^{cd}	0,61 (0,04) ^{bc}
7	0,57 (0,01) ^a	0,74 (0,04) ^d
8	0,70 (0,05) ^c	0,56 (0,04) ^{ab}
9	0,71 (0,04) ^{cd}	0,63 (0,01) ^{bc}
10	0,61 (0,04) ^{ab}	0,56 (0,05) ^{ab}
TOTAL	0,72 (0,10)	0,62 (0,08)

Nota. b.h: Resultados expresados en base húmeda, n: número de muestras.

Correlación entre compuestos antioxidantes

La posible correlación entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de diferentes extractos naturales ha sido estudiada por varios autores, quienes han encontrado una correlación lineal entre estos (Shan et al., 2005; Zheng y Wang, 2001). Diversos estudios demuestran una buena correlación entre los métodos que presentan un mismo principio químico (reacción de óxido- reducción), en donde los compuestos presentes en las plantas actúan como reductores o determinantes de la actividad antioxidante de los extractos vegetales (Dudonné et al., 2009; Ou et al., 2002; y Prior et al., 2005). En este caso, el análisis de regresión simple fue empleado para correlacionar el contenido de fenoles totales con la capacidad antioxidante (ABTS y FRAP), siendo los coeficientes de correlación calculados para los extractos analizados (figura 47). El comportamiento arrojado para el método FRAP sugiere que el poder de inhibición del radical podría ser previsto por el ensayo de Folin-Ciocalteu para el contenido de fenoles totales, ya que puede confirmarse directamente que los FT presentes en las 30 muestras de fracción comestible de gulupa son los responsables de su capacidad antioxidante.

Figura 47. Correlación entre el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante



Katalinic et al. (2005) evidenciaron una alta correlación entre la cantidad de compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante obtenida a partir del ensayo de FRAP ($r=0,9825$) en 70 extractos de diversas plantas medicinales. No obstante, Wongsu et al. (2012) no encontraron una buena correlación entre la capacidad antioxidante reportada por el método DPPH y el contenido de fenoles totales ($r=0,02$),

lo que indica en este caso que los fenoles no contribuyen para la actividad antioxidante en las plantas estudiadas. Este comportamiento confirma que la capacidad antioxidante de diversos extractos de origen vegetal no se puede limitar a la presencia de compuestos fenólicos (Javanmardi et al., 2003), ya que puede ser originada por la presencia de otros metabolitos secundarios tales como aceites volátiles, carotenos y vitaminas (Wongsa et al., 2012).

DESARROLLO DE LA CONFITURA

Todas las mermeladas obtenidas presentaron características favorables de sabor, color y olor, el parámetro sensorial de textura fue determinante para una nueva formulación, ya que las mermeladas A y B presentaban una textura muy líquida similar a una jalea y la mermelada B tenía una textura rígida con una consistencia similar a algunos bocadillos dulces.

Con base en estas observaciones sensoriales se realizan cambios en la formulación y se agregaron dos más como se describe en la siguiente tabla.

Tabla 24. *Valores de concentración para las formulaciones de mermelada*

Mermelada	Zumo de gulupa	Miel	Azúcar	Pectina	Conservante
	%	%	%	%	%
A	70	30	0	0,5	0,05
B	70	20	10	0,5	0,05
C	60	20	20	0,5	0,05
D	50	50	0	0,5	0,05
E	40	20	40	0,5	0,05

En estas formulaciones se encontró que A es poco ácida con textura muy líquida, poco olor, muy dulce; B es muy ácida con textura líquida y con aroma agradable; C tiene una acidez óptima, un dulce aceptable con textura consistente y buen color; D es similar a C con reducciones en olor y con presencia de grumos; E posee una textura muy rígida con grumos.

Teniendo en cuenta las contracciones descritas en la tabla 24, se establecieron los mínimos y máximos para un arreglo factorial completo de orden 2x2x2 para el desarrollo de 15 formulaciones, la pectina es considerada como un factor estático y el

conservante no fue adicionado para evaluar la acidez del zumo y la concentración de azúcares (Ronquillo Téllez et al., 2016)”

Tabla 25. *Determinación de mínimos y máximos para un arreglo factorial completo*

	Mínimo	Máximo
Jugo	40	60
Azúcar	20	30
Miel	0	20

Con el paquete estadístico JMP pro11® se establece el siguiente arreglo factorial completo 2x2x2 para la formulación de 15 mermeladas.

Tabla 26. *Diseño factorial completo 2x2x2*

Nº	Patrón	Jugo	Miel	Azúcar
1	---	40	0	20
2	--+	40	0	30
3	-+-	40	20	20
4	-++	40	20	30
5	+--	60	0	20
6	+-+	60	0	30
7	++-	60	20	20
8	+++	60	20	30
9	---	40	0	20
10	--+	40	0	30
11	-+-	40	20	20
12	-++	40	20	30
13	+--	60	0	20
14	+-+	60	0	30
15	++-	60	20	20

Parámetros fisicoquímicos

En la tabla 26 y 27 se establecen parámetros fisicoquímicos en las formaciones, en las que se encontraron variaciones para el parámetro de humedad con rangos entre $19,142 \pm 0,05$ y $38,266 \pm 0,02$, la actividad de agua libre $0,747 \pm 0,006$ y $0,621 \pm 0,001$, el



potencial de hidrógeno con valores de $3,03 \pm 0,01$ hasta $2,96 \pm 0,01$ y sólidos solubles totales en $65,8 \pm 0,82$ y máximo $82,2 \pm 0,84$. La humedad viene determinada por el carácter de la formulación; por lo tanto la mermelada se comporta como semisólidos por acción gelificante de la pectina y la reducción de los jugos, su contenido de humedad es bajo en comparación a la materia prima, el comportamiento de la humedad se puede deber al factor de miel/jugo, en la predicción del modelo se observó que la humedad decrece cuando aumenta el contenido de jugo y disminuye la miel, esto porque a mayor contenido de jugo será mayor la reducción por cocción. En estudios de López Velázquez, 2012 y Ronquillo Téllez et al., 2016, para el desarrollo de una mermelada de guayaba/miel, arándano/miel con una humedad de 30% y 405 respectivamente, dentro del análisis de varianza en las formulaciones para el parámetro, existen diferencias significativas entra las medias de las muestras para un $p < 0,05$ con un nivel de confianza del 95% y la comparación entre los grupos por el test de Tukey.

Tabla 27. Valores medios de los parámetros fisicoquímicos de las formulaciones

Formulación	Humedad (g/100g) \pm ds	Actividad de agua (-) \pm ds	pH (unidad) \pm ds	Sólidos solubles Totales (°Brix) \pm ds
1	25,165 (0,08) ^{de}	0,717 (0,001) ^c	3,00 ^a (0,00)	71,9 (0,83) ^e
2	21,170 (0,10) ^{fg}	0,686 (0,006) ^{de}	3,03 ^a (0,00)	75,7 (1,67) ^c
3	26,504 (0,05) ^d	0,733 (0,003) ^b	3,02 ^a (0,01)	75,5 (0,84) ^{cd}
4	21,631 (0,07) ^{fg}	0,650 (0,001) ^e	2,99 ^b (0,01)	79,3 (1,68) ^b
5	19,142 (0,05) ^h	0,630 (0,001) ^f	2,99 ^b (0,01)	78,1 (1,67) ^b
6	22,842 (0,03) ^f	0,642 (0,008) ^f	3,02 ^a (0,00)	81,0 (0,84) ^a
7	26,635 (0,04) ^d	0,718 (0,003) ^c	3,00 ^a (0,00)	71,6 (0,83) ^d
8	25,309 (0,06) ^{de}	0,677 (0,001) ^e	3,00 ^a (0,01)	74,5 (0,00) ^d
9	19,294 (0,02) ^h	0,621 (0,001) ^f	3,00 ^a (0,00)	75,7 (0,00) ^c
10	34,668 (0,03) ^b	0,747 (0,006) ^a	2,96 ^b (0,01)	65,8 (0,82) ^f
11	28,528 (0,01) ^c	0,700 (0,003) ^{cd}	2,97 ^b (0,03)	74,0 (0,83) ^d
12	38,266 (0,02) ^a	0,704 (0,008) ^{cd}	2,97 ^b (0,00)	74,0 (0,83) ^d
13	20,750 (0,04) ^g	0,646 (0,005) ^f	2,99 ^{ab} (0,01)	82,2 (0,84) ^a
14	25,202 (0,10) ^{de}	0,631 (0,004) ^f	2,96 ^b (0,01)	76,3 (0,83) ^c
15	28,739 (0,10) ^c	0,679 (0,004) ^e	3,03 ^a (0,00)	75,7 (0,00) ^{cd}

Nota. ds: desviación estándar y letras minúsculas medida entre las muestras.

La actividad de agua es un parámetro importante para la determinación de vida útil del producto, en los rangos que se encontraron, las formulaciones fueron propensas a la formación de mohos y levaduras, lo que se traduce al modelo que define que la disminución del jugo y miel aumenta la actividad del agua, esto con base en que a menor jugo el periodo de cocción es más corto por lo que en la pérdida de agua libre es menor el jugo (Muñoz-López et al., 2018).

El potencial de hidrógeno es un parámetro que se relaciona con la acidez del fruto, el cual se trasladó a las formulaciones, las mieles tienen también carácter ácido, se obtuvieron valores bajos que son comparables a los estudios realizados, de $3,30 > 3,28$ en mermeladas elaboradas con miel (López Velásquez, 2012; Ronquillo Téllez et al., 2016). En el modelo del arreglo factorial se estableció que a mayor contenido de jugo y miel mayor es la respuesta para el pH, a lo que se establece que se conservan algunas de las propiedades del zumo de gulupa y miel, el análisis de varianza de un solo factor de las medias en formulación demostró diferencias significativas para un $p < 0,05$ con un nivel de confianza del 95 % y correlación entre los grupos por la prueba de Tukey.

Los sólidos solubles totales son el parámetro por el cual se regula el proceso de cocción en una confitura, el CODEX STAN 296-2009 establece el contenido en °Brix por refractómetro en una mermelada de 60 a 65 para formulaciones en las que se emplea sacarosa o glucosa. Debido al proceso de adición de miel se encontró que estos valores se incrementan hasta $81,0 \pm 0,84$ donde se mantenía la consistencia a mermelada, por lo cual se establece la miel como edulcorante, influye sobre los °Brix que dentro del diseño factorial completo $2 \times 2 \times 2$ se comportó así, a mayor contenido de miel, jugo y azúcar mayor es el contenido de sólidos solubles disueltos.

Cromaticidad CIELab

Los valores de la cromaticidad son muy importantes en la determinación de muchos parámetros, que se utilizan en la evaluación del pardeamiento enzimático y la degradación de frutas y sus principios activos, la eficiencia en procesos térmicos (Flórez, 2012; Fuster, 2004; Muñoz-López et al., 2018), la luminancia de las mermeladas se encuentra por debajo de 50 por lo que se allegan al negro, la evolución se establece de los cercanos al negro desde $26,1 \pm 0,2$ y cercanos al blanco $33,3 \pm 0,9$, en las coordenadas cromáticas de a^* y b^* se hallaron sobre los valores positivos por el cual son tonalidades rojizas/amarillas, donde para a^* (rojo) se encontró un valor máximo $20,9 \pm 0,6$ y un mínimo de $10,4 \pm 0,3$, b^* (amarillo) las tonalidades variaron de $27,34 \pm 0,3$ hasta $40,56 \pm 0,8$, la relación de a^* y b^* decrece el enrojecimiento a zonas marrones, las

relaciones pitagóricas para el ángulo de tono se encuentran entre los $59,31 \pm 0,9$ - $72,15 \pm 0,7$ grados con un vector en distancia C entre los $39,02 \pm 0,2$ hasta $44,10 \pm 0,4$. Existe cambio en el color de las formulaciones en relación con el zumo de gulupa, esto se puede deber a reacciones de Maillard en los polisacáridos y la adición de miel.

Tabla 28. Valores medios para el parámetro de cromaticidad en las formulaciones

Formulación	$a^* \pm ds$	$b^* \pm ds$	$L \pm ds$	$h \pm ds$	$C \pm ds$
1	15,4 (0,9) ^c	39,45 (0,4) ^b	30,2 (0,4) ^b	68,68 (0,7) ^d	42,35 (0,7) ^{bc}
2	12,8 (0,4) ^f	39,67 (0,6) ^b	33,3 (0,9) ^a	72,15 (0,7) ^a	41,67 (0,7) ^c
3	10,4 (0,3) ^{fg}	27,34 (0,3) ^g	29,2 (0,3) ^c	69,22 (0,4) ^c	29,24 (0,4) ^g
4	17,6 (0,5) ^b	36,22 (0,3) ^d	28,5 (0,5) ^{cd}	64,11 (0,5) ^f	40,26 (0,5) ^d
5	19,7 (0,1) ^a	36,82 (0,3) ^d	29,4 (0,3) ^c	61,81 (0,3) ^g	41,77 (0,3) ^c
6	17,4 (0,6) ^b	40,50 (0,7) ^{ab}	33,8 (0,3) ^a	66,70 (0,4) ^e	44,10 (0,4) ^a
7	15,3 (0,8) ^c	36,77 (0,1) ^d	33,0 (0,4) ^a	67,37 (0,5) ^{de}	39,84 (0,5) ^{de}
8	14,8 (0,5) ^{cd}	36,11 (0,0) ^d	32,1 (0,9) ^{ab}	67,73 (0,2) ^{de}	39,02 (0,2) ^e
9	20,9 (0,6) ^a	35,23 (0,7) ^e	26,1 (0,2) ^g	59,31 (0,9) ⁱ	40,97 (0,9) ^d
10	15,6 (0,3) ^c	32,53 (0,6) ^f	28,4 (0,3) ^{cd}	64,39 (0,7) ^f	36,07 (0,7) ^f
11	13,7 (0,4) ^d	39,47 (0,6) ^b	29,4 (0,1) ^c	70,92 (0,4) ^{bc}	41,77 (0,4) ^c
12	13,7 (0,3) ^d	40,56 (0,8) ^{ab}	32,5 (0,0) ^{ab}	71,34 (0,6) ^b	42,81 (0,6) ^{bc}
13	13,7 (0,3) ^d	41,15 (0,1) ^a	32,6 (0,0) ^{ab}	71,58 (0,0) ^b	43,37 (0,0) ^b
14	13,8 (0,3) ^d	37,16 (0,3) ^{cd}	27,8 (0,0) ^f	69,65 (0,3) ^c	39,63 (0,3) ^{de}
15	14,5 (0,4) ^{cd}	38,31 (0,3) ^c	28,6 (0,1) ^{cd}	69,23 (0,4) ^c	41,00 (0,4) ^c

Nota. ds: desviación entandar y letras minúsculas medida entre las muestras.

Figura 48. Formulación de 15 mermeladas a partir de zumo de gulupa



Evaluación microbiológica

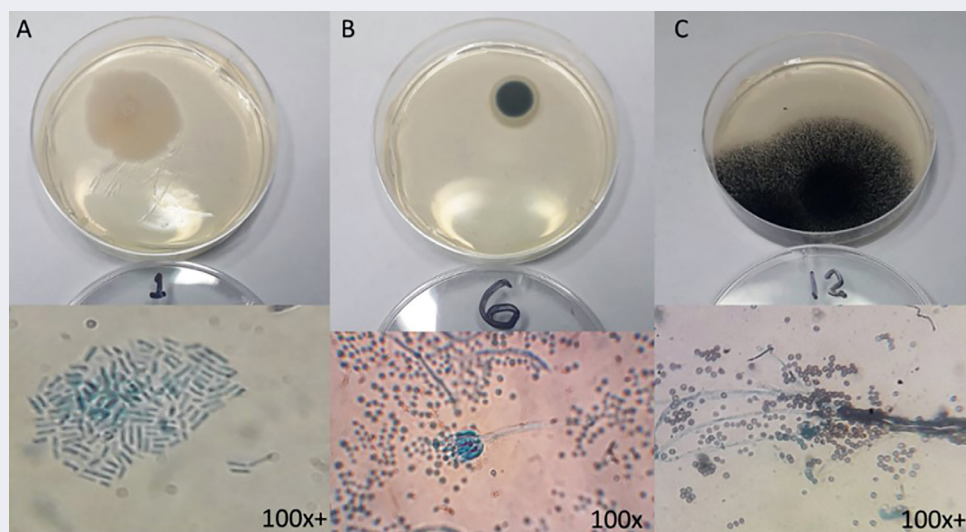
Los productos alimenticios pueden sufrir degradación por acción de microorganismos como bacterias, mohos y levaduras, aquellos productos con una acidez y contenido de azúcares elevados con presencia de actividad de agua inferiores a 0,785 son propensos a la formación de mohos y levadura (Norma Técnica Colombiana, 2009), las formulaciones demostraron baja carga microbiana, solo tres de ellas (figura 49) presentaron unidades formadoras de colonia, el diseño factorial completo permite la duplicidad de las formulaciones en las concentraciones. La formulación 1 presentó formación de levaduras del género *Brettanomyces*, la formulación 6, moho del género *Penecillium* con un UFC/ml 0,1; la mermelada 12 desarrolló uno de los hongos más comunes en el ambiente *Aspergillios niger*, las formulaciones 1 y 6 no presentaron concentración de miel, pero en la mermelada 12 se encontró 0,2 UFC/mL con concentraciones relacionadas con la 1, por lo cual el efecto se puede deber a las BPM y cocción (López et al., 2000), la actividad de agua también se relaciona con el tipo de microorganismo formador, en la 1 con un actividad de agua 0,717 formó levaduras e inferiores se forman mohos 1 y 6.

Tabla 29. *Análisis microbiológico de mohos y levaduras en las formulaciones 1, 6 y 12*

Formulación	Parámetro		
	1	6	12
Mohos y Levaduras (UFC/ml)	0,1	0,1	0,2
Microorganismo	<i>Brettanomyces</i>	<i>Penecillium</i>	<i>Aspergillios niger</i>

Nota. Las UFC/ml encontradas son mínimas y se ajustan a las normas nacionales e internaciones (FAO, 1992; Ministerio de Salud y Protección Social, 2013), por lo cual la acidez de la fruta y la concentración de azúcares influyen como conservarte natural. Tomado de “Caracterización fisicoquímica y microbiológica de una mermelada elaborada a base de nopal (*opuntia ficus-indica*) utilizando pectina industrial y natural” por Quintero-Lira et al., 2016, *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 857–862.



Figura 49. Fotografía de las formulaciones

Nota. A-1 Brettanomyces, B-6 Penicillium, C-12 Aspergillus niger, +: aumento de la cámara en objetivo de 100x.

Evaluación sensorial

El análisis sensorial permite la evaluación de propiedades funcionales o atributos en alimentos, la metodología QDA sirve para evaluar parámetros globales de una forma cuantitativa empleando un escalár hedónico de 9 puntos (Reglero Rada, 2011). Se midió la aceptabilidad de las formulaciones con base en categorías específicas para cada sentido (figura 50) y se encontró el agrado de los jurados (tablas 30 y 31) para las categorías de afrutado (aroma) con valores entre $3 \pm 0,9$ y $7 \pm 1,2$, característico 1 con un mínimo de $4 \pm 1,2$ y máximo $8 \pm 0,5$, en tipicidad del sabor el parámetro de ácido en $4 \pm 1,3$ hasta $9 \pm 0,4$, característico 2 con rango de $6 \pm 0,8 < 8 \pm 0,6$, la textura palpable entre $5 \pm 1,0$ y $7 \pm 0,6$, el aspecto visual de color en $6 \pm 1,3$ y $8 \pm 0,5$, existió gran aceptabilidad en estos parámetros por parte de los jurados evaluados.



Tabla 30. Valores medios de los jurados en el análisis sensorial

Formulación	AROMA			SABOR								Visual
	Extraño	Afrutado	Característico 1	Ácido	Extraño	Astringente	Caramelo	Dulce	Metálico	Textura	Característico 2	Color
1	0 ^a	6 ^{bc}	7 ^a	9 ^a	1 ^a	3 ^{ab}	5 ^a	7 ^a	0 ^a	7 ^a	7 ^a	7 ^a
2	1 ^a	7 ^a	8 ^a	7 ^{ab}	1 ^a	2 ^b	5 ^a	6 ^a	0 ^a	6 ^a	8 ^a	7 ^a
3	2 ^a	5 ^c	6 ^{ab}	8 ^{ab}	1 ^a	2 ^{ab}	4 ^a	5 ^{ab}	0 ^a	4 ^a	6 ^a	7 ^a
4	1 ^a	5 ^c	7 ^{ab}	8 ^{ab}	1 ^a	1 ^b	4 ^a	5 ^{ab}	0 ^a	5 ^a	7 ^a	8 ^a
5	1 ^a	5 ^c	6 ^{ab}	7 ^{ab}	1 ^a	2 ^b	4 ^a	6 ^{ab}	0 ^a	6 ^a	8 ^a	8 ^a
6	1 ^a	6 ^{bc}	6 ^{ab}	6 ^{bc}	0 ^a	2 ^b	4 ^a	5 ^{ab}	0 ^a	6 ^a	7 ^a	7 ^a
7	1 ^a	6 ^{bc}	7 ^a	7 ^{ab}	3 ^a	4 ^{ab}	5 ^a	6 ^a	0 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
8	1 ^a	6 ^{bc}	7 ^{ab}	8 ^{ab}	1 ^a	3 ^{ab}	5 ^a	6 ^{ab}	0 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
9	1 ^a	4 ^{cd}	7 ^a	8 ^{ab}	1 ^a	1 ^b	6 ^a	5 ^{ab}	0 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
10	1 ^a	3 ^d	5 ^{ab}	8 ^{ab}	2 ^a	6 ^a	4 ^a	4 ^{ab}	0 ^a	7 ^a	7 ^a	8 ^a
11	1 ^a	4 ^{cd}	4 ^b	4 ^c	2 ^a	2 ^{ab}	4 ^a	5 ^{ab}	0 ^a	6 ^a	7 ^a	8 ^a
12	2 ^a	5 ^c	6 ^{ab}	7 ^{ab}	2 ^a	4 ^{ab}	5 ^a	4 ^b	1 ^a	5 ^a	6 ^a	7 ^a
13	0 ^a	3 ^d	5 ^{ab}	5 ^{bc}	0 ^a	1 ^b	5 ^a	6 ^a	0 ^a	5 ^a	6 ^a	6 ^a
14	0 ^a	5 ^c	6 ^{ab}	7 ^{ab}	1 ^a	1 ^b	4 ^a	5 ^{ab}	0 ^a	8 ^a	6 ^a	7 ^a
15	1 ^a	6 ^{bc}	6 ^{ab}	5 ^{bc}	1 ^a	2 ^{ab}	5 ^a	6 ^a	0 ^a	5 ^a	7 ^a	8 ^a

Nota. Letras minúsculas, medida entre las muestras.

Entre los parámetros globales en aroma, en extraño se busca encontrar olores desagradables o afines al proceso de cocción, los cuales son bajos dentro del escalar como nulos que no se perciben (Barrante Salas, 2009; Furlaneto et al., 2015; Severiano et al., 2010); entre los afrutados se buscó encontrar aromas florales u otras frutas que se percibieran levemente hasta altamente, en el característico 1 se estableció la forma olfatoria, las notas propias de la fruta, lo cual permite identificar si existe mayor presencia a olores de miel u otros; en el aroma se halló que la formulación 2 tiene la mayor presencia de afrutado y característico con concentración de 40% zumo a lo que se esperó una mayor presencia de este aromar en la formulación con concentración de 60% zumo, esto se puede deber al tiempo de cocción, ya que alcanzar el punto de gelificación hace que la formulaciones con 60% de zumo tengan mayor cocción y sufran degradación en las especies aromáticas. Dentro del análisis de varianza de una sola vía, se encontró que no existen diferencias significativas en



extraño, diferencias significativas en afrutado y característico 1 para un $p < 0,05$ con un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 31. Desviación estándar de valores medios de los jurados en el análisis sensorial

Formulación	AROMA			SABOR								Visual
	Extraño	Afrutado	Característico 1	Ácido	Extraño	Astringente	Caramelo	Dulce	Metálico	Textura	Característico 2	Color
1	0,5	0,8	1,0	0,4	2,0	2,5	1,0	1,5	0,4	0,6	1,1	0,5
2	1,2	0,5	0,5	1,3	1,5	2,1	1,7	1,0	0,4	1,0	0,6	0,6
3	1,9	0,8	0,8	0,7	2,0	2,1	1,7	1,5	0,4	1,5	0,8	0,7
4	0,8	0,5	0,5	1,0	1,3	1,7	0,6	1,7	0,0	1,0	0,9	0,5
5	0,9	1,3	0,9	0,9	1,0	1,9	0,8	0,5	0,0	2,6	0,6	0,5
6	1,2	1,0	1,7	1,5	0,5	2,4	1,5	1,2	0,0	1,5	0,8	0,5
7	0,9	1,3	0,8	1,1	2,1	1,5	1,1	0,6	0,0	0,6	0,6	0,0
8	1,1	0,8	2,1	1,0	1,0	3,2	0,9	1,5	0,0	3,2	0,8	0,5
9	1,3	1,3	1,4	0,4	0,5	1,0	0,6	1,4	0,0	0,8	0,7	0,7
10	1,3	1,0	1,3	0,7	1,4	1,0	1,5	0,6	0,0	1,0	1,0	0,8
11	0,0	0,6	1,2	1,3	0,6	0,7	1,3	0,9	0,5	0,5	1,0	1,0
12	0,5	1,2	0,9	0,0	0,8	1,0	1,3	0,5	1,0	1,3	0,9	0,8
13	0,9	1,3	0,5	1,4	0,6	1,7	0,7	0,7	0,0	1,5	0,5	1,3
14	1,3	1,0	1,5	0,9	0,6	1,4	0,8	1,0	0,0	0,4	1,1	1,5
15	0,9	1,3	0,4	1,1	2,6	2,1	1,1	0,9	0,0	0,7	0,6	0,6

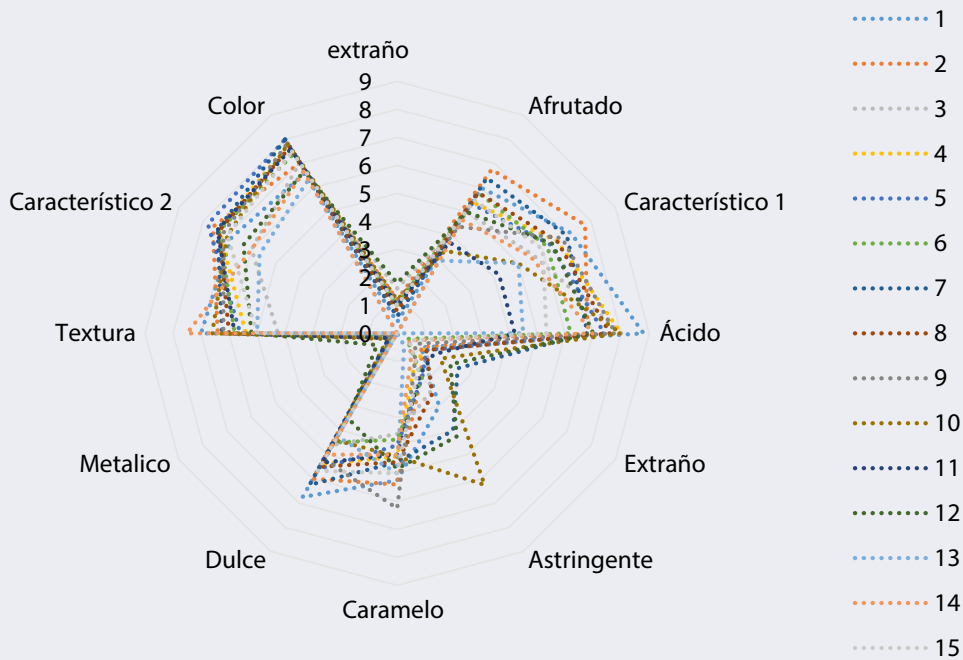
En las características de sabor se buscaron la trasferencias de atributos del zumo, el cual es ácido, sabores palpables a gulupa en el característico 2, la presencia de miel y azúcar con el dulzor y caramelo, propiedades desagradables o no apetecibles como metálico que se debió a los instrumentos de cocción empleados, astringente como la sensación de retrogusto, también la determinación de las sensaciones de textura consistente, para lo que se estableció que la formulación 1 con zumo es muy ácida al igual que dulce, la formulación 2 en zumo cuenta con una textura alta no similar a otras mermeladas, la mermelada 10 en zumo es muy astringente y la número 11 tiene características propias de sabor a la gulupa, todas con igual concentración de zumo en 40% y diferencias en los edulcorantes, el ANOVA en el parámetro global demostró que no hay diferencias estadísticas para extraño,

metálico, textura, y característico 2, diferencias significativas en ácido, astringente y dulce, para un $p < 0,05$ con un nivel de confianza del 95% y medida entre grupos por el test de Tukey.

El parámetro visual determina la aceptación y el agrado del color de las formulaciones. Los jueces estimaron valores similares para las 15 formulaciones entre 7 y 8 para la formulación 13 con una concentración de 60% de zumo, no existen diferencias significativas entre las muestras.

Encontrar la fórmula ideal precisa de criterios de niveles bajos en ácido, extraño, astringente y metálico, nivel medio en caramelo, dulce y textura y altos en afrutado, color y característico 1-2, en el cual la formulación 5 se halló en mejores ajustes con una concentración de 40% de zumo, 20% de miel y 30% de azúcar.

Figura 50. Esquema radial de los valores medios de los jurados para cada atributo



CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de la caracterización de la *Passiflora edulis* Sims var. *edulis* (gulupa), producida en la región de Anaime, municipio de Cajamarca, Toluima, contribuyen a determinar sus posibles beneficios y potencialidades en el sector agroalimentario e industrial a través del desarrollo de nuevos productos, que ofrezcan un valor agregado. De igual forma, la evaluación de muestras de diferentes cultivos permite establecer las diferencias entre ellos, posiblemente debido a condiciones agroecológicas que afectan las propiedades fisicoquímicas de los frutos.

Se evaluaron las diferentes características fisicoquímicas en los frutos de la gulupa, lo cual contribuyó a la generación de nuevos proyectos de investigación en el área de desarrollo de matrices alimentarias, como es el caso de la elaboración de una mermelada a partir de la pulpa de gulupa adicionada con pectina extraída de las cáscaras del fruto y la posible liofilización de la pulpa de gulupa como método de conservación.

Se determinó la capacidad de antioxidante presente en una fracción de la pulpa de la *Passiflora edulis* Sims var. *edulis*, lo cual evidenció contenido de sustancias antioxidantes, que dieron como resultado la presencia de fenoles totales y flavonoides.

Se estimó la variabilidad de la fracción de mineral que constituyen los sólidos fijos totales presentes en la fracción de la pulpa de la *Passiflora edulis* Sims var. *edulis*, entre estos tenemos sodio (Na), zinc (Zn), magnesio (Mg) y potasio (K), por medio de la técnica espectrofotométrica de absorción atómica.

El consumo de esta fruta fresca dentro de una dieta balanceada puede contribuir a minimizar la oxidación producida por los radicales libres, que se encuentran presentes dentro del organismo y son factores causantes de enfermedades de alto riesgo para la salud humana.

CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)

PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

Se elaboraron los diferentes protocolos para la determinación de propiedades físico-químicas y de la actividad antioxidante para la pulpa de la especie *Passiflora edulis* Sims var. *edulis*.

Se concluye que la elaboración de una confitura a partir del zumo de gulupa endulzado con miel de abeja tiene gran potencial para la producción en masa y el diseño de una planta piloto con evaluación de costos/presupuesto; las características físico-químicas del zumo son muy apreciables, con un alto contenido de azúcares, humedad, sólidos solubles, entre otros, que son transferibles a la formulación de la mermelada, en especial la acidez y pH, el contenido de acidez y la baja concentración de enzima PE impulsan los procesos de conserva sin la adición de conservantes; las pectinas extraídas tienen el potencial para extracción a escala por poseer condiciones de alto metoxilo; el diseño factorial completo permite el diseño de formulaciones para encontrar las condiciones ideales en una formulación como la mermelada 5, para la evaluación de parámetros físico-químicos en la formulación encontramos criterios que se asocian con la calidad, posee una humedad baja y una A_w concordante con las confituras de mermelada, los análisis microbiológicos demostraron una mínima carga microbiana y el análisis sensorial comprobó el atractivo y aceptación de la mermelada.



REFERENCIAS

- Ángel, C., Nates, G., Ospina, R., Melo, C.; Amaya M. (2011). Biología floral y reproductiva de la gulupa *Passiflora edulis* Sims f. *Edulis*. En: *Caldasia* 33 (2): 433 – 451.
- Angulo, C. R. (2009). Gulupa (*Passiflora edulis* var. *edulis* Sims.). Bogotá: Bayer Crop Science. 28 pp.
- Baltazar, R., Carbajal, D., Baca, N. y Salvador, D. (2013). Optimización de las condiciones de extracción de pectina a partir de cáscara de limón francés (*Citrus medica*) utilizando la metodología de superficie de respuesta. *Revista Agroindustrial Science* 3(2): 77-89.
- Barrante Salas, A. (2009). *Desarrollo de una mermelada sin adición de azúcar empleando gomas que produzcan geles similares a la pectina y evaluación de los costos de materia prima* [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2525>
- Carranza Rojas, L. F., & Acevedo Osorio, Á. (2017). Cajamarca, Colombia: entre el oro a cielo abierto y la agroecología a campo abierto. *Estrategias de persistencia social y productiva*. *Leisa*, 34(4).
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). Manual Gulupa. Biblioteca Digital <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14314/Gulupa.pdf?sequence=1&i-sAllowed=y>

- Cardona, L., Muñoz L., Imbachí, P., Martínez, B., Passaro, C. (2017). Manual para el Análisis de Biocompuestos en Frutas. Aplicaciones en el Estudio de GULUPA. Servicio Nacional de Aprendizaje. Rionegro – SENA. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/4696/1/biocompuestos_frutas.pdf
- Carvajal, L. M., Turbay, S., Álvarez, L. M., Rodríguez, A., Álvarez, M., Bonilla, K., Restrepo, S. y Parra, M. (2014). Propiedades funcionales y nutricionales de seis especies de pasiiflora (passifloraceae) del departamento del Huila, Colombia. *Caldasia*, 36(1), 1–15. <http://dx.doi.org/10.15446/caldasia.v36n1.21243>
- Carvajal, S., Viviana., Aristizabal, L., M., Vallejo, S., Alejandra. (2012). Caracterización del crecimiento del fruto de la gulupa (*Passifloraceae edulis f. edulis Sims.*). *agron.* 20(1): 77 - 88, [Http://Agronomia.Ucaldas.Edu.Co/Downloads/Agronomia20\(1\)_8.Pdf](Http://Agronomia.Ucaldas.Edu.Co/Downloads/Agronomia20(1)_8.Pdf)
- Carvajal, L. M., Turbay, S., Rojano, B., Álvarez, L., Restrepo, S., Álvarez, J., Bonilla, K., Ochoa, C. y Sánchez, N. (2011). Some *Passiflora* species and their antioxidant capacity. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 16(4), 354-363. <http://www.medigraphic.com/pdfs/revcubplamed/cpm-2011/cpm114g.pdf>
- Castaño E. (2016). Los antioxidantes. *Cienciadelux*. <https://lidiakonlaquimica.wordpress.com/2016/02/12/los-antioxidantes/>
- Climate Data. (s.f.). Clima Anaime (Colombia). <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/tolima/anaime-221465/>
- Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E. y García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content, and vitamin C in pulpe, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. *Food Research International*, 44(7), 2047–2053. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.003>
- Contreras, K., Figueroa, J. y Márquez, C. (2016). Caracterización de mermeladas de tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*) elaborados con edulcorantes no calóricos. *Agronomía Colombiana Suplemento*, 34(1), 990–993. Doi: 10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58206
- Coronado, M, Vega y León, S., Gutierrez, R., Vázquez, M. y Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2), 209–212. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014>

- Dhawan, K., Dhawan, S. & Sharma, A. (2004). Passiflora: a review update. *Journal of Ethnopharmacology* 94, 1–23.
- Dudonne, S., Vitrac, X., Coutiere, P., Woillez, M., & Merillon, J. (2009). Comparative study of antioxidant properties and total phenolic content of 30 plant extracts of industrial interest using DPPH, ABTS, FRAP, SOD, and ORAC assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 1768-1774.
- Fischer, G. (2000). Efecto de las condiciones en precosecha sobre la calidad poscosecha de los frutos. *Revista Comalfi*. Vol 27, N°1-2, p. 39-50.
- Fonseca, D.I. y N.M. Ospina. (2007). Relación semilla/fruto en dos pasifloras: granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) y gulupa (*Passiflora edulis* Sims.). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá
- Flórez, L. M. (2012). *Caracterización fisiológica y bioquímica del fruto de gulupa (Passiflora edulis Sims) bajo tres ambientes contrastantes* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN.
- Franco, G. (2013). *Caracterización fisiológica del fruto de gulupa (Passiflora edulis Sims), en condiciones del bosque húmedo montano bajo de Colombia* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN.
- Franco, G., Cartagena, J. y Correa, G. (2014). Analysis of purple passion fruit (*passiflora edulis* Sims) growth under ecological conditions of the colombian lower montane rain forest. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 17(2), 391–400.
- Furlaneto, K. A., Ramos, J. A., Daiuto, É. R., Vietes, R. y Carvalho, L. R. (2015). Elaboração e aceitabilidade da geleia convencional e light de maná cubiu / preparation and acceptability of the conventional. *Nativa*, 3(4), 276–280. <https://doi.org/10.14583/2318-7670.v03n04a09>
- Fuster, V. (2004). Mermeladas y confituras. En J. Boatella, R. Codony y P. López (Coord.), *Química y Bioquímica de los alimentos II*. Universidad de Barcelona.

- Granados P., W., Lara P., L. (2018). Cadena de *pasifloráceas* Indicadores e Instrumentos (Mayo-Junio 2018). Miniagricultura. Unidos por un nuevo país. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Pasifloráceas/Documentos/002%20-%20Cifras%20Sectoriales/002%20-%20Cifras%20Sectoriales%20-%202018%20Mayo%20Pasifloráceas.pdf>.
- Granados, C.; Tinoco, K., Granados, E., Pájaro-Castro, N. y García, Y. (2017). Caracterización química y evaluación de la actividad antioxidante de la pulpa de *Passiflora edulis* Sims (gulupa). Revista Cubana de Plantas Medicinales, 22(2). <http://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/513/256>
- Guerrero, L. E; Potosí, G. C., Melgarejo, L. M., Hoyos, C. L. (2014). Manejo agronómico de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) en el marco de las buenas prácticas agrícolas (BPA) en L. M. Melgarejo (Ed.) *Ecofisiología del cultivo de la gulupa (Passiflora edulis Sims)* (pp. 123-132). Editorial UN.
- Gutiérrez., M., I.; Miranda., D.; Cardenas., H., J., F. (2011). Efecto de tratamientos pregerminativos sobre la germinación de semillas de *Passiflora edulis* Sims var. *edulis* var. *edulis* (gulupa) y cholupa. Revista Colombiana de Ciencia Hortícolas. Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v5n2/v5n2a05.pdf>
- Hernández, A., & Bernal, R. (2000). Lista de Especies de Passifloraceae de Colombia. Biota Colombia, Instituto Humboldt, 1(3), 320–335.
- Higuera, M. C. (2017). Aprovechamiento de la cáscara de gulupa como fuente de pectina para la industria alimentaria [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. Ciencia UniSalle.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2007). *Norma Técnica Colombiana 1273, Miel de abejas*. ICONTEC.
- Javanmardi, J. (2003). Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. Food Chemistry 83:547-550.
- Jiménez, A. M., Sierra, C. A., Rodríguez-Pulido, F. J., González-Miret, M. L., Heredia, F. J. y Osorio, C. (2011). Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims fo *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International*, 44(7), 1912–1918. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.11.007>

- Jiménez, Y. 2006. El cultivo de la gulupa *Passiflora edulis* Sims. Trabajo final. Especialización en Horticultura, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- Katalinic v., Modun D., Music I., Boban M. (2005). Gender differences in antioxidant capacity of rat tissues determined by 2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline 6sulfonate; ABTS) and ferric reducing antioxidant power FRAP assays. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*; 140: 47-52.
- Kidøy, L., Nygard, A.M., Andersen, O.M., Pedersen, A.T., Aksnes, D.W. & Kiremire, B.T. (1997). Anthocyanins in Fruits of *Passiflora edulis* and *P. suberosa*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 54, 49–54
- Liria Domínguez, M. R. (2007). Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Lima
- Lobo, M. y C.I. Medina. 2000. Maracujá roxo (*Passiflora edulis* Sims. f. *edulis*). pp. 4850. En: Caracterização de frutas nativas de América Latina. Série Frutas nativas de América 9. Edição Comemorativa do 30º Aniversario da Sociedade Brasileira de Fruticultura. Jaboticabal, Brasil.
- Londoño, J. A. (2012). Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. Corporación Universitaria Lasallista. <http://hdl.handle.net/10567/133>
- López, R. G., Ramírez, A. y Graziani, L. (2000). Evaluación fisicoquímica y microbiológica de tres mermeladas comerciales de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(3), 291–295. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000300013
- López Velázquez, J. E. (2012). *Desarrollo de un prototipo de jalea de guayaba (Psidium guajava) utilizando miel de abeja* [Tesis de grado, Escuela Agrícola Panamericana]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1243>
- Martínez Camargo, M.A. (2020). Caracterización de la diversidad genética de *passifloras* en el departamento de Boyacá con fines de aprovechamiento y conservación. (Tesis de maestría). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja. <http://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3684>

- Martínez de Victoria, E. (2015). Compuestos bioactivos y salud: mitos y realidades. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(1). <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-47/>
- Medina, S., Collado, J., Ferreres, F.; Londoño, J., Jiménez, C., Guy, A., Durand, T., Galano, J. M. y Gil, A. (2017). Quantification of phytoprostanes - bioactive oxylipins - and phenolic compounds of *Passiflora edulis* Sims shell using UH-PLC-QqQ-MS/MS and LC-IT-DAD-MS/MS. *Food Chemistry*, 229,1-8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.049>
- Melgarejo, L. M. y Hernández, M. (Eds.). (2011). *Poscosecha de la gulupa (passiflora edulis Sims)*. Universidad Nacional de Colombia.
- Menéndez, O., Lozano, S., Arenas, M., Bermúdez, K., Del Villar, A. y Jiménez, A. (2014). Cambios en la actividad de alfa-amilasa, pectinmetilesterasa y pologalacturonasa durante la maduración del maracuyá amarillo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa degener*). *Interciencia*, 31(10), 728–733.
- Meneses-Marentes, N., Herrera-Ramírez, E. y Tarazona-Díaz, M. (2019). Caracterización y estabilidad de un extracto rico en antocianinas a partir de corteza de gulupa. *Revista Colombiana de Química*, 48(2), 27-32. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v48n2.76682>
- Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. y Van Beek, T.A. (2004). *Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts*. *Food Chemistry*, 85, 231–237. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.05.007>
- Miranda, D., Fischer, G., Carranza, C., Magnitskiy, S., Casierra, F., Piedrahíta, W., Flórez, L.E. (2009). Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Bogotá, Colombia: Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas.
- Molina Soler, D. E. (2016). Extracción de pectina de frutos amazónicos mediante un proceso asistido por microondas [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN.
- Moreno, E., Ortiz, B. L. y Restrepo, L. P. (2014). Contenido total de fenoles y actividad antioxidante de pulpa de seis frutas tropicales. *Revista Colombiana de Química*, 43(3), 41–48. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v43n3.53615>

- Muñoz, L., Imbachí, P., Ospina, L., Quiceno, J., Cardona, L., David, D., Román, M., Betancur, M., Cadavid, N., Martínez, B., Ordoñez, J., Arias, M., Argumedo, C. y Passaro, C. (2017). *Antocianinas a partir de subproductos de gulupa*. SENA. <https://hdl.handle.net/11404/4691>
- Muñoz-López, C., Urrea-García, G. R., Jiménez-Fernández, M., Rodríguez-Jiménez, G. y Luna-Solano, G. (2018). Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades fisicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación de rodajas de ciruela (*spondias purpurea* l.). *Agrociencia*, 52(1), 1–13. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000100001&lng=es&tlng=es.
- Naranjo Martínez, J. I. (2016). *Evaluación de dos métodos para la obtención de extractos con actividad antioxidante a partir de gulupa (Passiflora edulis Sims var. edulis.) con aplicación en productos mínimamente procesados* [Tesis de pregrado, Universidad de la Salle]. Ciencia Unisalle
- Nakasone, H.; Paull, R. (1998). Passion-fruit. pp. 270-291. En: Nakasone, H.; Paull, R. Tropical Fruits. Wallingford, U.K.: Editorial CAB International.
- Norma Técnica colombiana. (2009). *Ntc 4092 Microbiología Laboratorio*.
- Ocampo, P. y Merlín-Urbe, Y. (2014). *Pasifloras de Colombia (Passifloraceae)*. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3932.5528>
- Ocampo, J. y Morales, G. (2012). Aspectos generales de la Gulupa. En: J. Ocampo y K. Wyckhuys (Eds.). *Tecnología para el cultivo de la Gulupa (Passifloraceae edulis f. edulis Sims)* en Colombia (pp. 7-12). Universidad Jorge Tadeo Lozano. https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/wysiwyg/pub_52_tecnologia_para_el_cultivo_de_la_gulupa.pdf
- Ocampo, J. y Wyckhuys, K. (Eds.). (2012). *Tecnología para el cultivo de la gulupa (Passifloraceae edulis f. edulis Sims)* en Colombia. Centro de BioSistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. https://www.utadeo.edu.co/sites/tadeo/files/node/wysiwyg/pub_52_tecnologia_para_el_cultivo_de_la_gulupa.pdf

- Ocampo P., J., G. Coppens d'Eeckenbrugge, M. Restrepo, A. Jarvis, M. Salazar y C. Caetano. (2007). Diversity of Colombian Passifloraceae: biogeography and an updated list for conservation. *Biota Colomb.* 8(1), 1-45.
- Ojasild Ramírez, E., L. (2009). Elaboración de néctares de gulupa (*Passifloraceae edulis f. edulis*) y curuba (*Passifloraceae mollissima*). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Bogotá D.C. <http://www.bdigital.unal.edu.co/2449/1/107416.2009.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO]. (1992). Manuales para el control de calidad de los alimentos 12. La garantía de calidad en el laboratorio microbiológico de control de los alimentos. <https://www.fao.org/3/t0451s/t0451s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Organización Mundial de la Salud [OMS]. (1981). *Norma para la miel, CXS 12-1981*. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012s.pdf
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] y Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2009). *Norma para las confituras, jaleas y mermeladas, CXS 296-2009*. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B296-2009%252FCXS_296s.pdf
- Orjuela Baquero, N.M., Campos, A., Sánchez Nieves, J., Melgarejo, L.M., Hernández, S., M. (2011) Manual De Manejo Poscosecha de La Gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*). http://www.bdigital.unal.edu.co/8532/3/03_Cap01.pdf
- Ortiz Vallejo, D., C. (2010). *Estudio de la variabilidad genética en materiales comerciales de gulupa (Passifloraceae edulis f. edulis Sims) en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio institucional UN.
- Ou, B. X., Huang, D. J., Hampsch-Woodill, M., Flanagan, J. A., & Deemer, E. K. (2002). Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays: A comparative study. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(11), 31223128.

- Parra., J.; Quevedo., R.; Parababi., E. (2013). Determinación de parámetros Fisicoquímicos, Sensoriales y de Textura en la elaboración de conservas de frutas. https://www.academia.edu/22071629/Determinaci%C3%B3n_de_Par%C3%A1metros_F%C3%ADsicoqu%C3%ADmicos_Sensoriales_y_de_Textura_en_la_Elaboraci%C3%B3n_de_Conservas_de_Frutas
- Pachón, L. A., Montaña Rodríguez, A., & Fischer, G. (2006). Efecto del empaque, en-cerado y temperatura sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de la gulupa (*Passiflora edulis* f. *edulis*) en postcosecha. (September).
- Perea Dallos, M.; Fischer, G. y Miranda, D. (2010). *Passifloraceae Passifloraceae* Maracuyá, Granadilla, Curuba, Gulupa en M. Perea Dallos, L. P. Matallana y A. Tirado (Eds.), Biotecnología aplicada al mejoramiento de los cultivos de frutas tropicales (pp. 350-390). Universidad Nacional de Colombia. https://www.researchgate.net/publication/257765541_Passifloraceae_Passifloraceae_Maracuya_Granadilla_Curuba_Gulupa
- Pinzón, I., Fischer, G. y Corredor, G. (2007). Determinación de los estados de madurez de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims). *Agronomía Colombiana*, 25(1), 83-95. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-99652007000100010
- Prior, R. L., Wu, X. L., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(10), 4290-4302.
- Proyecto Merlín II, Asohofrucol. (2010). Protocolo técnico y logístico de frutas. http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_124_frutas.pdf
- Quintanar, M. y Calderón, J. (2009). La capacidad antioxidante total. Bases y aplicaciones. *Revista de Educación Bioquímica*, 28(3), 89.101. <https://www.redalyc.org/pdf/490/49016098004.pdf>
- Quintero-Lira, A., Piloni-Martíni, J., Guemes-Vera, N., Gutiérrez-Fernández, A. K., Garrido-Isla, E. y Cruz Arellano, V. S. (2016). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de una mermelada elaborada a base de nopal (*opuntia ficus-indica*) utilizando pectina industrial y natural. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 857-862.

- Quintero, M. (2018). ¿Por qué algunas frutas y verduras conducen la electricidad?. <https://www.tekcrispy.com/2018/06/02/frutas-verduras-electricidad/>
- Ramírez-Miranda, M, M., Cruz y Victoria, M. T., Vizcarra-Mendoza, M. y Anaya-Sosa, I. (2014). Determinación de las isotermas de sorción y las propiedades termodinámicas de harina de maíz nixtamalizada. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 13(1),165-178. <https://www.redalyc.org/pdf/620/62031166013.pdf>
- Ramírez López, J. (2014). Cajamarca, de despensa agrícola en Colombia, a exportador a suelo europeo. <http://m.elnuevodia.com.co/nuevodia/ciudadania/contacto-agropecuario/230325-cajamarca-de-despensa-agricola-en-colombia-a-exportador-a-su>
- Reglero Rada, G. (2011). *Curso de análisis sensorial de alimentos*. Instituto de Investigación de Ciencias de la Alimentación-Universidad Autónoma de Madrid.
- Rodríguez, L., Reyes, J., Burchiel, S., D. Herrera & Torres, E. (2008). Risks and benefits of commonly used herbal medicine in Mexico. *Toxicology and Applied pharmacology* 227: 125-135.
- Rodríguez, M.; García, C. (2010). Poscosecha, procesamiento y análisis nutracéutico de gulupa (*Passiflora edulis* Sims) y curuba (*Passiflora tripartita* var *mollissima*). En: Primer Congreso Latinoamericano de Pasiflora. Resumen. Memorias. Neiva, Huila, Colombia. p. 107.
- Ronquillo Tellez, A. L., Lozcano Rocha, M. V, Lozcano Hernández, M. A., Navarro Cruz, A. R. y Dávila Márquez, R. M. (2016). Desarrollo y caracterización de un producto arándano-miel. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 372–377. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volumel1/1/3/63.pdf>
- Rudnicki, M., de Oliveira, M. R., Veiga Pereira, T. da, Reginatto, F. H., Dal-Pizzol, F., & Fonseca Moreira, J. C. (2007). Antioxidant and antiglycation properties of *Passiflora alata* and *Passiflora edulis* extracts. *Food Chemistry*, 100(2), 719–724. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.043>
- Sanabria, N.A. (2010). Reconcimiento de enfermedades en gulupa (*Passiflora edulis* Sims) en el departamento de Boyacá. Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana.

- Schencke, C.; Vasconcellos, A.; Salvo, J.; Veuthey, C. & del Sol, M. (2015). Efecto cicatrizante de la miel de ulmo (*Eucryphia cordifolia*) suplementada con ácido ascórbico como tratamiento en quemaduras. *Int. J. Morphol.*, 33(1):137-43.
- Shan, B., Cai, Y. Z., Sun, M. and Corke, H. 2005. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry* 53: 7749–7759.
- Severiano, P., Gómez, D., Mendez, C., Pedrero, D., Gómez, C., Ríos, S., Escamilla, A. y Utrera, M. (2010). *Manual de evaluación sensorial*. Facultad de Química, Universidad Autónoma de México.
- Sousa, R. A. de, Almeida, R., Silva, C. y Macêdo, A. (2017). Propriedades elétricas dos filmes de polissacarídeos. *The Journal of Engineering and Exact Sciences*, 3(8), 1243–1249. <https://doi.org/10.18540/jcecvl3iss8pp1243-1249>
- Sanabria, N. (2010). *Reconocimiento de enfermedades en gulupa (Passiflora edulis Sims) en el departamento de Boyacá* [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Javeriana]. <http://hdl.handle.net/10554/8664>
- Sánchez, A. (2018). *Características antioxidantes de propóleos de diferentes orígenes geográficos* [Trabajo de grado, Universidad de Valencia]. <http://hdl.handle.net/10251/109879>
- Sanz, C. (2021). Proyecto de una industria de elaboración de mermelada con fruta de temperada de 644.00 kg al año de producción en Écija (Sevilla). Trabajo de grado. Universidad Politécnica de Madrid.
- Serpa, A. M., Barajas, J. A., Velásquez, J. A., Vélez, L. M. y Zuluaga., R. (2015). Desarrollo de un refresco a partir de la mezcla de fresa (*Fragaria ananassa*), mora (*Rubus glaucus*), gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) y uchuva (*Physalis peruviana* L.) fortificado con hierro y dirigida a niños en edad pre-escolar. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 17(2), 151-163. <https://doi.org/10.17533/udea.penh.v17n2a05>
- Shiomi, S., L.S. Wanocho y S.G. Agong. (1996). Ripening characteristics of purple passion fruit on and off the vine. *Postharvest Biol. Technol.* 7, 161-170.

CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)

PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

- Urrego, N. (2017). Contribución al estudio fitoquímico y a la evaluación de la actividad antiinflamatoria de las hojas de badea (*passiflora quadrangularis*) y gulupa (*Passiflora edulis* var. *edulis*) [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN.
- Ulloa, J. A., Mondragón, P. M., Rodríguez, R., Reséndiz, J. y Rosas, P. (2010). La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente*, 2(4), 11–18.
- Wongsa, P., Chaiwarit, J., Zamaludien, A. (2012) In vitro screening of phenolic compounds, potential inhibition against α -amylase and α -glucosidase of culinary herbs in Thailand. *Food Chemistry* 131(3): 964-971. <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/437>
- Zamora, L. G. y Arias, M. L. (2011). Calidad microbiológica y actividad antimicrobiana de la miel de abejas sin aguijón. *Revista Biomédica*, 22(2), 59–66. <https://doi.org/10.32776/revbiomed.v22i2.101>
- Zandamela Mungói, E. (2008). Caracterización físicoquímica y evaluación sanitaria de la miel de mozambique [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]. <http://hdl.handle.net/10803/5701>
- Zheng, W. and Wang, S. (2001). Antioxidant activity and phenolic composition in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 5165-5170.
- Zibadi, S. & Watson, R. (2004). Passion Fruit (*Passiflora edulis*) Composition, Efficacy and Safety. *Evidence-Based Integrative Medicine*; 1 (3)



El consumo de esta fruta fresca dentro de una dieta balanceada puede contribuir a minimizar la oxidación producida por los radicales libres.

APÉNDICE A

Ficha de caracterización de la zona de estudio



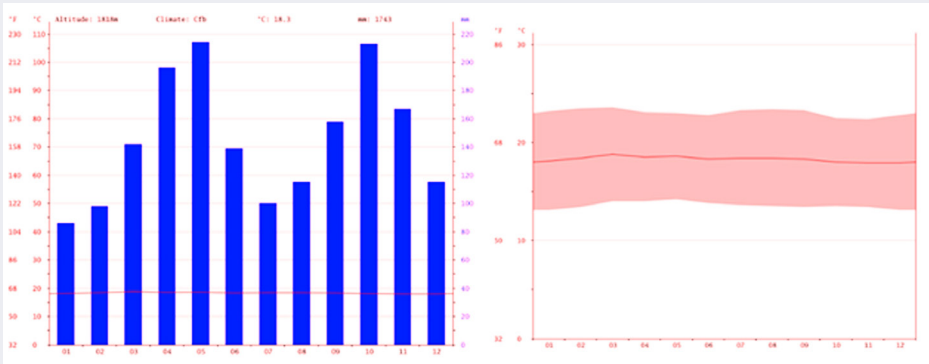
Universidad Nacional Abierta y a Distancia
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería
Programa De Química
Caracterización Fisicoquímica y Actividad Antioxidante
de (*Passiflora Edulis Sims*) Gulupa
DATOS DE CAMPO



FECHA	
DEPARTAMENTO	
MUNICIPIO	
LOCALIDAD	
NOMBRE DE LA FINCA	
ALTITUD	msnm
TEMPERATURA	°C
ZONA BIOGEOGRAFICA	
POSICIONAMIENTO GLOBAL	L.N
POSICIONAMIENTO GLOBAL	L.O
PRECIPITACIÓN DE LA ZONA	mmHg/Ado
HUMEDAD RELATIVA (H.R)	%
CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS	
TIPO DE VEGETACIÓN EN LA ZONA	
TIPO DE CULTIVO	
NUMERO DE LOTE	
FECHA DE SIEMBRA	
ÁREA DEL SEMBRADO	
NUMERO DE PLANTAS	
NUMERO DE SURCOS	
LARGO DEL SURCO	
DISTANCIA ENTRE SURCOS	
DISTANCIA DE CADA PLANTA EN EL	
MISMO SURCO	
TAMAÑO DE LA PLANTA	
EDAD DEL SEMBRADO	

APÉNDICE B

Climograma de la región de Anaime



Climograma de la Región de Anaime

Temperatura de la Región de Anaime

Climática datos históricos del tiempo de anaime"												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura Media(°C)	18.1	18.4	18.8	18.5	18.6	18.3	18.4	18.4	18.3	18.0	17.9	17.9
Temperatura Mín. (°C)	13.1	13.4	14.0	14.0	14.2	13.8	13.6	13.5	13.4	13.5	13.4	13.1
Temperatura Máx. (°C)	23.2	23.5	23.6	23.1	23.0	22.8	23.3	23.4	23.3	22.5	22.4	22.8
Temperatura Media(°F)	64.6	65.1	65.8	65.3	65.5	64.9	65.1	65.1	64.9	64.4	64.2	64.2
Temperatura Mín(°F)	55.6	56.1	57.2	57.2	56.0	56.8	56.5	56.3	56.1	56.3	56.1	55.6
Temperatura Máx (°F)	73.8	74.3	74.5	73.6	73.4	73.0	73.9	74.1	73.9	72.5	72.3	73.0
Precipitación (mm)	86	98	142	196	214	139	100	115	158	213	167	115
Tomado de: Climate- Data. Org. Modificada Autores												

APÉNDICE C

Fotos de la zona de estudio, región de Anaime

A



B



C



D



E



F



G



CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)
 PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

H



I



J



K



L



LI



M



N



Ñ



O



P



Q



R



S



T



U



CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)
 PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

V



W



X



Y



Z



Nota. A-B). Finca la Florida. C). Identificación lote n.º 2. D-LI). Zona de muestreo. M-R) Identificación botánica de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa. S-V). Recolección de muestras. W-Y). Zona de acopio. Z). Material biológico para análisis.

APÉNDICE D

Protocolos para determinación de análisis fisicoquímicos

Protocolo obtención de la pulpa de la gulupa

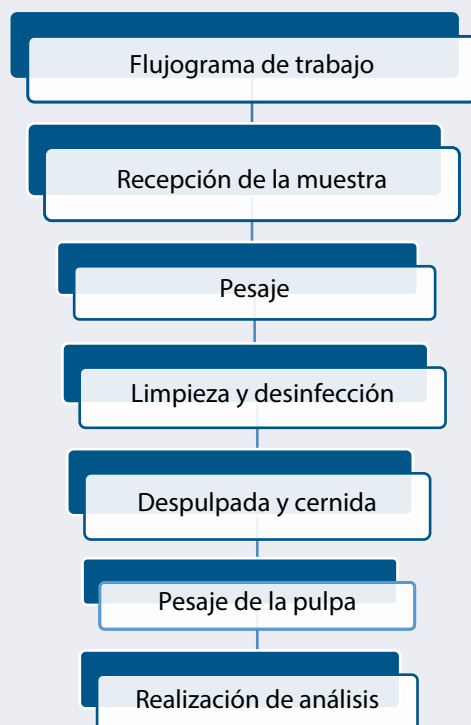
Objetivo

Obtener una fracción de la pulpa de la gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*)

Fundamento

El jugo o pulpa de la fruta es un sistema multifásico con fase continua acuosa y fase dispersa sólida. La fase acuosa es una disolución de azúcares, sales y otros solutos de bajo peso molecular, y la fase dispersa cuenta con otros solutos como proteínas solubles.

Las frutas tropicales como la *Passiflora edulis* Sims var. *edulis* (gulupa) suministran al organismo cantidades apreciables de ácido ascórbico, minerales y cantidad de actividad antioxidante requeridos para una buena salud.



Reactivos y materiales

Reactivos

- Cloro granulado solución a una concentración del 2%.

Materiales

- Beaker
- Balanza
- Picnómetro
- Frascos de 250 ml tapa azul (Schot)

Clasificación de la fruta

- Frutos enteros
- Color como índice de madurez
- Forma característica de la *Passiflora edulis* Sims var. *edulis* (gulupa)
- Aspecto fresco y consistente firme
- Sanos, libres de síntomas/Signos de ataques de insectos y de enfermedades
- Limpios, exentos de materiales o partículas extrañas visibles
- Dimensiones entre 45–60 mm de diámetro ecuatorial, 45–65 mm de diámetro longitudinal y peso entre 40 y 60 g.

Preparación de la muestra

Se toman los frutos de gulupa, previamente desinfectada y seleccionada, se realiza una incisión a la mitad por la línea ecuatorial con utensilios esterilizados y se extrae la pulpa, la cual se somete a procesos de cernido para eliminar semillas y mucilago, se obtiene la pulpa para su caracterización.

Se debe considerar que este proceso de obtención de la fracción de la pulpa de la fruta solo se hace una vez para todas las pruebas fisicoquímicas y aquí se procede a conservar la muestra para su debido análisis, teniendo en cuenta las condiciones ambientales como parámetro de temperatura y humedad relativa.

Determinación de la humedad en la gulupa

Objetivo

Determinar la humedad en una fracción de la pulpa de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

Fundamento

La determinación de humedad es una de las técnicas más importantes y de mayor uso en el procesado, control y conservación de los alimentos, puesto que la mayoría de los productos alimenticios poseen un contenido mayoritario de agua, así, por ejemplo, la leche posee un 88%, el yogurt, entre un 80 y 90%, las carnes frescas entre 60 y 75% y aún los llamados productos secos, como las leguminosas o el arroz, alcanzan un contenido de humedad de hasta un 12%. El contenido de humedad en un alimento es frecuentemente un índice de estabilidad del producto. Por otra parte, el control de la humedad es un factor decisivo en muchos procesos industriales tales como la molienda de cereales, el mezclado de productos sólidos finos, en la elaboración de pan, etcétera. Así mismo, en la evaluación de muchos procesos industriales es de gran importancia conocer el contenido de agua de los productos o materias primas para formular el producto y evaluar las pérdidas durante el procesado.

La determinación de humedad puede hacerse por:

Métodos directos:

- Métodos de secado
- En estufa de aire
- Por radiación infrarroja
- Método químico: Karl Fisher
- Método indirecto: Refractometría

Reactivos y materiales

Reactivos

- Ninguno

Materiales

- Muestras de una fracción de la pulpa de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.
- Pipeta
- Balanza
- Deseccador
- Vidrio de reloj
- Horno
- Pinzas

Procedimiento

1. Pesar el vidrio reloj vacío en la balanza analítica.
2. Colocar 2 g de la muestra aproximadamente sobre el vidrio de reloj (tomar peso nuevamente).
3. Pasar la muestra y el vidrio de reloj a un horno con temperatura de 100°C, dejando secar por un periodo de 2 horas.
4. Retirar las muestras del horno y dejar enfriar en un desecador hasta lograr la temperatura ambiente.
5. Tomar nuevamente el peso en la balanza analítica.
6. Realizar el mismo procedimiento por triplicado para cada muestra.
7. Aplicar fórmula para calcular el porcentaje de humedad.

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:

$$\%H = [(peso_{inicial} - peso_{final}) / peso_{inicial}] \times 100 \quad \text{Ec. (5)}$$

Determinación del pH en gulupa

Objetivo

Determinar el pH en una fracción de la pulpa de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

Fundamento

El pH o potencial de hidrógeno es una forma convencional y conveniente de expresar según una escala numérica el grado de acidez o basicidad y se define como una medida de la actividad de los iones hidrógeno en una solución electrolítica.

pH-metro: Un sensor que internamente realiza una medida de la diferencia de potencial entre dos electrodos, uno de referencia y otro de medida (externo). Obteniendo un preciso valor de diferencia de potencial.

El valor del PH indica la naturaleza acida, neutro o alcalina de un líquido.

El pH es la unidad de medición del grado de acidez o alcalinidad de una solución y es expresada como el logaritmo natural de la actividad y concentración del ion hidrógeno:
$$\text{pH} = -\text{Log} [\text{H}^+]$$

Donde $[\text{H}^+]$ es la concentración del ion hidrógeno.

El pH uno (1) es extremadamente ácido, el catorce (14) es extremadamente alcalino y el siete (7) es neutro.

Reactivos y materiales

Reactivos

- Agua destilada o desionizada
- Buffer (o amortiguadora) de pH 4.01
- Buffer (o amortiguadora) de pH 7.01
- Buffer (o amortiguadora) de pH 10

Materiales

- Agitador de vidrio.
- Equipo multiparámetro HQ 40 D Marca Hach
- Beaker

Ajuste del pH-metro

Conectar el equipo, enjuagar con agua desionizada la sonda, secar con un paño limpio, luego introducir la sonda en la solución Buffer 4.01, tomar lectura que arroja el equipo, enjuagar la sonda, secar y repetir el mismo procedimiento con la solución Buffer 7.01 y Buffer 10. El equipo queda ajustado para la toma de pH de la muestra.

Procedimiento

1. Tomar 100 gr de la muestra.
2. Introducir el electrodo en el vaso de precipitado con una fracción de la pulpa de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa de tal manera que la muestra cubra perfectamente al electrodo.
3. Realizar la medición del pH, tomar la lectura obtenida.
4. Sacar el electrodo, enjuagar con agua desionizada y secar.
5. Realizar el mismo procedimiento por triplicado.
6. Correlación de datos.

Determinación de la conductividad eléctrica en la gulupa

Objetivo

Determinar la conductividad eléctrica en una fracción de la pulpa de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

Fundamento

La conductividad eléctrica de un medio es una variable importante y se define como la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Así, los alimentos con elevada conductividad producen pequeños campos eléctricos y no son adecuados para tratamientos en procesos, la presencia de partículas en suspensión puede causar un aumento o una reducción de la intensidad del tratamiento.

Las frutas y verduras contienen vitaminas y minerales importantes para sobrevivir y mantenernos adecuadamente. Sin embargo, curiosamente, esos mismos alimentos contienen una gran cantidad de agua y, por lo tanto, en algunos casos, pueden conducir bien la electricidad. Otros ingredientes, como el ácido cítrico y el ácido ascórbico, aumentan la conductividad, y en algunos casos, el contenido de ácido es lo suficientemente alto como para crear un voltaje que puede alimentar pequeños componentes electrónicos.

Reactivos y materiales

Reactivos

- Agua destilada o desionizada
- Solución cloruro de sodio – patrón de $1000 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1} \pm 0.5$

Materiales

- Agitador de vidrio
- Equipo HANNA edge Ref. HI7631000 0 to 200 ms/cm
- Vaso de precipitado

Ajuste del conductímetro

Conectar el equipo, enjuagar con agua desionizada la sonda, secar con un paño limpio luego e introducir la sonda en la solución de cloruro de sodio – patrón de $1000 \mu\text{Scm}^{-1}\text{g}^{-1} \pm 0.5$, tomar lectura que arroja el equipo, enjuagar la sonda y secar. El equipo queda ajustado para medir la conductividad eléctrica de la muestra.

Procedimiento

1. Tomar 100 gr de la muestra.
2. Introducir el electrodo en el vaso de precipitado con una fracción de la pulpa de gulupa de tal manera que la muestra cubra perfectamente al electrodo.
3. Realizar la medición de la conductividad eléctrica, tomar la lectura obtenida.
4. Sacar el electrodo, enjuagar con agua desionizada y secar.
5. Realizar el mismo procedimiento por triplicado.

Determinación de la acidez titulable en la gulupa

Objetivo

Determinar la cantidad de acidez titulable presente en una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

Fundamento

La acidez libre (acidez titulable) representa a los ácidos orgánicos presentes que se encuentran libres y se mide neutralizando los jugos o extractos de frutas con una base fuerte, el pH aumenta durante la neutralización y la acidez titulable se calcula a partir de la cantidad de base necesaria para alcanzar el pH del punto final de la prueba; en la práctica se toma como punto final pH = 8.5 usando fenolftaleína como indicador. Bajo estas condiciones, los ácidos orgánicos libres y solo una parte del ácido fosfórico y fenoles totales están involucrados en el resultado final. Para reportar la acidez, se considera el ácido orgánico más abundante del producto vegetal, el cual varía dependiendo de la especie de que se trate, por lo que el resultado se expresa en términos de la cantidad del ácido dominante.

Reactivos y materiales

Reactivos

- Titulante patrón secundario: Hidróxido de sodio 0.1 N
- Fenolftaleína, como solución indicadora al 1%
- Agua destilada
- Titulante patrón primario biftalato de potasio

Materiales

- Pipeta graduada de 10 ml
- Pipeta volumétrica de 20 ml
- Matraz Erlenmeyer de 125 ml
- Bureta de 50 ml graduada en 0.1 ml
- Muestras de una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa

Procedimiento

Preparación de la muestra

Tomar una alícuota de 20 ml de una fracción de la pulpa de gulupa y colocarlo en un matraz. Poner en ebullición la muestra durante un minuto, con el objeto de eliminar el dióxido de carbono. Enfriar y valorar la acidez.

Medición de acidez

1. Llenar una bureta con una solución de hidróxido de sodio 0.1 N valorada
2. Tomar la lectura de la cantidad de solución en la bureta
3. La muestra en forma de solución se introduce en un matraz Erlenmeyer
4. Adicionar 5 gotas de fenolftaleína al 1% como indicador

Procedimiento para titulación

1. Adicionar gota por gota la solución de hidróxido de sodio, al mismo tiempo que se gira lentamente el matraz Erlenmeyer con muestra. Cuando aparece el color rosa se cierra la llave de la bureta y se sigue girando el frasco durante 15 segundos para ver si el color permanece. En caso contrario, se adiciona cada vez una gota extra de hidróxido de sodio.
2. Si el color permanece, se da por terminada la titulación.
3. Tomar la lectura en la bureta y calcular la cantidad de hidróxido de sodio usada para neutralizar la acidez de la muestra.
4. Calcular la acidez presente en la muestra.
5. Realizar el mismo procedimiento por triplicado.

Cálculo de la acidez

La acidez del producto se expresa como el porcentaje del ácido predominante en la muestra, ya sea como % de ácido cítrico, málico, láctico, etcétera.

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V \times N \times \text{Meq}}{\text{g o ml de muestra}} \times 100 \quad \text{Ec. (6)}$$

V = volumen de NaOH consumidos

N = normalidad del NaOH M eq

= peso miliequivalente del ácido predominante en la muestra.

Expresión de resultados

La acidez en la muestra expresada como ácido láctico se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez g/L (ácido láctico)} = (V \times N \times 90) / M \qquad \text{Ec. (7)}$$

En donde:

- V = Volumen de solución de hidróxido de sodio 0.1 N gastado en la titulación de la muestra, en ml.
- N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio.
- M = Volumen de la muestra, en ml.
- 90 = Equivalente del ácido láctico.

Observaciones y resultados

MUESTRA	VOLUMEN DE NaOH GASTADO	ACIDEZ (meq Ácido cítrico/g)
1		
2		
3		
4		

Determinación de sólidos soluble totales en gulupa

Objetivo

Determinar la cantidad de sacarosa presente en una fracción de la pulpa de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

Fundamento

El principio de medición se basa en la refracción de la luz (roto del latín: fractus) creada por la naturaleza y la concentración de los solutos (por ejemplo, el azúcar).



Es por esto que un refractómetro mide indirectamente la densidad relativa de los líquidos. La unidad de medida °Bx (grados Brix) lleva el nombre de Adolf F. Brix, un científico del siglo XIX. Según esa escala, 1 °Bx correspondería a un índice de refracción de una solución de sacarosa en agua al 1 % (Kruss Optronic).

Los grados Brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en alimento expresados en porcentaje de sacarosa. Los sólidos solubles están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de los alimentos. Se determinan empleando un refractómetro calibrado y a 20°C.

Este equipo permite determinar con exactitud el extracto total que se ofrece en grados Brix (°Bx).

La medición de grados Brix es muy importante para conocer hasta dónde concentrar un alimento o qué cantidad de azúcar debo agregar para que quede siempre con el mismo sabor. Dicha medición se puede realizar por medio de un refractómetro.

°Brix = Porcentaje de azúcar presente en una solución. También representa la relación entre masa del azúcar y el volumen de la solución (g/ml) (Kg/L).

Los zumos de fruta contienen sacarosa, pero también otros azúcares, ácidos, como el ácido ascórbico o el ácido cítrico y minerales. Pero contienen también aditivos como vitaminas, gluconato ferroso, compuestos de calcio o pectinas, para aportar la viscosidad deseada a los zumos, afectan al índice de refracción. Dado que los ácidos de frutas tienen un índice de refracción considerablemente menor que el de la sacarosa, su concentración se determina comúnmente mediante análisis volumétricos y el valor para los grados Brix se corrige a través de tablas. Es por esto que en los intercambios comerciales la medida se describe también como: °Brix ref. = Resultado de medición no corregido °Bx corr. = Resultado de medición tras la corrección ácida (Kruss Optronic).

La cantidad de azúcar en la fruta es esencial, ya sea para consumo en fresco mejorando su sabor, como para la elaboración de ciertos productos, ya que las normativas exigen que se mantenga un contenido de sólidos de azúcar determinado.

Reactivos y materiales

Reactivos

- Agua desionizada

Materiales

- 100 gr de una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa
- Refractómetro
- Beaker
- Gotero

Ajuste del refractómetro

Limpiar y secar cuidadosamente la tapa y el prisma con un paño limpio antes del ajuste del equipo para remover partículas, se colocan una o dos gotas de agua desionizada en el prisma para su calibración. Si el límite claro/oscura no se encuentra en 0%, ajustar el equipo con ayuda del tornillo de calibración.

Quedando el equipo ajustado para la toma de grados Brix (°Bx) de la muestra.

Procedimiento

1. Tomar 100 gr de la muestra.
2. Dejar caer mediante un gotero 1 o 2 gotas de una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa en el prisma de tal manera que la muestra lo cubra, tapar.
3. Realizar la medición de los grados Brix (°Bx).
4. Tomar la lectura obtenida.
5. Abrir la tapa, limpiar el prisma con ayuda de un paño y agua desionizada, luego secar.
6. Realizar el mismo procedimiento por triplicado.
7. Correlacionar de datos.

Determinación de la densidad relativa de la gulupa

Objetivo

Determinar la densidad relativa en una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa, por medio del picnómetro, bajo temperatura controlada y tomando como referencia la masa y la densidad relativa del agua destilada.

Fundamento

La densidad relativa o masa específica de una sustancia se define como la masa de su unidad de volumen [g/ml] y se determina por peso. La densidad relativa depende de la temperatura y la presión. Aunque la temperatura debe especificarse junto con la densidad relativa, la presión no es necesaria en el caso de líquidos y sólidos porque son prácticamente incompresibles. En la práctica, en lugar de la densidad relativa se determina el denominado cociente de peso sumergido, que se obtiene dividiendo el peso sumergido de la muestra a investigar por el de la sustancia de referencia que generalmente es agua en presencia de aire. El valor obtenido se expresa como índice adimensional conocido como densidad relativa.

La densidad relativa se midió con un picnómetro, que relaciona la masa de un volumen determinado de muestra a 20°C y la masa del mismo volumen de agua destilada a la misma temperatura.

El picnómetro es un instrumento sencillo utilizado para determinar la precisión de la densidad relativa de líquidos. Su característica principal es mantener un volumen fijo al colocar diferentes líquidos en su interior. Esto sirve para comparar la densidad relativa de dos líquidos pesando el picnómetro con cada líquido por separado y comparando sus masas. Es usual comparar la densidad relativa de un líquido respecto a la densidad relativa del agua pura a una temperatura determinada, por lo que, al dividir la masa de un líquido dentro del picnómetro respecto de la masa correspondiente de agua, obtendremos la densidad relativa del líquido respecto a la del agua a la temperatura de medición. El picnómetro es muy sensible a los cambios de concentración de sales en el agua, por lo que se usa también para determinar la salinidad del agua.

Reactivos y materiales

Materiales

- Muestras fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.
- Picnómetro
- Termómetro graduado de 0°C a 100°C, dividido en quintos o décimos de grados para determinar temperaturas entre 10°C y 30°C.
- Material de laboratorio
- Baño de maría, con regulador de temperatura con precisión de $\pm 0.2^\circ\text{C}$
- Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001 g

Reactivos

- Agua destilada
- Fracción de pulpa de fruta

Procedimiento

(A) Densidad relativa del agua

1. Calibrar la balanza mediante el tornillo de contrapeso.
2. Medir la masa del picnómetro vacío, este debe estar limpio y totalmente seco.
3. Llenar completamente de agua destilada utilizando una jeringa o una pipeta milimétrica, introducir termómetro para medir temperatura, registrar dato, ajustar temperatura en el baño de maría a 20°C, colocar tapón. Al colocarlo, parte del líquido se derramará y por lo tanto deberá secar perfectamente el recipiente y el tapón por fuera. Si queda líquido en las paredes externas provocará error en la medición.
4. Medir la masa del picnómetro lleno de agua destilada.
5. Quitar el tapón al picnómetro y, sin vaciarlo, volver a llenar completamente. Colocar el tapón, secar bien por fuera y medir su masa.
6. Realizar el mismo procedimiento por triplicado.
7. Realizar operación matemática.

$$V_P = \frac{m_w}{\rho_w} = \frac{m_{p+w} - m_p}{\rho_w} \quad \text{Ec. (8)}$$

en donde:

m_w = masa del agua

ρ_w = Densidad relativa del agua

m_p = masa del picnómetro

Registrar los datos en la tabla de datos experimentales para el cálculo de la densidad relativa del agua pura.

No. de Muestras del Agua pura	(m_p)	m_{p+w}	$\frac{m_{p+w} - m_p}{\rho_w}$	Densidad Relativa g/ml a 20 °C
M ₁				
M ₂				
M ₃				

(B) Densidad relativa de una fracción de la pulpa de gulupa

1. Calibrar la balanza mediante el tornillo de contrapeso.
2. Medir la masa del picnómetro vacío, este debe estar limpio y totalmente seco.
3. Llenar completamente de la fracción de la pulpa de la fruta utilizando una jeringa o una pipeta volumétrica, ajustar temperatura en baño de maría a 20°C y enseguida colocar tapón. Al colocarlo, parte del líquido se derramará y, por lo tanto, deberá secar perfectamente el recipiente y el tapón por fuera. Si queda líquido en las paredes externas provocará error en la medición.
4. Pesar el picnómetro con la fracción de la pulpa de gulupa (medir su masa).
5. Registrar datos.
6. Lavar el picnómetro con agua destilada, secar muy bien, tapar y medir su masa nuevamente.
7. Registrar datos.
8. Retirar el tapón, llenar con la muestra, tapar nuevamente, secar muy bien el excedente del líquido.

- 9. Realizar el mismo procedimiento por triplicado.
- 10. Registrar datos en la tabla.
- 11. Realizar operación matemática.

$$\rho_M = \frac{m_{p+M}-m_p}{m_{p+w}-m_p} * \rho_w$$

Ec. (9)

En donde:

ρ_M : La densidad relativa de la muestra

M : Muestra fracción de la pulpa de gulupa

m_p : Masa del picnómetro

w : Agua

ρ_w : Densidad relativa del agua

Registre los datos en la tabla de datos experimentales para el cálculo de la densidad relativa de las diferentes muestras de la pulpa de gulupa.

No. de Muestras de fracción de la pulpa	(m_p)	m_{p+M}	$\frac{m_{p+M}-m_p}{m_{p+w}-m_p}$	ρ_M g/ml a 20 °C
M ₁				
M ₂				
M ₃				

*b.h: Resultados expresados en base húmeda

Determinación de color en la gulupa

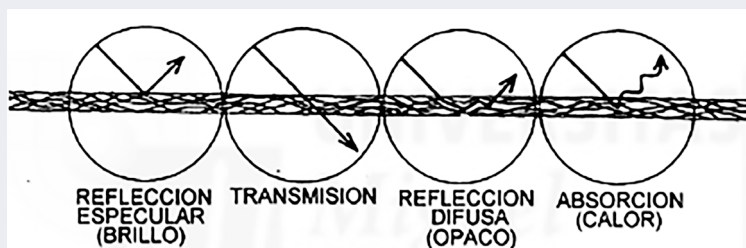
Objetivo

Determinar el comportamiento de la luz en una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

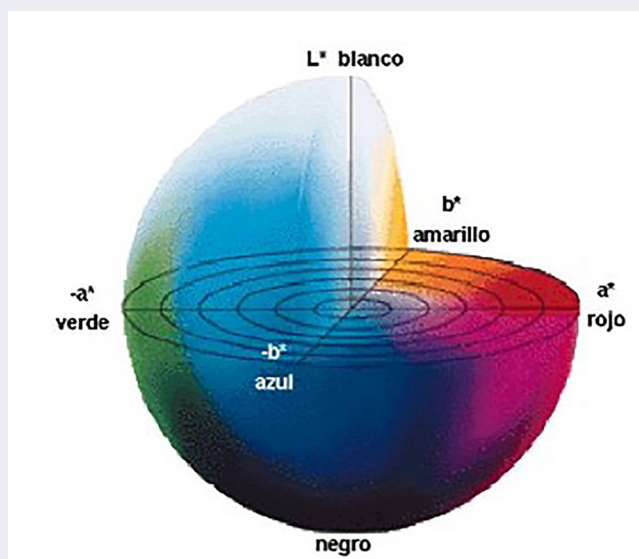


Fundamento

Para establecer los valores o coordenadas de color en un alimento se debe tener en cuenta tanto la luz como el tipo de objeto. El alimento puede absorber, transmitir, reflejar y dispersar. Por otra parte, los alimentos pueden ser opacos, translúcidos, transparentes.



El sistema más utilizado para establecer el color es el sistema de coordenadas CIE-Lab que se encuentra adaptado también como norma UNE; en él se definen unas magnitudes colorimétricas que se derivan matemáticamente de los valores triestímulo y pueden considerarse una respuesta de los observadores patrones a un estímulo luminoso. Tratando de imitar a los observadores reales, estas respuestas se hacen depender del tipo de estímulo y del blanco de referencia. Se define una serie de coordenadas: a^* , b^* y L , C y H



El espacio de color $L^*a^*b^*$, también referido como CIELAB, es actualmente uno de los espacios de color más populares y uniformes usados para evaluar el color de un objeto. Este espacio de color es ampliamente usado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana. Investigadores y fabricantes lo usan para evaluar los atributos de color, identificar inconsistencias y expresar precisamente sus resultados a otros en términos numéricos.

El lenguaje universal: expresión del color usando coordenadas $L^*a^*b^*$

El color corresponde a una percepción e interpretación subjetiva. Dos personas mirando un mismo objeto pueden usar puntos de referencia distintos y expresar el mismo color con una gran variedad de palabras diferentes, lo que causa confusión y falta de comunicación interna o a través de la cadena de abastecimiento. Para evitar esto y asegurar que una muestra cumpla con el estándar, el color debe ser expresado en términos numéricos y objetivos.

Cuando se clasifican los colores, se los puede expresar en términos de matiz (color), luminosidad (brillo) y saturación. Al crear escalas para estos atributos, podemos expresar en forma precisa el color.

El espacio de color $L^*a^*b^*$ fue modelado con base en una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo. Como se muestra a continuación, L^* indica la luminosidad y a^* y b^* son las coordenadas cromáticas.

L^* =luminosidad

a^* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)

b^* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)

Los instrumentos de medición de color, incluyendo espectrofotómetros y colorímetros, pueden cuantificar estos atributos de color fácilmente. Ellos determinan el color de un objeto dentro del espacio respectivo y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^* .

Reactivos y materiales

Reactivos

- Ninguno

Materiales

- Muestras de una fracción de pulpa de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa
- Cápsula de porcelana
- Equipo para medir color (colorímetro)

Procedimiento para medir color

1. Tomar la muestra de una fracción de pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa
2. Agregar la muestra con pipeta en la cápsula hasta llenar un poco más arriba de la mitad.
3. Prender el equipo (colorímetro).
4. Realizar la medición del color colocando la punta circular ubicada en una de las bases del equipo sobre la muestra y esperar unos segundos que marquen en la pantalla del equipo los datos.
5. Tomar la lectura obtenida y registrar los datos.
6. Sacar la muestra, limpiar si se ha derramado algo con ayuda de un paño limpio y seco.
7. Realizar el mismo procedimiento por triplicado.

Determinación de la actividad acuosa (a_w) en gulupa

Objetivo

Determinar la actividad acuosa en una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

Fundamento

La actividad acuosa (denominada también “actividad de agua”) se define como la relación que existe entre la presión de vapor de un alimento dado en relación con la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura. Se denomina por regla

general como a_w del inglés *water activity*. La actividad acuosa es un parámetro estrechamente ligado a la humedad del alimento, lo que permite determinar su capacidad de conservación, de propagación microbiana, etcétera. La actividad acuosa de un alimento se puede reducir aumentando la concentración de solutos en la fase acuosa de los alimentos mediante la extracción del agua (lío-filización) o mediante la adición de nuevos solutos. La actividad acuosa junto con la temperatura, el pH y el oxígeno son los factores que más influyen en la estabilidad de los productos alimenticios.

La actividad de agua es uno de los factores intrínsecos que posibilitan o dificultan el crecimiento microbiano en los alimentos. Por ello, la medición de la actividad de agua es importante para controlar dicho crecimiento.

La actividad de agua (a_w) se mide en valores de 0 a 1, el agua tiene una a_w de 1 y la mayoría de los alimentos está dentro de un rango entre 0,2 y 0,99. Cuanto más bajo sea el valor de a_w , significará que tiene menor cantidad de agua disponible para el desarrollo microbiano y, por tanto, será considerado como menos perecedero.

Reactivos y materiales

Reactivos

- Ninguno

Materiales

- Muestras de una fracción de pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.
- Cápsula de porcelana
- Equipo para medir actividad acuosa

Ajuste del medidor de actividad acuosa

Limpiar y secar cuidadosamente la tapa donde se introduce la cápsula con la muestra, prender el equipo y ajustar a una temperatura aproximada de 25 °C.

Procedimiento

1. Tomar la muestra de una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

2. Agregar mediante una pipeta la muestra en la cápsula hasta llenar un poco más arriba de la mitad.
3. Introducir la cápsula en el equipo.
4. Realizar la medición de la actividad acuosa
5. Tomar lectura obtenida y registrar los datos.
6. Abrir la tapa, sacar la muestra, limpiar si se ha derramado algo con ayuda de un paño y agua desionizada, luego secar.
7. Realizar el mismo procedimiento por triplicado.

Determinación de cenizas en la gulupa

Objetivo

Determinar cenizas en una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

Fundamento

La determinación de cenizas es referida como el análisis de residuos orgánicos que quedan después de la ignición u oxidación completa de la materia orgánica de un alimento. Es esencial el conocimiento básico de las características de varios métodos para analizar cenizas, así como el equipo para llevarlo a cabo a fin de garantizar resultados confiables. Existen tres tipos de análisis de cenizas: cenizas en seco para la mayoría de las muestras de alimentos; cenizas húmedas (por oxidación) para muestras con alto contenido de grasas (carnes y productos cárnicos) como método de preparación de la muestra para análisis elemental y análisis simple de cenizas de plasma en seco a baja temperatura para la preparación de muestras cuando se llevan a cabo análisis de volátiles elementales.

La ceniza remanente es el residuo inorgánico y la medición de la ceniza total es útil en el análisis de alimentos, ya que se pueden determinar diversos minerales contenidos en la muestra. Algunos errores y dificultades involucrados en la determinación de cenizas en seco son la pérdida de ceniza debido al cambio gradual en las sales minerales con el calor, como el cambio de carbonatos a óxidos; adhesión con las muestras de un contenido alto de azúcares, lo cual puede ocasionar pérdida de la muestra y fusión del carbón a partes no oxidadas atrapadas de las muestras.

Reactivos y materiales

Reactivos

- Ninguno

Materiales

- Muestras de una fracción de la pulpa de gulupa
- Crisol de porcelana
- Mufla
- Balanza
- Desecador de vidrio
- Pinzas metálicas
- Cuchara metálica

Estandarización de la mufla

Limpiar la parrilla donde se introduce el crisol con la muestra, prender el equipo y ajustar a una temperatura aproximada entre 550 y 650°C.

Procedimiento

1. Colocar a masa constante un crisol de porcelana perfectamente limpio, introduciéndolo a la mufla a 550°C aproximadamente durante una hora.
2. Extraer el crisol de la mufla, pasarlo al desecador y dejar enfriar hasta alcanzar temperatura ambiente.
3. Determinar la masa del crisol en balanza analítica y registrar el dato.
4. Tomar la muestra de una fracción de la pulpa de gulupa con ayuda de una cuchara metálica y agregamos dos (2) cucharadas de la muestra en el crisol.
5. Determinar la masa del crisol con la muestra en balanza analítica y registrar el dato.
6. Introducir el crisol con la muestra a la mufla a temperatura aproximada de entre 550°C y 650°C durante dos horas.
7. Extraer el crisol de la mufla e introducirlo al desecador y dejar enfriar hasta temperatura ambiente.

8. Determinar la masa del crisol y de la muestra calcinada en balanza analítica y registrar el dato.
9. Realizar el mismo procedimiento por triplicado.
10. Realizar operación matemática

Cálculos

$$\text{Cenizas \%} = \frac{C - A}{B - A} \times 100 \quad \text{Ec. (10)}$$

Dónde:

A = masa del crisol vacío en gramos

B = masa del crisol y la muestra en gramos

C = masa del crisol y la muestra calcinada en gramos

Determinación de minerales en la gulupa

Objetivo

Determinar minerales en una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

Fundamento

Los minerales y elementos traza son esenciales para una amplia gama de funciones metabólicas en el cuerpo humano. Las deficiencias de minerales y algunos elementos pueden producir severos daños en la salud. Los alimentos juegan un rol clave al suministrar estos nutrientes para su consumo por los seres humanos. Los datos sobre el contenido de minerales y elementos de los alimentos son críticos para las personas involucradas en investigación epidemiológica y patrones de enfermedades, evaluación de la salud y estado nutricional de individuos y poblaciones y el comercio nacional e internacional de los alimentos.

Los datos de composición de alimentos son en la actualidad inadecuados. Existen grandes brechas en los datos disponibles en relación con lo que contienen los alimentos y existe muy poca información sobre la variabilidad de los componentes

alimentarios. Por lo tanto, es esencial revisar y completar la información existente sobre el contenido de minerales y elementos traza en los alimentos para las tablas de composición.

La mayoría de los métodos espectroscópicos para la determinación de metales traza requieren de una mineralización de la muestra para remover la materia orgánica de los alimentos. El método más frecuentemente utilizado para la mineralización de las muestras de alimentos es la calcinación, ya sea por vía seca o por vía húmeda con agentes oxidantes. La vía húmeda puede realizarse en vasos abiertos o sistemas cerrados bajo presión.

La calcinación por vía seca en una mufla tiene la ventaja de que no se necesitan reactivos o solo se requiere una pequeña cantidad de ellos; el rendimiento de muestras es alto y se requiere solo instrumental simple. Por lo general, las muestras son calentadas a 500-550 °C en crisoles de sílice o de platino. La técnica no es adecuada para elementos volátiles (por ejemplo, Se, Hg) los cuales se pierden durante la calcinación. Generalmente, la técnica puede utilizarse para el análisis de metales tales como Na, K, Mg, Ca, Fe, Cu y Zn, aunque se ha informado ocasionalmente pérdidas de estos elementos.

Reactivos y materiales

Reactivos

- Ácido nítrico
- Ácido clorhídrico

Materiales

- Muestra calcinada (cenizas) de una fracción de pulpa de gulupa
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Centrífuga
- Pipeta aforada de 50 ml
- Balón aforado de 50 ml

Preparación de la muestra

Se preparó una dilución de ácido HNO_3 al 5% y HCl al 5% y se adicionaron las cenizas obtenidas en relación 1:1, se centrifugó por espacio de 20 minutos, se tomó una

fracción de la muestra de la parte superior del tubo de centrifuga y se afora a 50 ml para la determinación de minerales.

Procedimiento

1. Se coloca una muestra del producto obtenido en la celda dentro del equipo, se efectúa el corrido de la muestra hasta obtener la lectura.
2. Realizamos el mismo procedimiento por triplicado.

Determinación de fenoles totales en la gulupa por el método FOLIN-CIOCALTEU

Objetivo

Determinar fenoles totales en una fracción de pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa por el método Folin-Ciocalteu.

Fundamento

Los compuestos fenólicos son sustancias orgánicas ampliamente distribuidas en el reino vegetal. Se sintetizan como metabolitos secundarios con funciones de defensa y son en gran medida responsables de las propiedades del color, la astringencia y el **flavor** (sabor y aroma) de los vegetales. Se encuentran en las verduras y frutas. Su estructura química es propicia para secuestrar radicales libres (Kuskoski et al., 2005).

Reactivos y materiales

Reactivos

- Reactivo Folin-Ciocalteu
- Carbonato de sodio 7.5% Na_2CO_3
- Ácido gálico $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_5$ – solución patrón
- Agua destilada

Materiales

- Muestras de una fracción de pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa
- Filtros
- Celdas de cuarzo

CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)

PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

- Frascos de vidrio de 10 ml
- Centrífuga

Procedimiento

1. Filtración de la muestra
2. Se toman 20 µl de la muestra filtrada de una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa.

Se toman: 180 µl de agua destilada, 800 µl bicarbonato de sodio Na_2CO_3 al 7.5%, 1000 µl de reactivo Folin-Ciocalteu (dilución 1/10), esperar 2 minutos (desarrollo del color).

Hacer un blanco siguiendo el mismo procedimiento, substituyendo la muestra por 100 µL de la solución en la que se encuentra extraída.

Homogenizar los tubos e incubar por 60 minutos a temperatura ambiente. Después de la incubación hacer las lecturas de las absorbancias a 765 nm, cerrando el equipo con el blanco.

Soluciones

1. Solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) 7.5%
2. Pesar 7.5 gramos de carbonato de sodio y disolver en aproximadamente 80 mL de agua destilada. Transferir a un balón volumétrico de 100 mL, completar a volumen, homogenizar y almacenar.
3. Solución patrón de ácido gálico.
4. Pesar 10 mg de ácido gálico y disolver en aproximadamente 80 mL de solución de etanol. Transferir para un balón volumétrico de 100 mL, completar a volumen, homogenizar y almacenar.

Cálculos

Para la determinación del poder reductor será utilizada una curva patrón con ácido gálico.

Tubos	Ácido gálico 100 µg/mL	Solución de etanol	Reactivo de Folin- Ciocalteu (1/10)	Carbonato de sodio 7.5 %	Absorbancias 760 nm
Blanco	-	100 µL	1000 µL	800 µL	
1	5 µL	95 µL			
2	10 µL	90 µL			
3	20 µL	80 µL			
4	30 µL	70 µL			
5	40 µL	60 µL			
6	50 µL	50 µL			
7	60 µL	40 µL			

Nota. Los resultados serán expresados en mg de ácido gálico por 100 mL de muestra.

Determinación de flavonoides en la gulupa por el método de tricloruro de aluminio (AlCl₃)

Objetivo

Determinar flavonoides en una fracción de pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa por medio de tricloruro de aluminio (AlCl₃).

Fundamento

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes como los rayos ultravioletas, la polución ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos, etcétera. El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que se debe obtener mediante la alimentación o en forma de suplementos.

Reactivos y materiales

Reactivos

- Etanol 96%
- Agua desionizada



CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)
PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

- Solución de AlCl_3
- Quercitina ($\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$)

Materiales

- Muestras de una fracción de pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa
- Balanza
- Frascos de vidrio
- Celdas de cuarzo
- Espectrofotómetro U.v. vis
- pH-metro
- Macropipeteador

Procedimiento

Preparar los tubos siguiendo la tabla de abajo, realizar las muestras por triplicado:

Tubos	Muestra diluida	Diluyente de la muestra	Solución de Cloruro de Aluminio al 2%	Etanol Absoluto
Blanco	-	50 μL	50 μL	1150 μL
1	50 μL	-	50 μL	1150 μL

Homogenizar los tubos e incubar por 40 minutos a temperatura ambiente, protegiéndolos de la luz. Cerrar el espectrofotómetro con el blanco a una longitud de onda de 415 nm y realizar la corrida de las muestras para la obtención de las lecturas de la absorbancia.

Curva patrón

Preparar 7 tubos siguiendo la tabla de abajo, realizar los ensayos con la solución de Quercetina ($\text{C}_{15}\text{H}_{10}\text{O}_7$), muestra 300 $\mu\text{g}/\text{mL}$ por triplicado



Tubos	Concentración de Quercetina (ng/mL)	Solución de Quercetina 300 µg/mL	Diluyente de la muestra	Solución del Cloruro de Aluminio 2%	Etanol Absoluto
Blanco	0	-	50 µL	50 µL	1150 µL
1	0,6 µg/mL	2,5 µL	47,5 µL	50 µL	1150 µL
2	1,2 µg/mL	5 µL	45 µL	50 µL	1150 µL
3	2,4 µg/mL	10 µL	40 µL	50 µL	1150 µL
4	4,8 µg/mL	20 µL	30 µL	50 µL	1150 µL
5	7,2 µg/mL	30 µL	20 µL	50 µL	1150 µL
6	9,6 µg/mL	40 µL	10 µL	50 µL	1150 µL

Preparación de las soluciones:

- **Solución de cloruro de aluminio al 2%**

Pesar 2 gramos de cloruro de aluminio y disolver en aproximadamente 80 mL de etanol absoluto. Transferir para un balón volumétrico de 100 mL y completar con etanol absoluto, homogeneizar y almacenar.

- **Solución muestra de quercetina**

Pesar 15 mg de quercetina y disolver en aproximadamente 40 mL de metanol. Transferir para un balón volumétrico de 50 mL, completar el volumen y homogeneizar (Concentración de la muestra 300 µg/mL). Utilizar el día de la realización de la prueba (Miliauskas et al., 2004).

Evaluación de la actividad antioxidante total en la gulupa por la determinación de la capacidad reductora de Fe^{+3} : ensayo FRAP

Objetivo

Determinar la actividad antioxidante total en una fracción de la pulpa de la (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa por medio del método FRAP.

Fundamento

La actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (por ejemplo, la peroxidación lipídica), de tal manera que un antioxidante actúa principalmente gracias a su capacidad para reaccionar con radicales libres y, por lo tanto, recibe el nombre de antioxidante terminador de cadena.

Con esta técnica, se estima el potencial antioxidante de una muestra de acuerdo con su capacidad para reducir el Fe^{+3} presente en un complejo con la 2,4,6-tri (2-piridil)-s-triazina (TPTZ) hasta la forma ferrosa (Fe^{+2}), que muestra un máximo de absorbancia a una longitud de onda entre 590 - 595 nm. Se llevó a cabo en un buffer de ácido acético-acetato de sodio (pH 3,4), que contenía TPTZ y cloruro de hierro (FeCl_3). Se utilizaron 900 μL de esta solución, 50 μL de muestra y 50 μL de la solución buffer. Luego de 30 minutos de reacción, se determinó la absorbancia a una longitud de onda de 590 nm. Para cada muestra se tuvo en cuenta la lectura de la absorbancia del blanco sin cromóforo. La curva de referencia se construyó con ácido ascórbico como patrón primario. La actividad de las muestras en estudio se expresó como valor FRAP (g de ácido ascórbico por cada 100 g de muestra).

Reactivos y materiales

Reactivos

- Reactivo FRAP
- Ácido clorhídrico (HC)
- Agua desionizada
- Solución de TPTZ (2, 4, 6-tripiridyl-s- triazine)
- Solución de FeCl_3
- Solución de Trolox 500 μM

Materiales

- Muestras de fracción de la pulpa de gulupa (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*)
- Balanza
- Frascos de vidrio
- Celdas de cuarzo
- Espectrofotómetro U.V. vis
- pH-metro
- Micropipeteador

Procedimiento

Preparar los tubos siguiendo la tabla de abajo, realizar muestras por triplicado:

Tubos Blanco	Reactivo de FRAP 950 µL	Solvente de la muestra 50 µL	Muestra diluida -
1	950 µL	-	50 µL

Homogenizar los tubos e incubar en baño de maría a 37°C durante 30 minutos. Correr las muestras para obtener las lecturas de absorbancia a una longitud de onda de 593 nm en el espectrofotómetro e introducir el blanco, cerrar el equipo para realizar lecturas.

Curva patrón

Preparar 7 tubos, teniendo en cuenta la siguiente tabla:

Tubos	Concentración Trolox (µM)	Reactivo FRAP	Solvente	Solución Trolox 500 µM
1	0	950 µL	50 µL	-
2	2.5 µM	950 µL	45 µL	5 µL
3	5 µM	950 µL	40 µL	10 µL
4	7,25 µM	950 µL	35 µL	15 µL
5	10 µM	950 µL	30 µL	20 µL
6	12,5 µM	950 µL	25 µL	25 µL
7	15 µM	950 µL	20 µL	30 µL

Homogenizar los tubos e incubar en baño de maría a 37 °C por 30 minutos. Pasado este tiempo, realizar las lecturas de absorbancia a una longitud de onda de 593 nm en el espectrofotómetro, introducir el blanco cerrando el equipo y realizar corridas de las muestras.



Soluciones

Reactivo FRAP

Tampón acetato 300 mM pH 3.6

Para preparar 1 litro de solución, pesar 3,1g de acetato de sodio, disolver en aproximadamente 800 mL de agua ultrapura y adicionar 16 mL de ácido acético glacial. Verificar el pH y ajustar si es necesario con ácido acético o HCl concentrado. Completar volumen para 1 litro con agua ultrapura. Guardar en la nevera.

Solución de HCl 40mM - PM = 36,46, p% = 36,5% e d = 1,18

En un balón volumétrico de 250 mL que contiene agua ultra pura, adicionar 0,8465 mL de HCl concentrado y completar volumen con agua ultra pura.

Solución de TPTZ (2, 4, 6-tripiridyl-s- triazine) 10 mM en HCl 40 mM

Pesar 0,0312g de TPTZ (PM 312,34) y disolver en 10 mL de ácido clorhídrico 40 mM (usar el mismo día de la preparación).

Solución de FeCl₃. 6H₂O 20 mM (PM 270,30)

Pesar 0,0541g de FeCl₃.6H₂O y disolver para 10 mL de agua ultra pura (usar el mismo día de la preparación).

Reactivo de FRAP

*Preparar el reactivo de FRAP en la siguiente proporción 10:1:1, tampón acetato 300 mM pH 3.6, solución de TPTZ 10 mM e FeCl₃.6H₂O 20 mM respectivamente (usar el mismo día de la preparación).

Solución de Trolox 500 µM

Pesar 0,0063g de Trolox y disolver en 50 mL de solvente. Almacenar en frasco oscuro (usar el mismo día de la preparación).

Determinación de actividad antioxidante total en la gulupa por el metodo ABTS•+

Objetivo

Determinar la actividad antioxidante total en una fracción de la pulpa de (*Passiflora edulis* Sims var. *edulis*) gulupa por medio del método ABTS.

Fundamento

El protocolo se basa en la capacidad de los compuestos antioxidantes para atrapar el radical catiónico ABTS•+, al donar un electrón o un protón, lo que causa la decoloración del radical, el cual se genera por la reacción de oxidación del ABTS (3,5 mM) con persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) (1,25 mM). Después de 24 h de reacción, se ajustó la absorbancia con buffer fosfato pH 7,4 hasta 0,7 unidades, a una longitud de onda de 732 nm. Para la evaluación, se adicionaron 990 μ L de la solución ABTS con 10 μ L de la solución muestra. La mezcla de reacción se dejó en reposo y en oscuridad por 30 min. Posteriormente, se midió la absorbancia a 732 nm. Los resultados se expresaron como valores de TEAC (capacidad antioxidante equivalente al Trolox®) (μ mol de Trolox®/100 g de fruto fresco), mediante la construcción de una curva patrón con varias concentraciones de antioxidante Trolox®.

Reactivos y materiales

Reactivos

- Persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$)
- Buffer fosfato pH 7,4
- Solución ABTS ((2,2´azino-bis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfónico)
- Solución de Trolox 500 μ M
- Agua desionizada
- Persulfato de amonio ($(NH_4)_2S_2O_8$)

Materiales

- Muestras
- Balanza
- Frascos de vidrio

- Celdas de cuarzo
- Espectrofotómetro U.v. vis
- pH-metro
- Macropipeteador

Procedimiento

Muestra

Preparar 7 tubos de acuerdo con la tabla de abajo (realizar los ensayos por triplicado):

Tubos	Radical ABTS en etanol absoluto	Diluyente de la muestra	Muestra diluida
Blanco	950 µL	50 µL	-
1	950 µL	45 µL	5 µL
2	950 µL	40 µL	10 µL
3	950 µL	30 µL	20 µL
4	950 µL	25 µL	25 µL
5	950 µL	20 µL	30 µL
6	950 µL	10 µL	40 µL

Adicionar los reactivos, homogenizar cada tubo de ensayo. Cerrar el espectrofotómetro a una longitud de onda de 750 nm con etanol absoluto y leer las absorbancias del blanco. Incubar los tubos por 6 minutos a temperatura ambiente protegidos de la luz y leer las absorbancias de todos los tubos.

Curva patrón de Trolox

Preparar 6 tubos, aplicando la tabla siguiente (realizar los ensayos por triplicado):

Tubos	Concentración Trolox (µM)	Radical ABTS en etanol absoluto	Diluyente de la muestra	Solución Trolox 500 µM	15 µM
Blanco	0	950 µL	50 µL	-	
1	2,5 µM	950 µL	45 µL	5 µL	
2	5 µM	950 µL	40 µL	10 µL	



Tubos	Concentración Trolox (μM)	Radical ABTS en etanol absoluto	Diluyente de la muestra	Solución Trolox 500 μM	15 μM
3	10 μM	950 μL	30 μL	20 μL	
4	12,5 μM	950 μL	25 μL	25 μL	
5	15 μM	950 μL	20 μL	30 μL	
6	17,5 μM	950 μL	15 μL	35 μL	

Adicionar los reactivos, homogenizar cada tubo de ensayo. Cerrar el espectrofotómetro a una longitud de onda de 750 nm con etanol absoluto y leer las absorbancias del blanco. Incubar los tubos por 6 minutos a temperatura ambiente y protegerlos de la luz y leer las absorbancias de todos los tubos.

Soluciones

Solución contenido Radical ABTS^{•+} (Concentración ABTS 7mM y persulfato de amonio 2,45 mM)

Para obtención del radical ABTS^{•+} pesar 0,096g de ABTS ((2,2'azino-bis-(3-etilbenzotiazolin 6-ácido sulfônico)), disolver en 10 mL de agua ultra pura. Posteriormente, pesar 0,0140g de persulfato de potasio, disolver en 10 mL de agua ultra pura, juntar los dos volúmenes y completar a 25 mL. Dejar en agitación constante en un lugar oscuro por 16 horas.

Para realizar la prueba, la solución del radical ABTS^{•+} deberá ser diluida en etanol absoluto y corroborar que la absorbancia leída a una longitud de onda de 750 nm este entre 0,7000 e 0,7500.

Solución de Trolox 500 μM

Pesar 0,0063g de Trolox y disolver en 50 mL de etanol absoluto. Almacenar en frasco oscuro.

APÉNDICE E

Parámetros fisicoquímicos asociados a las muestras del cultivo 1

Muestra	H	a _w	pH	ATT	G	SST	δ	Sf
	g/100g	Unidades	Unidades	meq/kg	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g
1	80,6 (0,06)	0,96 (0,00)	2,92 (0,00)	4,26 (0,14)	4,43 (0,07)	15,1 (0,35)	1,08 (0,00)	0,38 (0,00)
2	80,8 (0,10)	0,96 (0,02)	2,96 (0,00)	4,30 (0,10)	3,76 (0,00)	14,4 (0,14)	1,08 (0,00)	0,45 (0,00)
3	79,5 (0,09)	0,98 (0,00)	2,93 (0,03)	4,22 (0,04)	4,16 (0,04)	15,7 (0,14)	1,09 (0,01)	0,40 (0,00)
4	79,3 (0,03)	0,99 (0,00)	2,91 (0,00)	5,29 (0,39)	3,23 (0,04)	15,9 (0,28)	1,09 (0,01)	0,45 (0,00)
5	78,9 (0,04)	0,98 (0,00)	2,89 (0,03)	4,67 (0,08)	4,28 (0,04)	15,9 (0,00)	1,09 (0,00)	0,37 (0,00)
6	81,2 (0,02)	0,97 (0,00)	2,92 (0,01)	4,11 (0,03)	4,04 (0,06)	14,4 (0,07)	1,08 (0,00)	0,33 (0,00)
7	79,0 (0,00)	0,96 (0,00)	2,88 (0,00)	4,08 (0,02)	4,02 (0,00)	16,2 (0,35)	1,08 (0,01)	0,36 (0,00)
8	78,9 (0,06)	0,96 (0,00)	2,92 (0,02)	3,79 (0,02)	4,00 (0,05)	16,2 (0,35)	1,08 (0,01)	0,28 (0,00)
9	78,8 (0,02)	0,96 (0,00)	2,91 (0,02)	4,03 (0,00)	3,99 (0,10)	16,6 (0,78)	1,08 (0,00)	0,35 (0,00)
10	78,8 (0,08)	0,97 (0,00)	2,84 (0,03)	4,56 (0,02)	4,27 (0,02)	15,2 (0,71)	1,08 (0,00)	0,36 (0,00)
PROM	79,6 (0,91)	0,97 (0,01)	2,91 (0,03)	4,33 (0,42)	4,02 (0,33)	15,5 (0,79)	1,08 (0,01)	0,37 (0,05)

Nota. H= humedad; a_w = Actividad de agua; pH= Potencial de hidrógeno; ATT= Acidez total titulable; G= Conductividad eléctrica; SST= Sólidos solubles totales; δ = Densidad Relativa; Sf= cenizas;



APÉNDICE F

Parámetros fisicoquímicos asociados a las muestras del cultivo 2

Muestra	H	a _w	pH	ATT	G	SST	δ	Sf
	g/100g	Unidades	Unidades	meq/kg	g/100g	g/100g	g/100g	g/100g
1	79,2 (0,37)	0,97 (0,00)	2,82 (0,02)	3,13 (0,03)	4,17 (0,18)	16,0 (0,00)	1,08 (0,01)	0,41 (0,10)
2	79,5 (0,36)	0,98 (0,00)	2,78 (0,02)	3,20 (0,05)	4,10 (0,02)	15,0 (0,07)	1,08 (0,00)	0,45 (0,05)
3	78,6 (0,15)	0,99 (0,00)	2,79 (0,01)	3,45 (0,13)	4,05 (0,03)	16,1 (0,07)	1,08 (0,00)	0,40 (0,02)
4	78,7 (0,10)	0,98 (0,00)	2,77 (0,00)	3,23 (0,00)	3,97 (0,05)	16,1 (0,00)	1,09 (0,00)	0,39 (0,00)
5	79,8 (0,13)	0,99 (0,00)	2,77 (0,02)	3,59 (0,08)	4,44 (0,00)	14,7 (0,07)	1,08 (0,00)	0,44 (0,05)
6	78,4 (0,01)	0,98 (0,00)	2,75 (0,00)	3,43 (0,05)	4,00 (0,02)	16,1 (0,07)	1,08 (0,00)	0,45 (0,00)
7	79,5 (0,17)	0,98 (0,00)	2,70 (0,02)	3,91 (0,02)	4,39 (0,02)	15,2 (0,57)	1,08 (0,00)	0,46 (0,04)
8	79,9 (0,05)	0,99 (0,00)	2,67 (0,01)	4,04 (0,03)	4,43 (0,00)	15,3 (0,57)	1,07 (0,00)	0,55 (0,00)
9	78,9 (0,02)	0,99 (0,00)	2,72 (0,00)	3,78 (0,00)	4,35 (0,00)	16,0 (0,00)	1,08 (0,00)	0,66 (0,23)
10	78,1 (0,06)	0,99 (0,00)	2,73 (0,05)	3,95 (0,03)	4,51 (0,00)	16,0 (0,07)	1,08 (0,00)	0,52 (0,16)
PROM	79,1 (0,61)	0,99 (0,00)	2,75 (0,05)	3,57 (0,33)	4,24 (0,20)	15,6 (0,56)	1,08 (0,00)	0,47 (0,11)

Nota. H= humedad; a_w = Actividad de agua; pH= Potencial de hidrógeno; ATT= Acidez total titulable; G = Conductividad eléctrica; SST= Sólidos solubles totales; δ = Densidad relativa; Sf= cenizas.



APÉNDICE G

Análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros fisicoquímicos asociados a las muestras del cultivo 1

Parámetro	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Humedad	Entre grupos	15,7739	9	1,75266	493,87	0,0000
	Intra grupos	0,0354881	20	0,00354881		
	Total (Corr.)	15,8094	29			
	Entre grupos	0,0018358	9	0,000203978	3,23	0,0408
Actividad Acuosa (A_w)	Intra grupos	0,000631	20	0,0000631		
	Total (Corr.)	0,0024668	29			
pH	Entre grupos	0,018845	9	0,00209389	5,74	0,0058
	Intra grupos	0,000365	20	0,000365		
	Total (Corr.)	0,022495	29			
Acidez total titulable (ATT)	Entre grupos	3,18687	9	0,354097	18,82	0,0000
	Intra grupos	0,188151	20	0,0188151		
	Total (Corr.)	3,37503	29			
Conductividad eléctrica	Entre grupos	2,01765	9	0,224183	86,72	0,0000
	Intra grupos	0,02585	20	0,002585		
	Total (Corr.)	2,0435	29			
Sólidos solubles totales (SST)	Entre grupos	10,2405	9	1,13783	7,09	0,0026
	Intra grupos	1,605	20	0,1605		
	Total (Corr.)	11,8455	29			
Densidad relativa	Entre grupos	0,000289055	9	0,0000321173	0,84	0,6011
	Intra grupos	0,000384135	20	0,0000384135		
	Total (Corr.)	0,00067319	29			



Parámetro	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
Cenizas	Entre grupos	0,0464499	9	0,0051611	430,99	0,0000
	Intra grupos	0,000119751	20	0,0000119751		
	Total (Corr.)	0,0465697	29			

Nota. Gl = grado de libertad

APÉNDICE H

Análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros fisicoquímicos asociados a las muestras del cultivo 2

Parámetro	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Humedad	Entre grupos	6,81664	9	0,757404	21,39	0,0000
	Intra grupos	0,354139	20	0,0354139		
	Total (Corr.)	7,17078	29			
Actividad Acuosa (A_w)	Entre grupos	0,00087125	9	0,0000968056	7,90	0,0017
	Intra grupos	0,0001225	20	0,00001225		
	Total (Corr.)	0,00099375	29			
pH	Entre grupos	0,03612	9	0,00401333	160,05	0,0001
	Intra grupos	0,0025	20	0,0025		
	Total (Corr.)	0,03862	29			

CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)
 PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA

Parámetro	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Acidez Total Titulable ATT	Entre grupos	2,01048	9	0.223386	74,10	0,0000
	Intra grupos	0,030148	20	0,0030148		
	Total (Corr.)	2,04062	29			
Conductividad eléctrica	Entre grupos	0,748033	9	0,0831148	22,94	0,0000
	Intra grupos	0,0362255	20	0,00362255		
	Total (Corr.)	0,784259	29			
Sólidos solubles totales (SST)	Entre grupos	5,3325	9	0,5925	8,91	0,0010
	Intra grupos	0,665	20	0,0665		
	Total (Corr.)	5,9975	29			
Densidad relativa	Entre grupos	0,000288438	9	0,0000320487	0,87	0,5747
	Intra grupos	0,000366276	20	0,0000366276		
	Total (Corr.)	0,000654714	29			
Cenizas	Entre grupos	0,12062	9	0,0134022	1,45	0,2835
	Intra grupos	0,0921936	10	0,00921936		
	Total (Corr.)	0,212813	19			

Nota. Gl = grado de libertad



APÉNDICE I

Parámetros y análisis de varianza (ANOVA) asociados a los minerales de la gulupa en el cultivo 1

MINERALES mg/Kg					
MUESTRA	SODIO (Na)	ZINC (Zn)	MAGNESIO (Mg)	POTASIO (K)	POTASIO/ SODIO
1	3,70 (0,02) ^{bc}	13,6 (0,16) ^{ab}	21,6(0,18) ^{abc}	68,1 (0,18) ^b	18,4 (0,06) ^f
2	3,48 (0,03) ^b	11,4 (3,81) ^a	17,4 (5,42) ^a	49,5 (15,9) ^a	14,2 (4,44) ^{bcd}
3	3,81 (0,04) ^c	14,2 (0,88) ^{abc}	21,6 (1,09) ^{bc}	54,1 (2,67) ^a	14,2 (0,55) ^{abcd}
4	3,05 (0,26) ^a	14,2 (1,43) ^{abc}	20,1 (1,54) ^{ab}	50,0 (4,40) ^a	16,4 (0,03) ^{df}
5	3,48 (0,05) ^b	15,1 (0,47) ^{bc}	20,8 (0,42) ^{abc}	50,8 (1,51) ^a	14,6 (0,20) ^{bcd}
6	3,58 (0,04) ^{bc}	14,5 (0,10) ^{bc}	21,2 (0,11) ^{abc}	52,4 (0,62) ^a	14,6 (0,32) ^{bcd}
7	4,10 (0,08) ^d	16,7 (0,30) ^c	24,6 (0,20) ^c	48,8 (0,83) ^a	11,9 (0,04) ^{ab}
8	4,44 (0,12) ^f	14,7 (0,69) ^{bc}	21,7 (1,09) ^{bc}	48,1 (2,29) ^a	10,8 (0,82) ^a
9	4,26 (0,21) ^{df}	13,5 (0,70) ^{ab}	22,2 (1,11) ^{bc}	50,9 (2,77) ^a	11,9 (1,23) ^{abc}
10	3,43 (0,18) ^b	14,9 (0,21) ^{bc}	23,4 (0,52) ^{bc}	52,5 (0,99) ^a	15,3 (0,54) ^{cdf}
TOTAL	3,73 (0,42)	14,3 (1,66)	21,4 (2,32)	52,5 (6,87)	14,3 (2,44)

MINERALES mg/Kg	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
SODIO (Na)	Entre grupos	3,25828	9	0,362031	20,45	0,000
	Intra grupos	0,177007	20	0,0177007		
	Total (Corr.)	3,43529	29			
ZINC (Zn)	Entre grupos	33,441	9	3,71566	1,98	0,1511
	Intra grupos	18,7702	20	1,87702		
	Total (Corr.)	52,2111	29			



MINERALES mg/Kg	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
MAGNESIO (Mg)	Entre grupos	65,8877	9	7,32086	2,04	0,1417
	Intra grupos	35,9703	20	3,59703		
	Total (Corr.)	101,858	29			
POTASIO (K)	Entre grupos	598,927	9	66,5474	2,23	0,1141
	Intra grupos	298,805	20	29,8805		
	Total (Corr.)	897,732	29			
POTASIO/ SODIO	Entre grupos	90,7948	9	10,0883	4,44	0,0145
	Intra grupos	22,7071	20	2,27071		
	Total (Corr.)	113,502	29			

Nota. Gl = grado de libertad

APÉNDICE J.

Parámetros y análisis de varianza (ANOVA) asociados a los minerales de la pulpa de la gulupa en el cultivo 2

MINERALES mg/Kg					
MUESTRA	SODIO (Na)	ZINC (Zn)	MAGNESIO (Mg)	POTASIO (K)	POTASIO/ SODIO
1	3,67 (0,16) ^a	16,2 (0,56) ^b	16,9 (0,77) ^{abc}	68,1 (0,18) ^b	18,6 (0,88) ^e
2	4,09 (0,11) ^a	17,2 (0,42) ^b	16,1 (0,39) ^a	49,5 (16,0) ^a	12,2 (4,25) ^{bcd}
3	4,07 (0,08) ^a	17,7 (0,50) ^b	17,4 (0,42) ^{abc}	54, 1 (2,67) ^a	13,3 (0,92) ^{cd}
4	3,47 (0,02) ^a	16,4 (0,08) ^b	18,8 (0,24) ^c	50,0 (4,40) ^a	14,4 (1,33) ^d
5	5,34 (0,50) ^{bc}	16,6 (0,46) ^b	18,8 (0,86) ^c	50,8 (1,51) ^a	9,55 (1,18) ^{ab}
6	7,22 (0,52) ^e	16,0 (1,48) ^{ab}	17,8 (1,21) ^{abc}	52,4 (0,62) ^a	7,28 (0,61) ^a
7	6,06 (0,15) ^{cd}	15,6 (0,86) ^{ab}	17,8 (1,00) ^{abc}	48,8 (0,83) ^a	8,10 (0,06) ^a



MINERALES mg/Kg					
MUESTRA	SODIO (Na)	ZINC (Zn)	MAGNESIO (Mg)	POTASIO (K)	POTASIO/ SODIO
8	5,15 (0,73) ^b	14,0 (1,97) ^a	16,5 (2,04) ^{ab}	48,1 (2,29) ^a	9,46 (1,79) _{ab}
9	6,59 (0,14) ^{de}	16,3 (1,05) ^b	18,3 (0,72) ^{bc}	50,9 (2,77) ^a	7,74 (0,58) ^a
10	4,89 (0,23) ^b	17,1 (0,51) ^b	18,5 (0,18) ^{bc}	52,5 (0,99) ^a	10,8 (0,31) _{abc}
TOTAL	5,05 (1,26)	16,3 (1,22)	17,7 (1,16)	52,5 (6,87)	11,1 (3,65)

MINERALES mg/Kg	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
SODIO (Na)	Entre grupos	28,992	9	3,22133	26,87	0,00
	Intra grupos	1,1988	20	0,11988		
	Total (Corr.)	30,1908	29			
	Entre grupos	19,2469	9	2,13855		
ZINC (Zn)	Intra grupos	9,11062	20	0,911062	2,35	0,1000
	Total (Corr.)	28,3576	29			
MAGNESIO (Mg)	Entre grupos	16,6067	9	1,84519	2,08	0,1349
	Intra grupos	8,87662	20	0,887662		
	Total (Corr.)	25,4833	29			
POTASIO (K)	Entre grupos	598,927	9	66,5474	2,23	0,1141
	Intra grupos	298,805	20	29,8805		
	Total (Corr.)	897,732	29			
POTASIO/ SODIO	Entre grupos	226,671	9	25,1856	9,39	0,0008
	Intra grupos	26,8266	20	2,68266		
	Total (Corr.)	253,497	29			

Nota. Gl = grado de libertad



APÉNDICE K

Parámetros de color asociados a las muestras del cultivo 1

Muestra	L	a*	b*	c	h
	Luminancia	Coordenadas rojo/verde	Coordenadas amarillo/azul	Cromaticidad	Ángulo de tono
1	65,5 (0,15)	8,47 (0,32)	50,3 (0,11)	51,0 (0,16)	80,4 (0,33)
2	63,8 (0,00)	6,49 (0,07)	48,0 (0,35)	48,4 (0,33)	82,3 (0,14)
3	64,4 (0,00)	9,10 (0,00)	48,6 (0,00)	49,4 (0,00)	79,4 (0,00)
4	66,1 (0,25)	7,21 (0,13)	50,2 (0,66)	50,7 (0,63)	81,8 (0,26)
5	63,4 (0,18)	8,69 (0,37)	55,9 (0,17)	56,6 (0,11)	81,2 (0,39)
6	65,7 (0,10)	8,94 (0,00)	44,2 (0,15)	45,1 (0,14)	78,6 (0,05)
7	65,1 (0,45)	7,50 (0,26)	50,8 (0,18)	51,4 (0,14)	81,6 (0,32)
8	65,7 (0,00)	10,7 (0,00)	56,4 (0,00)	57,4 (0,00)	79,2 (0,00)
9	66,3 (0,82)	7,67 (0,00)	53,2 (0,47)	53,7 (0,47)	81,8 (0,07)
10	65,6 (0,00)	8,20 (0,36)	56,1 (0,46)	56,7 (0,51)	81,7 (0,29)
PROM	65,4 (0,76)	8,30 (1,16)	51,4 (3,92)	52,0 (3,92)	80,8 (1,28)



APÉNDICE L

Parámetros de color asociados a las muestras del cultivo 2

Muestra	L	a*	b*	c	h
	Luminancia	Coordenadas rojo/verde	Coordenadas amarillo/azul	Cromaticidad	Ángulo de tono
1	66,8 (0,78)	6,73 (0,13)	52,3 (0,11)	53,4 (0,13)	82,8 (0,12)
2	68,1 (0,44)	6,38 (0,47)	52,2 (0,50)	52,7 (0,44)	83,4 (0,58)
3	68,7 (0,34)	7,39 (0,83)	55,9 (1,00)	56,4 (0,89)	82,5 (0,98)
4	68,6 (0,26)	7,46 (0,04)	59,2 (0,05)	59,6 (0,05)	82,8 (0,03)
5	67,7 (0,23)	7,15 (0,16)	53,8 (1,80)	54,2 (1,80)	82,4 (0,09)
6	68,7 (1,69)	7,51 (0,40)	59,4 (0,15)	59,5 (0,10)	82,8 (0,40)
7	67,1 (0,18)	7,46 (0,42)	59,7 (0,46)	60,1 (0,40)	82,9 (0,46)
8	66,6 (0,00)	7,86 (0,00)	59,4 (0,00)	59,9 (0,00)	82,5 (0,00)
9	65,8 (0,00)	7,97 (0,00)	59,5 (0,00)	60,0 (0,00)	82,4 (0,00)
10	66,7 (0,78)	7,83 (0,15)	59,3 (0,08)	59,9 (0,10)	82,5 (0,13)
PROM	67,5 (1,11)	7,37 (0,56)	57,10 (3,01)	57,6 (3,04)	82,6 (0,37)



APÉNDICE M

Análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros de color asociados a las muestras del cultivo 1 y 2

Cultivo 1

Parámetro	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Luminancia	Entre grupos	10,0219	9	1,11354	11,07	0,0004
	Intra grupos	1,0056	20	0,10056		
	Total (Corr.)	11,0275	29			
	Entre grupos	25,123	9	2,79145	60,94	0,0000
a*	Intra grupos	0,45805	20	0,045805		
	Total (Corr.)	25,5811	29			
b*	Entre grupos	290,485	9	32,2761	297,72	0,0000
	Intra grupos	1,0841	20	0,10841		
	Total (Corr.)	291,569	29			
c	Entre grupos	291,304	9	32,3671	303,76	0,0000
	Intra grupos	1,06555	20	0,1065553		
	Total (Corr.)	292,369	29			
h	Entre grupos	30,7025	9	3,41139	62,51	0,0000
	Intra grupos	0,545707	20	0,0545707		
	Total (Corr.)	31,2482	29			

Nota. Gl = grado de libertad

Cultivo 2

Parámetro	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Luminancia	Entre grupos	18,8861	9	2,09845	4,63	0,0126
	Intra grupos	4,5454	20	0,45354		
	Total (Corr.)	2364215	29			



Parámetro	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
	Entre grupos	4,57982	9	0,508869	3,83	0,0239
a*	Intra grupos	1,35735	20	0,1132735		
	Total (Corr.)	5,90717	29			
b*	Entre grupos	167,664	9	18,6294	39,36	0,0000
	Intra grupos	4,7336	20	0,47336		
	Total (Corr.)	172,398	29			
c	Entre grupos	171,262	9	19,0292	43,07	0,0000
	Intra grupos	4,41829	20	0,441829		
	Total (Corr.)	175,681	29			
h	Entre grupos	0,963539	9	0,10706	0,63	0,7509
	Intra grupos	1,70158	20	0,170158		
	Total (Corr.)	2,66512	29			

Nota. Gl = grado de libertad

APÉNDICE N

Parámetros de la capacidad antioxidante asociados a las muestras del cultivo 1

Muestra	FENOLES TOTALES	FLAVONOIDES	FRAP	ABTS
	mg ácido gálico/100 muestra	mg de quercitina/100g de muestra	mg Trolox /100 g muestra	mg equivalente de Trolox/ 100 g de muestra
1	161,1 (1,42)	2,17 (0,00)	11,7 (0,64)	0,66 (0,06)
2	152,2 (1,43)	2,29 (0,03)	20,3 (1,32)	0,89 (0,03)
3	139,7 (0,10)	2,31 (0,09)	17,9 (0,30)	0,79 (0,02)
4	143,6 (2,65)	2,31 (0,04)	15,8 (0,19)	0,70 (0,02)



Muestra	FENOLES TOTALES	FLAVONOIDES	FRAP	ABTS
	mg ácido gálico/100 muestra	mg de quercitina/100g de muestra	mg Trolox /100 g muestra	mg equivalente de Trolox/ 100 g de muestra
5	160,5 (7,75)	2,12 (0,00)	18,6 (0,72)	0,83 (0,01)
6	157,9 (1,09)	2,05 (0,01)	15,5 (1,02)	0,74 (0,05)
7	173,9 (4,56)	2,48 (0,00)	11,2 (0,37)	0,57 (0,01)
8	172,0 (4,51)	1,86 (0,03)	24,5 (0,94)	0,70 (0,05)
9	168,9 (4,51)	2,35 (0,04)	43,2 (0,14)	0,71 (0,04)
10	179,3 (8,69)	3,12 (0,01)	21,9 (0,61)	0,61 (0,04)
PROM	160,9 (13,1)	2,31 (0,33)	20,0 (8,92)	0,72 (0,10)

APÉNDICE O

Parámetros de la capacidad antioxidante asociados a las muestras del cultivo 2

Muestra	FENOLES TOTALES	FLAVONOIDES	FRAP	ABTS
	mg ácido gálico/100 g de muestra	mg de quercitina/100 g de muestra	mg Trolox / 100 g de muestra	mg equivalente de Trolox / 100 g de muestra
1	147,8 (1,30)	2,07 (0,07)	17,5 (0,69)	0,65 (0,05)
2	152,9 (12,2)	1,73 (0,04)	10,1 (0,38)	0,56 (0,04)
3	149,3 (24,1)	2,13 (0,11)	21,0 (1,70)	0,51 (0,05)
4	140,2 (2,24)	2,40 (0,04)	25,4 (0,32)	0,69 (0,01)
5	155,1(2,69)	1,85 (0,01)	19,4 (2,04)	0,68 (0,01)



Muestra	FENOLES TOTALES	FLAVONOIDES	FRAP	ABTS
	mg ácido gálico/100 g de muestra	mg de quercitina/100 g de muestra	mg Trolox / 100 g de muestra	mg equivalente de Trolox / 100 g de muestra
6	132,2 (1,58)	2,21 (0,06)	12,9 (0,25)	0,61 (0,04)
7	158,3 (7,45)	4,18 (0,07)	24,7 (0,60)	0,74 (0,04)
8	153,7 (7,45)	2,85(0,01)	20,0 (0,69)	0,56 (0,04)
9	168,2 (18,8)	3,02 (0,33)	17,2 (1,57)	0,63 (0,01)
10	143,2 (3,11)	2,99 (0,09)	12,5 (0,07)	0,56 (0,05)
Promedio	150,11 (12,67)	2,55 (0,72)	18,0 (5,02)	0,62 (0,08)

APÉNDICE P

Análisis de varianza (ANOVA) de los parámetros de actividad antioxidante asociados a las muestras del cultivo 1 y 2

Tabla P1

Cultivo 1

Parámetro	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FENOLES	Entre grupos	3075,49	9	341,721	16,26	0,0001
	Intra grupos	210,159	20	21,0159		
	Total (Corr.)	3285,65	29			
	Entre grupos	2,03651	9	0,226279	187,9	0,0000
FLAVONOIDES	Intra grupos	0,0120366	20	0,00120366		
	Total (Corr.)	2,04854	29			



Parámetro	Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
FRAP	Entre grupos	1505,45	9	167,272	317,56	0,0000
	Intra grupos	5,26741	20	0,526741		
	Total (Corr.)	1510,72	29			
ABTS	Entre grupos	0,17008	9	0,0188978	13,50	0,0002
	Intra grupos	0,014	20	0,0014		
	Total (Corr.)	0,18408	29			

Nota. Gl = grado de libertad

Tabla P2

Cultivo 2

Parámetro	Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Cuadrado medio	Razón-F	Valor-P
FENOLES	Entre grupos	1828,21	9	203,135	1,66	0,2193
	Intra grupos	1220,51	20	122,051		
	Total (Corr.)	3048,72	29			
FLAVONOIDES	Entre grupos	9,71674	9	1,07969	74,57	0,0000
	Intra grupos	0,144788	20	0,0144788		
	Total (Corr.)	9,86152	29			
FRAP	Entre grupos	466,873	9	51,8748	46,51	0,0000
	Intra grupos	11,1545	20	1,11545		
	Total (Corr.)	478,027	29			
ABTS	Entre grupos	0,09658	9	0,0107311	7,95	0,0016
	Intra grupos	0,0135	20	0,00135		
	Total (Corr.)	0,11008	29			

Nota. Gl = grado de libertad



APÉNDICE Q

Formato de recolección de datos para el análisis sensorial del zumo

Universidad Nacional Abierta y a Distancia Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería Programa de Química, CEAD de Ibagué			
PANEL HEDONICO (Prueba sensorial de la pulpa de Gulupa)			
Fecha: _____ Nombre: _____			
Instrucciones			
El siguiente formato contiene las especificaciones para realizar una valoración hedónica de una pulpa a partir de la <i>Pasiflora edulis Sims</i> (Gulupa) que ha sido tratada por procesos de tamizados para la obtención; indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de las muestras de acuerdo con un puntaje por categoría:			
Categoría	Puntaje	Categoría	Puntaje
Me disgusta extremadamente	1	Me gusta levemente	6
Me disgusta mucho	2	Me gusta moderadamente	7
Me disgusta moderadamente	3	Me gusta mucho	8
Me disgusta levemente	4	Me gusta extremadamente	9
No me gusta ni me disgusta	5		
Muestra	Calificación para cada atributo		
	OLOR	COLOR	SABOR
1			
TEXTURA			
Observaciones:			

Formato de trabajo para el análisis sensorial de muestras de mermeladas

Nombre: _____

Fecha: _____

El presente formato contiene las especificaciones para la cata de una formulación de mermelada por medio de un escalar hedónico con 9 puntos, los cuales son categorizados según el agrado y gusto de la persona.

Formulación: Lote:

Fabricante:

No se percibe (0-1)

Levemente se percibe (2-3)

Se percibe (4-5)

Altamente se percibe (6-7)

Extremadamente se percibe (8-9)

VISUAL

Color



AROMA

Afrutado



Características

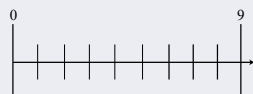


Extraños

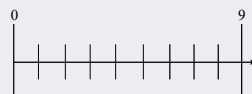


SABOR

Ácido



Metálico



Caramelo



Dulce



Textura



Característico



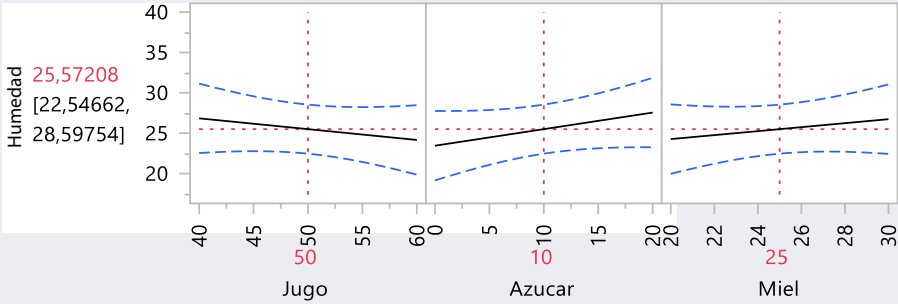
APÉNDICE S

ANOVA parámetros fisicoquímicos de las formulaciones para mermelada

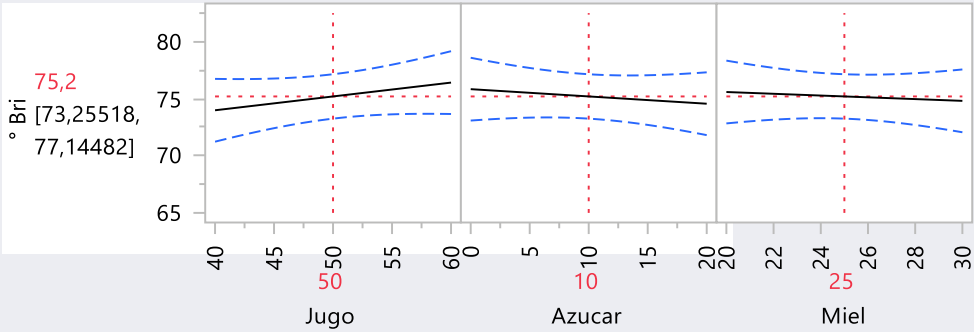
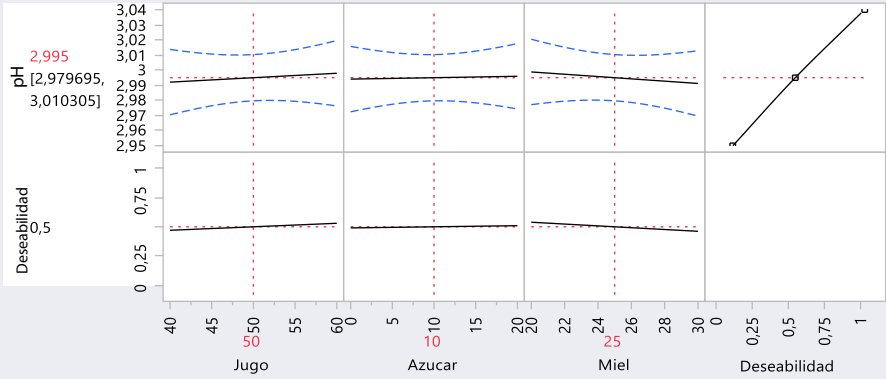
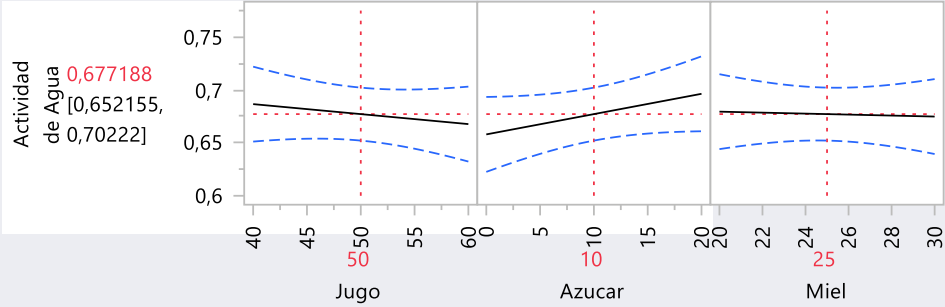
Tratamiento	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Probabilidad de F
Potencial de Hidrógeno	Tratamiento	14	0,0165589	0,001183	13,8282	<,0001
	Error	15	0,001283	0,000086		
	C. total	29	0,0178419			
Sólidos Solubles Totales	Tratamiento	14	451,93467	32,281	33,0297	<,0001
	Error	15	14,66	0,9773		
	C. total	29	466,59467			
Actividad de Agua	Tratamiento	14	0,0529835	0,003785	545,8462	<,0001
	Error	15	0,000104	0,000006933		
	C. total	29	0,0530875			
Humedad	Tratamiento	14	798,95959	57,0685	116,2363	<,0001
	Error	15	7,36455	0,491		
	C. total	29	806,32414			

APÉNDICE T

Perfiladores de predicción del modelo en los parámetros fisicoquímicos de la formulación de mermelada a partir de zumo de gulupa



CARACTERIZACIÓN DE LA GULUPA (*PASSIFLORA EDULIS* SIMS VAR. *EDULIS*)
 PRODUCIDA EN EL MUNICIPIO DE CAJAMARCA – CAÑÓN DE ANAIME, TOLIMA, COLOMBIA



APÉNDICE U

ANOVA en los parámetros de cromaticidad asociados a las formulaciones de mermelada

Tratamiento	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Probabilidad de F
a*	Tratamiento	14	205,34535	14,6675	59,8455	<,0001
	Error	15	3,67635	0,2451		
	C. total	29	209,0217			
b*	Tratamiento	14	361,35289	25,8109	116,7246	<,0001
	Error	15	3,3169	0,2211		
	C. total	29	364,66979			
L	Tratamiento	14	155,15212	11,0823	6,1374	0,0006
	Error	15	27,08555	1,8057		
	C. total	29	182,23767			
C	Tratamiento	14	395,61015	28,2579	77,8461	<,0001
	Error	15	5,44495	0,363		
	C. total	29	401,0551			
h	Tratamiento	14	375,47638	26,8197	89,3852	<,0001
	Error	15	4,5007	0,3		
	C. total	29	379,97708			



APÉNDICE V

ANOVA en los parámetros de sensoriales asociados a las formulaciones de mermelada

Tratamiento	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Probabilidad de F
Aroma extraño	Tratamiento	14	10,6	0,75714	0,6787	0,7863
	Error	64	71,4	1,11563		
	C. total	78	82			
Aroma afrutado	Tratamiento	14	60,88667	4,34905	3,6394	0,0002
	Error	60	71,7	1,195		
	C. total	74	132,58667			
Aroma característico	Tratamiento	14	51,0807	3,64862	3,0029	0,0015
	Error	61	74,11667	1,21503		
	C. total	75	125,19737			
Sabor ácido	Tratamiento	14	92,95333	6,63952	6,0329	<,0001
	Error	60	66,03333	1,10056		
	C. total	74	158,98667			
Sabor extraño	Tratamiento	14	25,75652	1,83975	1,0509	0,4207
	Error	54	94,53333	1,75062		
	C. total	68	120,28986			
Sabor astringente	Tratamiento	14	122,35104	8,73936	2,8381	0,0035
	Error	49	150,88333	3,07925		
	C. total	63	273,23438			
Sabor caramelo	Tratamiento	14	30,027	2,14479	1,3528	0,203
	Error	64	101,46667	1,58542		
	C. total	78	131,49367			



Tratamiento	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de los cuadrados	Razón F	Probabilidad de F
Sabor dulce	Tratamiento	14	50,05385	3,57527	3,2675	0,0006
	Error	63	68,93333	1,09418		
	C. total	77	118,98718			
Sabor metálico	Tratamiento	14	3,678277	0,262734	0,9546	0,5068
	Error	74	20,36667	0,275225		
	C. total	88	24,044944			
Sabor textura	Tratamiento	14	33,21884	2,37277	1,3379	0,2168
	Error	54	95,76667	1,77346		
	C. total	68	128,98551			
Sabor característico	Tratamiento	14	20,605556	1,47183	1,7895	0,059
	Error	66	54,283333	0,82247		
	C. total	80	74,888889			
Visual color	Tratamiento	14	16,352814	1,16806	1,803	0,0582
	Error	62	40,166667	0,64785		
	C. total	76	56,519481			



Sello Editorial

Universidad Nacional
Abierta y a Distancia

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA
Y A DISTANCIA (UNAD)**

Sede Nacional José Celestino Mutis
Calle 14 Sur 14-23
PBX: 344 37 00 - 344 41 20
Bogotá, D.C., Colombia

www.unad.edu.co

