

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**APROVECHAMIENTO DEL GUAPINOL (*Hymenaea courbaril*) PARA EL
DESARROLLO DE UNA BEBIDA FUNCIONAL TIPO YOGUR**

POR:

BLANCA JACQUELINE ROMERO MARTINEZ

ANTEPROYECTO



CATACAMAS

OLANCHO

MAYO 2025

APROVECHAMIENTO DEL GUAPINOL (*Hymenaea courbaril*) PARA EL
DESARROLLO DE UNA BEBIDA FUNCIONAL TIPO YOGUR.

POR

BLANCA JACQUELINE ROMERO MARTINEZ

ASESOR PRINCIPAL

JHUNIOR ABRAHAN MARCIA FUENTES

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
TECNOLOGIA ALIMENTARIA

CATACAMAS, OLANCHO

HONDURAS

MAYO 2025

DEDICATORIA

A mi hijo, **Sebatían Alberto Romero Martínez**, porque en ti encontré la fuerza que creí perdida. Sos mi razón de vivir, mi impulso para seguir adelante y el motor de cada uno de mis logros. Este triunfo es nuestro, te amo.

A mí misma, porque me levanté cuando más rota me sentí. Porque, aunque todo dolía, elegí seguir. Esta dedicatoria es un abrazo a esa versión mía que no rindió.

A la memoria de mi hermano **Erick Manuel De León Martínez**, que vive en mi recuerdo y en mi corazón. Aunque ya no estás físicamente, tu presencia me acompañó en este proceso. Este logro también te honra.

AGRADECIMIENTOS

A mi hijo, **Sebastián Alberto Romero Martínez** gracias por ser mi mayor fuente de inspiración. Tu existencia me motiva a seguir adelante con determinación y amor. Cada esfuerzo en este camino ha tenido como propósito darte un mejor futuro. Este logro también es tuyo.

A mis padres, **Karla Jacqueline Martínez** y **Jorge Alberto Romero** gracias por su apoyo incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo y por acompañarme en cada etapa de mi vida. Su ejemplo, amor y sacrificio han sido fundamentales para alcanzar este objetivo.

A mis hermanas, **Heidy Magnolia Martínez** y **Cinthia Paola Zelaya** gracias por estar siempre presentes, por sus palabras de aliento y por creer en mí aun en los momentos más difíciles. Su cariño y compañía han sido un gran respaldo durante todo este proceso.

A mi asesor principal, **Jhunion Abrahan Marcia** gracias por su guía, compromiso y paciencia. Su orientación fue esencial para el desarrollo de esta tesis, y valoro profundamente su dedicación y exigencia académica.

A mis asesores secundarios, **Rosa Arelys Betancourt** y **Wilson Alexander Martínez** gracias por su acompañamiento, su paciencia, sus observaciones acertadas y su disposición para aportar al crecimiento de este trabajo

A mi alma mater, la **Universidad Nacional de Agricultura** gracias por haberme formado como profesional y como persona. En sus aulas encontré no solo conocimientos, sino también valores y amistades que llevaré conmigo siempre. Esta institución ha sido el cimiento de este logro académico.

A mis amigos **Nolvia Gissela Acosta, Kerin Elifeleth Hernández, Andrea Isabel Rivera, Milgiam Giselle Hernández, Jorge Arturo Rodríguez, Gloria Almendarez Loren Macias Bú, Cesar Rodolfo Luque** y demás amistades por estar siempre para mí, por el apoyo, las experiencias y el cariño sincero que siempre me han brindado, gracias, por tanto.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMEN.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. General	3
2.2. Específicos	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. Alimentos Funcionales	4
3.2. Tendencias de los alimentos funcionales	4
3.3. Yogur	6
3.4. Yogures Funcionales.....	7
3.5. Yogures Vegetales	7
3.6. Guapinol (<i>Hymenaea courbaril</i>)	8
3.6.1. Características botánicas y distribución geográfica	8
3.6.2. Composición Nutricional.....	10
3.6.3. Usos Tradicionales y Potenciales del Guapinol	12
3.7. Sucedáneos de Leche.....	13
3.8. Evaluación sensorial.....	14
3.9. Nariz electrónica	15
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	16
4.1. Lugar de la investigación.	16
4.2. Materiales y Equipo	17
4.3. Método.....	18
4.4. Diseño experimental.....	18
4.5. Preparación y recolección de materia prima	19
4.6. Formulación del yogur	20

4.7. Preparación de la pulpa	20
4.8. Caracterización de la pulpa	21
4.8.1. Caracterización física	21
4.8.2. Caracterización química	21
4.8.3. Identificación de fitoquímicos	22
4.9. Preparación del yogur	24
4.9.1. Mezclado	24
4.9.2. Pasteurización de la pulpa	24
4.9.3. Enfriamiento	24
4.9.4. Fermentación	25
4.9.5. Enfriamiento	25
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
5.1. Evaluación sensorial.....	26
5.2. Caracterización fisicoquímica.....	28
5.3. Identificación de fitoquímicos	29
5.4. Análisis de viscosidad	30
VI. CONCLUSIÓN.....	33
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	34
ANEXOS	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Descripción botánica del Guapinol (<i>Hymenaea Courbaril</i>)	9
Tabla 2. Composición proximal de la pulpa (100 g).....	11
Tabla 3. Materiales y equipo a utilizar en el trabajo de investigación.	17
Tabla 4. Tabla experimental de diseño de mezclas tipo Simplex. Niveles de pulpa y Guapinol en base a un 100%.	19
Tabla 5. Resultados de evaluación sensorial.....	27
Tabla 6. Resultados de caracterización fisicoquímica.....	28
Tabla 7. Resultados de tamizaje fitoquímico.....	29
Tabla 8. Viscosidad (cP) de las bebidas tipo yogur a base de Guapinol.	30

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1. Universidad Nacional de agricultura.....	16
Ilustración 2. Trazas identificadas con nariz electrónica.	31

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Fruto de Guapinol.....	40
Anexo 2. Pulpa de Guapinol.	40
Anexo 3. fruta de Guapinol.....	40
Anexo 4. Tamizado de pulpa.....	40
Anexo 5. Mezclado de pulpa y agua.....	40
Anexo 6. Pesado de la pulpa.....	40
Anexo 7. Pasterizado.....	41
Anexo 8. Inoculo.....	41
Anexo 9. Incubación del inoculo.....	41
Anexo 10. Muestras de los diferentes tratamientos.....	41
Anexo 11. Agitación en el ultrasónico.....	41
Anexo 12. Muestra en baño maría.....	41
Anexo 13. Identificación de cumarinas en pape.....	42
Anexo 14. Muestra de Glucósidos cardiotónicos.....	42
Anexo 15. Muestras de solución.....	42
Anexo 16. Adición de reactivos.....	42
Anexo 17. Pectina del Guapinol.....	42
Anexo 18. Evaluación sensorial de yogur.....	42

RESUMEN

El guapinol (*Hymenaea courbaril*) es un fruto nativo rico en fibra y compuestos funcionales como flavonoides y taninos, con potencial para ser utilizado como sustituto lácteo en productos fermentados. En este estudio se desarrolló una bebida tipo yogur vegetal a partir de pulpa de guapinol, empleando un diseño de mezcla con tres niveles de concentración (10 %, 20 % y 30 %), combinados con un 5 % de inóculo de *Lactobacillus casei* y diferentes proporciones de agua, además de un tratamiento testigo con leche. Se caracterizaron 100 frutos en cuanto a peso, dimensiones, pH, °Brix y acidez, y se evaluaron propiedades funcionales mediante tamizaje fitoquímico, que confirmó la presencia de flavonoides, taninos y heterósidos cardiotónicos. El análisis aromático realizado con nariz electrónica a la pulpa de guapinol reveló escasa presencia de compuestos volátiles, detectándose solo trazas en concentraciones mínimas. La viscosidad fue determinada por triplicado utilizando un viscosímetro rotatorio, mostrando un incremento proporcional al porcentaje de pulpa. La evaluación sensorial se llevó a cabo con 100 jueces no entrenados mediante escala hedónica de 9 puntos para los atributos de color, aroma, sabor y consistencia. Los resultados indicaron buena aceptación de las formulaciones, destacando la muestra con 20 % de pulpa por obtener la mayor intención de compra (75 %) y un perfil sensorial comparable al yogur lácteo. Estos hallazgos respaldan el uso del guapinol como ingrediente funcional en la formulación de productos fermentados de origen vegetal.

Palabras clave: Guapinol, *Hymenaea courbaril*, yogur vegetal, bebida fermentada, fitoquímicos.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los alimentos funcionales han llamado la atención por sus posibles beneficios para la salud más allá de la nutrición básica, ya que sirven como ricas fuentes de proteínas, carbohidratos, vitaminas y fibra dietética (Vignesh, Amal, Sarvalingam, & Vasanth, 2024). Estos ejercen efectos beneficiosos y nutricionales básicos en una o varias funciones del organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de sufrir enfermedades (Al-sheraji, y otros, 2013).

Gracias a las nuevas expectativas de los consumidores respecto a este tipo de alimentos han dado lugar al desarrollo de nuevos productos funcionales (Alvídrez-Morales, González-Martínez, & Jiménez-Salas, 2002). Esta tendencia ha llevado al consumidor a buscar productos saludables en el mercado como el yogurt vegetal (Holwerda, 2018).

De acuerdo con (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008); la *Hymenaea courbaril* es también conocida por varios nombres comunes como algarrobo, Guapinol, entre otros, asimismo, este árbol genera vainas grandes y duras, conteniendo una pulpa de olor penetrante pero comestible y semillas grandes. Además, se le atribuyen propiedades curativas como antidiarreico, elimina el dolor de estómago, antidiabético y antirreumático, algunas culturas lo utilizan para combatir la disentería, infecciones urinarias y la hipertensión (Quezada, 2020).

La pulpa de Guapinol tiene alto contenido de fibra, de igual manera, posee fitoquímicos con potencial funcional, entre ellos compuestos antioxidantes y polifenoles que pueden emplearse como ingrediente funcional en el diseño de nuevos productos, asimismo, posee alta capacidad de absorción de agua (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008).

Entre estos nuevos productos, se encuentra el desarrollo de una bebida funcional tipo yogur a base de Guapinol (*Hymenaea courbaril*) como una oportunidad innovadora de

aprovechar los recursos naturales de manera sostenible, respondiendo a la demanda de alimentos saludables de parte de los consumidores. La introducción de este producto en el mercado podría no solo diversificar el uso del Guapinol, sino también proporcionar un alimento potencialmente funcional con beneficios para la salud, como la mejora de la digestión y la promoción de la salud intestinal.

Por lo anterior, el presente estudio tiene como objetivo desarrollar una bebida funcional utilizando el fruto de Guapinol (*Hymenaea courbaril*) como sucedáneo de yogur, evaluando sus propiedades sensoriales, perfil aromático, intención de compra, composición nutricional y físico-química. De igual manera, esta investigación tiene como novedad científica en ser el primer estudio en la Universidad Nacional de Agricultura que incorpora el uso del Guapinol para el desarrollo de un nuevo producto tipo sucedáneo, promoviendo el uso sostenible de los recursos locales y aportando a la seguridad alimentaria de la región, a partir del aprovechamiento de plantas nativas.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Desarrollar una bebida funcional como sucedáneo de yogur a partir del uso de la pulpa de Guapinol (*Hymenaea courbaril*), para su aprovechamiento como suplemento nutricional.

2.2. Específicos

- Caracterizar la harina de Guapinol a partir de pruebas físico-químicas a escala de laboratorio.
- Desarrollar pruebas preliminares de la incorporación de Guapinol en la elaboración de un sucedáneo de yogur a partir de un diseño experimental de mezclas de tipo simplex.
- Obtener la formulación con mayor aceptación a partir de pruebas descriptivas en consumidores.
- Identificar los compuestos volátiles presentes en la bebida funcional mediante análisis de perfil aromático con nariz electrónica.
- Determinar los fitoquímicos presentes en la harina de Guapinol a través de pruebas químicas a escala de laboratorio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Alimentos Funcionales

Los alimentos funcionales son considerados como alimentos o componentes de la dieta, que se consumen como parte de una dieta normal y que más allá de la nutrición básica aportan componentes biológicamente activos, que ofrecen beneficios para la salud y reducen el riesgo de sufrir enfermedades, entre estos alimentos se encuentran los de origen natural, que son aquellos a los que no se les ha añadido, eliminado o modificado un componente por medios biotecnológicos (Perdigón, y otros, 2009).

Entre los alimentos funcionales, se destacan aquellos que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, los alimentos que han sido adicionados de sustancias biológicamente activas como los fitoquímicos u otros antioxidantes, y los probióticos que tienen cultivos vivos de microorganismos beneficiosos (Perdigón, y otros, 2009).

3.2. Tendencias de los alimentos funcionales

En las últimas décadas, la suposición de que la nutrición es uno de los principales factores detrás de la buena salud está científicamente comprobado, por tal razón el consumidor moderno es cada vez más consciente de que "el hombre es lo que come", y ha comenzado a buscar respuestas alternas y variadas, dependiendo de la edad y el sexo, en términos de nutrición molecular (Nakai, y otros, 2017).

En la actualidad uno de los determinantes fundamentales relacionados con el estilo de vida que influye directamente en el estado de la salud y en el normal funcionamiento del cuerpo de las personas es precisamente la alimentación y los hábitos alimentarios saludables, siendo la malnutrición y el sedentarismo relacionados con nuestro estilo de vida dos de las grandes enfermedades del siglo XXI conforme a la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Ortega & Flores, 2019).

Según (Culhane, 2015); en el año 2008 el 59 % de los hombres adultos y el 48 % de las mujeres adultas de 27 países de la Unión Europea tenían sobrepeso u obesidad. La ciencia de la nutrición ha centrado gran parte de su historia en el papel de los nutrientes esenciales en la prevención de deficiencias, a su vez, se deben garantizar niveles inalterados de nutrientes clave o componentes funcionales en relación con la disminución del gasto energético (Culhane, 2015).

Los alimentos funcionales se caracterizan por contener diversos componentes, algunos de los cuales se clasifican como nutrientes, y afectan diversas funciones importantes en el cuerpo produciendo bienestar y salud y/o disminución del riesgo de algunas enfermedades (Roberfroid, 2011). En consecuencia, estos alimentos, además de saciar el hambre y proporcionar nutrientes que son necesarios para el organismo, también prevenir enfermedades relacionadas con la nutrición y mejorar el cuerpo a nivel físico y mental (Menrad, 2003).

Una visión global generada por las tendencias en la ciencia de los alimentos reza que un producto alimenticio puede ser definido como alimento funcional si tiene componentes con funciones beneficiosas, saludables o que previenen una enfermedad y si dicho alimento cumple alguna de las siguientes descripciones: a) es un alimento natural; b) es un alimento al que se ha añadido un componente; c) es un alimento del que se ha extraído un componente; d) es un alimento en el que se ha modificado la naturaleza de uno o más de sus componentes; e) es un alimento en el que se ha modificado la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes o cualquier combinación de las posibilidades antes mencionadas (Roberfroid, 2011).

3.3. Yogur

Según él (Codex Alimentarius, 2022); el yogur es un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, que puede haber sido elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición según las limitaciones, por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoelectrica), también, estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de duración mínima.

Las bacterias que se encuentran en el yogur son principalmente miembros del género *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (Mamdoh & Suliman, 2009); (Hoolihan, 2001) las cuales viven en simbiosis y utilizan la lactosa para producir ácido láctico y otros productos secundarios, como anhídrido carbónico, ácido acético, diacetilo y acetaldehído, que confieren el sabor y el aroma característico al producto final (Navas & Arciniegas, 2008).

El yogur es uno de los productos más populares entre los otros productos lácteos (Eder, 2003) y se puede consumir como una comida completa para el almuerzo, la cena o desayuno. Además, se puede consumir entre comidas como bebida o bebida, y Se puede agregar a muchos platos de verduras (Jayathilake, 2019).

3.4. Yogures Funcionales

La tendencia de los yogures va encaminada hacia aquellos que aporten al organismo humano algún beneficio extra. Entre éstos encontramos los que reducen el colesterol debido a la presencia de estanoles vegetales, los que ayudan a mantener la tensión arterial por su elevada concentración en potasio, y los que activan las defensas del sistema inmunitario gracias a bacterias probióticas como lo son el grupo de los *Lactobacillus* (Barke., 2014).

Los consumidores con mentalidad de bienestar buscan cada vez más productos con beneficios multifuncionales y declaraciones saludables (Santiago, 2024). Este cambio en las preferencias del consumidor ha llevado a las principales empresas del sector, como Danone y Nestlé, a innovar constantemente y adaptar sus productos a las demandas emergentes, introduciendo nuevas líneas de yogur con sabores exóticos y texturas mejoradas (The Food tech, 2024).

Los yogures vegetales han surgido como área de interés, ya que estos son el resultado de la fermentación de leche de vegetales como la de almendra, anacardo, coco, avellana, maní, sésamo, soya, chufa, avena, arroz, cáñamo y nuez volviéndolo una alternativa para personas con intolerancia a la lactosa (Aydar, Tutuncu, & Ozcelik, 2020). La composición de dichos yogures, es variable en función de sus ingredientes, aportando ciertos beneficios a nuestro organismo (Mundo Lacteo, 2021).

3.5. Yogures Vegetales

En la actualidad las bebidas vegetales han aumentado su consumo por diversas razones, como las alergias alimentarias y posturas éticas relativas al consumo de alimentos de origen animal (García & Rodríguez, 2023).

Las bebidas vegetales son alimentos que siempre se han consumido, son bebidas no lácteas, fabricada con agua e ingredientes de origen vegetales, que no poseen proteína animal (García-Saavedra, 2017). Existen diversos tipos de bebidas vegetales, por ejemplo: de almendras, coco, arroz, avena, linaza, alpiste, quinoa, sésamo, soya, avellanas, así como de nuez, girasol, mijo, cáñamo, trigo y espelta (Dávila De Campagnaro, 2017).

Los sucedáneos de leche que reemplazan las bebidas de origen animal por las bebidas de origen vegetal son uno de los grupos de alimentos que son insustituibles en la industria alimentaria vegana, ya que son un ingrediente esencial en muchos productos como el yogur de origen vegetal, el queso, el kéfir, la mantequilla, crema, entre otros (Aydar, Tutuncu, & Ozcelik, 2020).

3.6. Guapinol (*Hymenaea courbaril*)

3.6.1. Características botánicas y distribución geográfica

El *Hymenaea courbaril*., conocido comúnmente como algarrobo, Guapinol, locust, jatobá o courbaril entre muchos otros, es un imponente árbol forestal que produce vainas grandes y muy duras conteniendo una pulpa de un olor penetrante pero comestible y semillas de gran tamaño (Tamayo, González, & Garcés, 2008).

En Costa Rica, es popularmente conocido como Guapinol, aunque también llamado algarrobo y nancitón. La etimología, Guapinol, proviene del lenguaje náhuatl, que significa árbol que produce pinol (quauitl: árbol y pinolli: aserrín o pinol) (Pittier, 1978) (León & Poveda, 2000).

Hymenaea se caracteriza por ser un árbol semicaducifolio, con 8 a 15 m de altura y de 40 a 80 cm de diámetro, alcanzando hasta 20 m de altura y 200 cm de diámetro (Toro Murillo,

Piedrahita Cardona, & Gómez Restrepo, 2018). El fruto del Guapinol, que mide entre 5 y 12 centímetros, presenta una vaina de color café oscuro tirando a rojo.

Dentro de esta vaina se encuentran de 4 a 6 semillas cubiertas por una pulpa comestible y dulce, de color amarillo café, que se presta para la elaboración de batidos y otras preparaciones culinarias (Quezada, 2020).

Tabla 1. Descripción botánica del Guapinol (*Hymenaea Courbaril*)

Partes	Descripción
• Tronco	Recto, cilíndrico
• Ramificación	Racimosa e irregular.
• Copa.	Grande y redondeada, con follaje denso
• Corteza.	Con espesura de hasta 10 mm
• La corteza externa	Es grisácea-clara, casi lisa a áspera, con pequeños surcos superficiales
• La corteza interna	Es rosada y exuda resina de color vino.
• Hojas	Alternas, compuestas, coriáceas, con dos folíolos brillantes, de bases desiguales, con 6 a 14 cm de longitud por 3 a 5 cm de ancho.
• Frutos	Vaina leñosa, indehiscente, medio cilíndrica, dura, poco comprimida, de coloración marrón brillante, internamente revestida por pulpa carnosa, farinácea con olor dulce característico y comestible.

Fuente: (Verga, y otros, 2009).

El centro de origen de la especie se situó en las zonas costeras del Oriente Medio. Sin embargo, más recientemente se considera que proviene de una flora xerotrópica, situándose el género como originario de la península Arábiga (Tous- Marti & Batlle-Caravaca, 1990). Sin embargo, en nuestra región, históricamente ha sido el único miembro nativo de este género en América (Hammel, Grayum, Herrera, & Zamora, 2010)

El árbol de Guapinol por sus propiedades alimenticias y medicinales, es considerado un potencial ingrediente funcional, además, puede emplear para promover bellezas escénicas en espacios urbanos y rurales (Chízmar-Fernández, 2009).

También es especialmente conocido por sus múltiples propiedades antibacterianas, antimicóticas, antiparasitarias, y nutricionales debido a sus características químicas y bromatológicas (Tamayo, González, & Garcés, 2008).

3.6.2. Composición Nutricional

Además de su valor alimentario, se le atribuyen propiedades medicinales a la corteza y hojas del Guapinol. Se ha utilizado tradicionalmente para detener diarreas, aliviando dolores de estómago y demostrando ser un antidiabético y antirreumático efectivo, además, algunas culturas, se emplea para combatir la disentería, infecciones urinarias y la hipertensión (Quezada, 2020).

Tabla 2. Composición proximal de la pulpa (100 g)

Producto	Composición
Agua	14.6 %
Proteína	5.9 %
Grasa	2.2 %
Carbohidratos Totales	75.3 %
Fibra	13.4 %
Calcio	28 mg
Fósforo	14. 3 mg
Hierro	3.2 mg
â caroteno	*ND
Tiamina	0.23 mg
Riboflavina	0.14 mg
Niacina	4.1 mg
Ácido Ascórbico	11 mg

*ND = No Determinado

Fuente: (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008).

El Guapinol también contiene terpenos, y químicos fenólicos, los cuales son responsables de proteger el árbol del ataque de hongos en la selva, de hecho, es uno de los pocos árboles en la selva que luce una corteza completamente limpia por sus propiedades antifúngicas (Rain Tree Nutrition, 2007).

Además de las propiedades antimicóticas, se ha documentado también que *Hymenaea courbaril* tiene actividad contra un amplio rango de levaduras incluyendo *Cándida*. Otros estudios clínicos que han sido desarrollados desde los 70's han mostrado que tiene propiedades antimicrobianas, molusquicidas (Mata y controla caracoles y babosas), y actividades antibacteriales, incluyendo acciones *in vitro* contra organismos tales como *E. coli*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* y *Bacillus*, además, de esto un extracto acuoso de hojas de las hojas de Guapinol ha demostrado una significativa actividad hipoglicémica,

produciendo una reducción significativa de los niveles de azúcar en la sangre, lo cual valida otros usos tradicionales (Rain Tree Nutrition, 2007).

Según (Haber, 2003); la fibra de algarroba contiene fundamentalmente celulosa, pectina, hemicelulosa y lignina, que benefician la flora intestinal, disminuyendo las bacterias e incrementando los lactobacilos. Además, la pectina, conocida como espesante, tiene otras propiedades: laxante, coagulante, bactericida, preventiva del cáncer, reductora del colesterol, ayuda a la formación de las membranas celulares, elimina metales pesados y sustancias tóxicas del organismo y protege la mucosa intestinal (Theuwissen & Mensink, 2008). Contiene también polifenoles insolubles en agua, por lo que su composición no es comparable a la de otras fuentes habituales de fibra alimentaria (Pedauryé, 2007). La fracción hidrosoluble abarca carbohidratos simples como sacarosa, glucosa, fructosa y pinitol, un derivado del inositol (Haber, 2003).

3.6.3. Usos Tradicionales y Potenciales del Guapinol

Uno de los principales usos tradicionales que se le conoce al Guapinol se encuentra en la pulpa comestible que rodea a las semillas, es conocida como uno de los alimentos vegetales más ricos gracias a su alta concentración de almidón y proteínas, la cual inicia su aparición como un alimento muy importante en la dieta de muchos pueblos indígenas (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008). La pulpa es dulce, se consume cruda, se incorpora como harina en galletas y sopas, o se mezcla con aguapara preparar una bebida llamada atole y a los niños se les da con leche por ser un excelente alimento, también, puede constituir un alimento concentrado de primera calidad para animales (Barrero-Barrero, 2004).

Las semillas medicinalmente se han usado en casos similares a la savia, adicionalmente, se ha usado para tratar bronquitis, catarros, cistitis, diarrea, dispepsia, fracturas, indigestión, laringitis, malaria, reumatismo, úlceras, enfermedades venéreas, dolores de cabeza, artritis, magulladuras, espasmos, como expectorante, licor, purgativo, sedativo, tónico estomacal, vermífugo y antiséptico, lo que convierte al Guapinol en una excelente alternativa como aditivo alimentario (Zamora, 2004).

La fibra de Guapinol también presenta efectos antioxidantes en sistemas de alimentos y puede prolongar la conservación de los mismos. En el caso de las galletas, por ejemplo, la fibra de Guapinol mostró un efecto antioxidante y una prolongación de la conservación próxima a la del tocoferol cuando se empleaba en las concentraciones adecuadas para productos alimenticios (Haber, 2003).

La riqueza de la fibra encontrada en la pulpa del Guapinol y las propiedades beneficiosas sobre la salud del hombre por el contenido de agentes antioxidantes, la hacen una excelente alternativa en el área de ingredientes naturales para ser utilizada en la preparación de alimentos funcionales. También puede ser utilizado en la conservación de los productos de panadería, debido su capacidad de retención de agua, lo que permite prolongar la suavidad de los productos al retardarse la pérdida de humedad (Haber, 2003).

Las semillas del Guapinol son ricas en galactomano, una goma muy parecida a la del garrofin, utilizada como espesante y gelificante, en la industria de alimentos en el área de cárnicos y helados. Su uso hasta ahora ha sido poco explorado por lo que se puede investigar su aplicación en otros alimentos que requieran mejorar las propiedades de retención de agua (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008).

3.7. Sucedáneos de Leche.

La demanda de los consumidores de productos alimenticios líquidos de origen vegetal, especialmente sustitutos lácteos, está en constante crecimiento debido a razones de salud, ambientales y socioculturales (Sethi, Tyagi, & Anurag, 2016).

El creciente interés de los consumidores por la salud, la sostenibilidad y las prácticas alimentarias éticas ha aumentado la demanda de alternativas vegetales en los últimos años (Phillips, 2024). Esta tendencia se ha visto intensificada por la aparición generalizada de la intolerancia a la lactosa, que es una de las enfermedades digestivas más prevalentes en todo el mundo ya que la intolerancia a la lactosa afecta a alrededor del 70% de las

personas en todo el mundo, es necesario desarrollar sustitutos nutricionales adecuados (Fox, Uniacke-Lowe, McSweeney, & O'Mahony, 2015).

Este fenómeno pone de manifiesto el creciente deseo de los consumidores por productos sin lácteos, ya que muchas personas buscan prevenir las molestias relacionadas con la digestión de la lactosa (Forsgård, 2019). En consecuencia, el sector alimentario está poniendo más énfasis en ampliar la selección de sustitutos sin lactosa o totalmente sin lácteos (Forsgård, 2019). La mayor parte de la investigación sobre los sistemas alimentarios líquidos, como las alternativas lácteas de origen vegetal, se ha concentrado en la soja, pero recientemente también se ha prestado más atención a los productos a base de cereales, semillas oleaginosas y frutos secos (Yang, y otros, 2023).

3.8. Evaluación sensorial

Los análisis sensoriales son una parte fundamental en la evaluación de productos alimenticios, ya que permiten medir de manera objetiva la percepción de los consumidores sobre distintos atributos como el sabor, aroma, textura y color (Osorio, 2019).

Conocer la información sobre los gustos y aversiones, preferencias y requisitos de aceptabilidad por parte de los consumidores, permite el desarrollo de nuevos alimentos, la mejora de la calidad de los existentes, entre otros; para esto es necesario aplicar el análisis sensorial (AS), específicamente los métodos de análisis denominados pruebas orientadas al consumidor (Ramírez-Navas, y otros, 2018)

Las pruebas descriptivas son una herramienta fundamental para la evaluación sensorial ya que se refieren a aquellas pruebas donde el juez establece los descriptores que definen las características sensoriales de un producto y así cuantifican las diferencias existentes entre varios productos (Cárdenas, y otros, 2018).

Generalmente la escala más utilizada es la escala hedónica de 9 puntos (Drake., 2007) se ha utilizado extensamente en una amplia variedad de productos y con un éxito considerable (Clark, Costello, Drake, & Bodyfelt, 2009).

3.9. Nariz electrónica

Este instrumento analiza la huella digital del aroma de una sustancia determinada, a través de los datos que proporciona su sistema de sensores equivalentes a células olfativas humanas lo que permite imitar el sistema olfativo y así analizar los cambios en el perfil de olor de diferentes alimentos para evaluar la complejidad de sus componentes y las reacciones al ser expuestos a determinadas situaciones (Messina, 2012).

Los orígenes de la nariz electrónica se remontan a los años 60, cuando la compañía Bacharach Inc., construyó un dispositivo conocido con el nombre de Sniffer, el cual constaba de un solo sensor de gas y por lo tanto, no se consideró una nariz electrónica (Moreno, Caballero, Galán, Matía, & Jiménez., 2009).

Con los avances de la ciencia posteriormente en Japón se comenzó a investigar la frescura de los pescados utilizando matrices de sensores MOX (sensores semiconductores de óxido metálico). Por lo tanto, en los tres continentes se inició el desarrollo de la tecnología de matrices de sensores olfativos en los años 80 (Stetter & Penrose, 2001)

En la actualidad las narices electrónicas no son solamente usadas para clasificaciones de aroma, sino también para la detección de olores (Moreno, Caballero, Galán, Matía, & Jiménez., 2009) a su vez ayuda a predecir la acidez, solubilidad del sólido y firmeza de algunos alimentos (Zhang, Wang, Sheng, & Chang, 2008), la discriminación del grado de madurez de la fruta de mango (Lebrun, Plotto, Goodner, Ducamp, & Baldwin, 2008) clasificación de diferentes clases de vinos utilizando una nariz electrónica (Aleixandre, y otros, 2008). Y la Clasificación de jugos cítricos (Reinhard, Sager, & Zoller., 2008).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar de la investigación.

La presente investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la planta de procesamiento de frutas y hortalizas de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en barrio El Espino, Catacamas, Olancho, Honduras. A una altitud aproximada de 450 metros sobre el nivel del mar. Con una temperatura máxima de 35°C y una mínima de 18°C. El departamento de Olancho se encuentra delimitado por el departamento de Colón al norte, departamento de El Paraíso al sur, departamento de Gracias a Dios al éste y departamento de Francisco Morazán al oeste.

Ilustración 1. Universidad Nacional de agricultura



Fuente: (Torres, 2022).

4.2. Materiales y Equipo

En la **tabla 3**. Se presenta el listado detallado de los materiales y equipos necesarios para la ejecución del proyecto.

Tabla 3. Materiales y equipo a utilizar en el trabajo de investigación.

Materiales y equipo	Descripción	Cantidad
Cinta métrica	Instrumento de medida flexible para adaptarse a diferentes necesidades.	1
Balanza digital	Kitchen Scale capacidad (1000 g).	1
Nariz electrónica	Bajo patente Universidad de Extremadura, España.	1
Refractómetro	Marca BOECO (Frankfurt, Alemania) con escala de 0 a 100° Bx $\pm$ 1.	1
Ph-metro	Marca EUTECH Instruments (Frankfurt, Alemania) con escala de 1 a 14 pH $\pm$ 1.	1
Viscosímetro	De tipo rotatorio, Marca PCE-RVI-1 (California, Estados Unidos) con escala de 1 a 100,000 cP $\pm$ 0.1.	1
Cronometro		1
Termómetro	Escala de temperatura 0 a 100 °C	1
Cultivo <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , * <i>Streptococcus thermophilus</i>	<i>Lactobacillus</i> procedencia de grupo ASIAL.	1
Incubadora	SM-BPH series.	1

Gabacha	Cherokee Gabacha de Laboratorio UNISEX CK 460 Blanca	1
Redecilla	HN21W/10	1
Cuchillo	Truper	1
Recipientes	Lacoplast	4
cucharones	Lacoplast	2
Reactivos	Mayer, Dragendorff, Wagner, Hager, Silicotúngstico, Bouchardat, Baljet A, Baljet B, Libermann Buchar, Salkowski.	1

Fuente: Propia

4.3. Método

Se llevó a cabo la investigación mediante el método descriptivo cuantitativo de orden transversal a escala de laboratorio.

4.4. Diseño experimental

El presente estudio se desarrolló con base en un diseño de mezclas tipo simplex, considerando tres niveles de factor “porcentaje de pulpa de guapinol” (10%, 20% y 30%), un nivel fijo de inóculo de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*,* *Streptococcus thermophilus* (5%) y tres niveles de agua (65%, 75% y 85%). Las formulaciones fueron elaboradas por triplicado, empleando un litro de yogur patrón como unidad experimental para cada tratamiento.

Las variables independientes consideradas fueron el porcentaje de pulpa de guapinol, la concentración del inóculo de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *

Streptococcus thermophilus y el contenido de agua. Las variables dependientes incluyeron las propiedades fisicoquímicas (pH, °Brix, acidez titulable, viscosidad y dimensiones), sensoriales (sabor, aroma, color, consistencia y perfil aromático) e identificación de fitoquímicos (alcaloides, heterósidos cardiotónicos, cumarinas, flavonoides y grasas).

Para el análisis de resultados, se aplicaron pruebas estadísticas no paramétricas y estadística descriptiva. Asimismo, se utilizó la prueba de comparaciones múltiples de tukey para la optimización de tratamientos, considerando un nivel de significancia de $p \leq 0.05$. para el análisis de intención de compra se empleó la prueba Q de Cochran con un 95% de confianza bajo el programa estadístico IBM SPSS Statistics.

Tabla 4. Tabla experimental de diseño de mezclas tipo Simplex. Niveles de pulpa y Guapinol en base a un 100%

Tratamiento	-1	0	1
T1	Testigo: Yogur comercial		
Nivel de Pulpa (%)	10 %	20%	30%
Nivel de Agua (%)	65%	75%	85%

Fuente: Propia.

4.5. Preparación y recolección de materia prima

Se recolectaron 100 frutos de Guapinol, los cuales fueron sometidos a un manejo postcosecha adecuado para la realización de las distintas pruebas y tratamientos experimentales. El proceso incluyó las etapas de recepción, selección y lavado de los

frutos, seguido de la caracterización de la fruta (medir dimensiones, pesos del fruto con cáscara y de la pulpa, análisis físicoquímicos), preparación de la pulpa (separación de pulpa y semilla, licuado, tamizado, mezcla de pulpa y agua, pasteurización, inoculación, almacenamiento).

4.6. Formulación del yogur

Tomando como guía la formulación realizada por (El salous, Arcos, Nuñez, & Castro, 2020) con ligeras modificaciones se desarrollaron diferentes mezclas para la bebida funcional. Cada una con tres niveles de pulpa de Guapinol: 10%, 20% y 30% por un litro de agua y un nivel de porcentaje constante de inóculo del 5%. Para el testigo se utilizó yogur comercial sin sabor. Para cada una de las mezclas se elaboró un litro de yogurt. Para llevar a cabo la investigación se necesitaron aproximadamente 7.6 kg de harina de Guapinol en total, tomando en cuenta posibles pérdidas durante el desarrollo del producto.

4.7. Preparación de la pulpa

En esta etapa, se procedió al lavado los frutos y a la extracción de la pulpa de Guapinol. Para ello, se rompieron las vainas manualmente y se separó las pulpas de las semillas siguiendo el procedimiento descrito por (Marcia Fuentes, 2023), la pulpa obtenida fue posteriormente pulverizada utilizando una licuadora marca Oster (modelo Osterizer Licuadora 6650 10 Velocidades), finalmente, se realizó un tamizado con un colador plástico (marca lacoplast) con el objetivo de eliminar contaminantes físicos y obtener una pulpa de mayor homogeneidad.

4.8. Caracterización de la pulpa

Tomando como referencia los análisis realizados por (Marcia Fuentes, 2023) se procedió a la caracterización fisicoquímica del fruto.

4.8.1. Caracterización física

Para la evaluación física, se midieron las dimensiones de la nervadura, el largo y el ancho de la vaina utilizando un calibrador digital electrónico modelo (ATM C200 - Calibre Pie de Rey electrónico-Digital (150 mm)) como instrumento de medida, además se registró el peso del fruto, peso de la pulpa con semillas, peso de la pulpa sin semillas, peso de la cáscara, peso de las semillas usando una balanza (Kitchen Scale capacidad (1000 g)), de igual manera se hizo conteo del número de semillas por cada fruto evaluado, se realizó el análisis de viscosidad utilizando un viscosímetro (de tipo rotatorio, Marca PCE-RVI-1 (California, Estados Unidos) con escala de 1 a 100,000 cP $\pm$ 0.1.) con el fin de evaluar la resistencia del fluido al flujo y caracterizar la textura de la pulpa del fruto.

4.8.2. Caracterización química

Para la caracterización química, se evaluaron los grados brix de cada fruto mediante un refractómetro (marca BOECO Frankfurt, Alemania con escala de 0 a 100° Bx $\pm$ 1) y el Ph utilizando un Ph-metro marca (EUTECH Instruments Frankfurt, Alemania con escala de 1 a 14 pH $\pm$ 1.), posteriormente, realizó la determinación de acidez titulable utilizando una solución de hidróxido de sodio (NaOH) como titulante y fenolftaleína como indicador. Para el análisis de perfil aromático, se empleó una nariz electrónica equipada con sensores de óxidos metálicos, diseñada para detectar compuestos volátiles presentes

en la pulpa de guapinol, con el propósito de correlacionar la percepción sensorial con los compuestos aromáticos detectados.

4.8.3. Identificación de fitoquímicos

Finalmente, se llevaron a cabo análisis para detectar los fitoquímicos presentes en la pulpa (alcaloides, glucósidos cardiotónicos, cumarinas, flavonoides, H. cianogénico, taninos y grasas).

4.8.3.1. Alcaloides

Se midieron 10 g de pulpa, se colocó en un Erlenmeyer para posteriormente adicionar 70 ml HCl 1% para llevarla a agitación por una hora, luego se llevó a filtración con papel Whatman No.2. se colocó 1 ml de solución en 7 tubos de ensayo. A 6 tubos de ensayo se le adicionaron 3 gotas de cada uno de los diferentes reactivos (Mayer, Dragendorff, Wagner, Hager, Silicotúngstico, Bouchardat) el ultimo se utilizó como control.

4.8.3.2. Heterósidos cardiotónicos

se colocaron 19 g de muestra en un Erlenmeyer y a se adicionaron 10 mL de etanol para luego llevar baño maría por dos horas, se filtró en papel Whatman No. 2, se agregaron 10 mL de éter de petróleo al extracto para eliminar los pigmentos, al sedimento se le agregó cloroformo y se llevó a decantación para posteriormente adicionarle 1 g de sodio anhidro, luego la solución se repartió 1 mL en cada uno de los 4 tubos de ensayo a los cuales se le agregaron los diferentes reactivos (tubo 1 Baljet A y Baljet B (ácido pícrico + hidróxido de sodio) al 10%, tubo 2 Libermann Buchar (Cloroformo + acido sulfurico), tubo 3 Salkowski (ácido sulfúrico)) el cuarto tubo de como control.

4.8.3.3. Cumarinas

Se agregaron 10 g de muestra en un Erlenmeyer, se adicionaron 50 mL de etanol y se llegó 15 min de agitación en el ultrasónico, se trasvasó a un biker y se cubrió con papel filtro Whatman No. 2 previamente saturado con NaOH 10%, se colocó a evaporar en una plancha calefactora a 76 °C, posteriormente se llevó el papel filtro con luz ultravioleta a 366 nm.

4.8.3.4. Flavonoides

Se colocaron 10 g de la muestra en un Erlenmeyer luego se adicionaron 50 mL de etanol y se llevó al ultrasónico por 30 minutos para luego filtrar con papel Whatman No. 2. Posteriormente se refrigeró a 5°C por 30 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se distribuyó la solución en 5 tubos de ensayo y así adicionar los diferentes reactivos (tubo 1 shinoda, tubo dos álcalis, tubo tres ácido sulfúrico, tubo cuatro (ácido sulfúrico + ácido bórico y se observa en luz UV). El tubo 5 se utilizó como control entre las muestras.

4.8.3.5. Taninos

Se agregaron 10 g de muestras en un beaker y se le adicionaron 100 ml de agua destilada, luego se llevó a evaporación hasta llegar a 10 mL, luego se filtró la solución con papel Whatman No.2. Posteriormente se distribuyó en 5 tubos de ensayo la solución para luego agregar los diferentes reactivos (tubo uno solución de gelatina + NaCl 10%, tubo dos

cloruro férrico 1%, tubo tres formaldehído + HCl, tubo cuatro HCl concentrado y se calentó a baño maría) el tubo 5 funcionó como control.

4.9. Preparación del yogur

4.9.1. Mezclado

En esta etapa se procedió a adicionar el agua a la pulpa para obtener una solución homogénea.

4.9.2. Pasteurización de la pulpa

Con la intención de conservar las propiedades sensoriales se sometió a pasteurización tomando como base la investigación realizada por (Torres, 2017) que nos indica que el punto óptimo de pasteurización vegetal está los 80 °C por 20 seg.

4.9.3. Enfriamiento

Luego de pasteurizar se disminuyó a la temperatura adecuada de 45 °C según lo establecido por (Velasquez , Giraldo , Padilla, & Giraldo, 2015).

4.9.4. Fermentación

Se llevó a incubación la mezcla de inóculo 0.05 g *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, * *Streptococcus thermophilus* y un litro de pulpa para las diferentes concentraciones, se dejó reposar por 8 horas para que las bacterias pudieran generar las características sensoriales de un yogur, evitando variaciones en la temperatura para que no interfiriera en la fermentación.

4.9.5. Enfriamiento

Una vez obtenido el yogur de Guapinol se llevó a enfriar a una temperatura de 4°C ya que (Nuttralia, 2022) nos indica que es la temperatura ideal para inactivar el inóculo.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Evaluación sensorial

La **tabla 5** se observan las diferencias significativas entre las muestras evaluadas (códigos 628, 826, 150 y 051) para los atributos de color, aroma, sabor y consistencia. En cuanto a la aceptación del color, la muestra con el código 628 obtuvo la mayor puntuación promedio (6.81 ± 1.61), siendo estadísticamente diferente del resto (letra A). En contraste, la muestra 826 obtuvo la menor aceptación (5.29 ± 1.53), agrupándose con la letra C.

Respecto a la aceptación del aroma, la muestra 628 también fue la más valorada (6.11 ± 1.70 , letra A), mientras que el código 826 fue nuevamente la menos aceptada (4.56 ± 1.89 , letra C). La muestra 150 se posicionó favorablemente (5.82 ± 1.89), mostrando diferencia significativa respecto a 826 y similitud con 628.

En la variable aceptación del sabor, la muestra 150 destacó con la puntuación más alta (6.05 ± 1.79 , letra A), superando estadísticamente a las muestras 826 y 628, lo cual sugiere una mejor respuesta sensorial frente a este atributo. Por su parte, la muestra 628 presentó una menor aceptación (5.16 ± 1.61 , letra B), al igual que la 826 (4.90 ± 1.79), sin diferencias significativas entre ambas.

Finalmente, en la aceptación de la consistencia, la muestra 150 obtuvo nuevamente una alta valoración (6.31 ± 1.87), siendo estadísticamente similar a la 628 (6.56 ± 1.56), ambas con letras A/B. En contraste, la muestra 826 obtuvo la menor aceptación (5.32 ± 1.62 , letra C).

Estos resultados evidencian que las muestras 150 y 628 mostraron mejor desempeño sensorial general, especialmente en los atributos de aroma, color y consistencia, mientras

que la muestra 826 presentó la menor aceptación en todos los parámetros sensoriales evaluados.

Tabla 5. Resultados de evaluación sensorial.

Aceptación	Código	Media $\pm$ Desviación
Color	628 (Control)	6.8100 $\pm$ 1.61 a
	826 (10%)	5.2900 $\pm$ 1.53 c
	150 (20%)	6.2100 $\pm$ 1.82 b
	051 (30%)	5.3300 $\pm$ 1.93 c
Aceptación Aroma	628 (Control)	6.1100 $\pm$ 1.70 a
	826 (10%)	4.5600 $\pm$ 1.89 c
	150 (20%)	5.8200 $\pm$ 1.89 a b
	051 (30%)	5.3300 $\pm$ 1.92 b
Aceptación Sabor	628 (Control)	5.1600 $\pm$ 1.61 b
	826 (10%)	4.9000 $\pm$ 1.79 b
	150 (20%)	6.0500 $\pm$ 1.79 a
	051 (30%)	5.3400 $\pm$ 1.80 b
Aceptación Consistencia	628 (Control)	6.5600 $\pm$ 1.56 a
	826 (10%)	5.3200 $\pm$ 1.62 c
	150 (20%)	6.3100 $\pm$ 1.87 a b
	051 (30%)	5.7500 $\pm$ 1.98 b c

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias estadísticas significativas a partir de pruebas de tukey con el p valor ≤ 0.05 .

5.2. Caracterización fisicoquímica

En la **tabla 6** se refleja la caracterización fisicoquímica de 100 frutos de guapinol (*Hymenaea courbaril*) evidencian una considerable variabilidad en el tamaño y peso de los frutos, con una longitud promedio de 115.35 ± 13.47 mm y un ancho de 50.79 ± 8.28 mm. Estos valores coinciden con lo reportado en otras investigaciones sobre especies de guapinol en zonas tropicales, lo cual refleja la adaptación de la especie a las condiciones edafoclimáticas de la región. La pulpa con semilla presentó un peso medio de 45.27 ± 9.07 g, mientras que el peso de la cáscara fue de 35.67 ± 16.69 g, lo que resalta el aporte significativo de la cáscara al peso total del fruto. El contenido de sólidos solubles totales fue de 12.26 ± 0.69 °Brix, indicando un nivel aceptable de azúcares naturales en la pulpa, ideal para la elaboración de productos fermentados como bebidas tipo yogur. El pH promedio fue de 5.38 ± 0.34 y la acidez titulable de 1.05 ± 0.44 , lo cual confirma su naturaleza levemente ácida, propicia para el crecimiento controlado de bacterias lácticas.

Tabla 6. Resultados de caracterización fisicoquímica.

Características	N	Media $\pm$ Desviación
mm largo	100	115.3516 $\pm$ 13.46997
mm ancho	100	50.7908 $\pm$ 3.28129
mm nervadura	100	7.6701 $\pm$ 1.07100
g peso	100	80.8918 $\pm$ 20.73729
g peso de pulpa con semillas	100	45.2781 $\pm$ 9.07388
g peso de pulpa sin semillas	100	10.8706 $\pm$ 2.41184
g peso cáscara	100	35.6695 $\pm$ 16.69065
N°. Semillas	100	7.0500 $\pm$ 1.83333
g peso en semillas	100	34.3317 $\pm$ 7.83561
°Brix	100	12.2630 $\pm$ 2.69978
pH	100	5.3846 $\pm$ 0.33800
acidez	100	1.0542 $\pm$ 0.40688

N Valido (por lista)	100
----------------------	-----

Fuente: Propia

Caracterización física y fisicoquímica de 100 frutos de guapinol. Se presentan los valores promedios y desviaciones estándar de cada parámetro evaluado.

5.3. Identificación de fitoquímicos

Resultados del tamizaje fitoquímico en la bebida tipo yogur a base de guapinol. Se realizó un tamizaje fitoquímico cualitativo mediante pruebas colorimétricas específicas para detectar la presencia de metabolitos secundarios en la formulación fermentada. Los resultados se expresan con el símbolo “+” para indicar presencia y “–” para ausencia de los compuestos analizados.

Tabla 7. Resultados de tamizaje fitoquímico.

Compuesto fitoquímico	Resultado
Alcaloides	-
Heterósidos cardiotónicos	+
Cumarinas	-
Flavonoides	+
Taninos	+
Saponinas	-

Fuente: Propia

Tamizaje fitoquímico cualitativo mediante pruebas colorimétricas; (+) presencia, (–) ausencia.

El tamizaje fitoquímico del fruto de guapinol reveló la presencia de compuestos bioactivos relevantes, entre ellos heterósidos cardiotónicos, flavonoides y taninos, mientras que alcaloides, cumarinas y saponinas resultaron ausentes. La presencia de flavonoides y taninos respaldando estudios previos como el de (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008) que destaca la actividad antioxidante del guapinol, lo cual puede contribuir a su potencial funcional como ingrediente nutracéutico. Los heterósidos cardiotónicos, por su parte, sugieren una posible actividad relacionada con la salud cardiovascular. La ausencia de alcaloides y saponinas puede ser favorable desde el punto de vista sensorial y toxicológico, ya que estos compuestos suelen estar asociados a sabores amargos o efectos adversos a altas concentraciones.

5.4. Análisis de viscosidad

En la **tabla 8** se revela la viscosidad de las muestras determinada utilizando un viscosímetro de tipo rotatorio, marca PCE-RVI-1, con una escala de medición de 1 a 100,000 cP y una precisión de ± 0.1 cP. Las mediciones se realizaron por triplicado para cada uno de los tratamientos (control, 10 %, 20 % y 30 % de incorporación de guapinol).

Tratamiento	Media $\pm$ Desviación
628 (Control)	2833 $\pm$ 201
826 (10%)	84.33 $\pm$ 1.68
150 (20%)	3305 $\pm$ 274
051 (30%)	9757 $\pm$ 119

Tabla 8. Viscosidad (cP) de las bebidas tipo yogur a base de Guapinol.

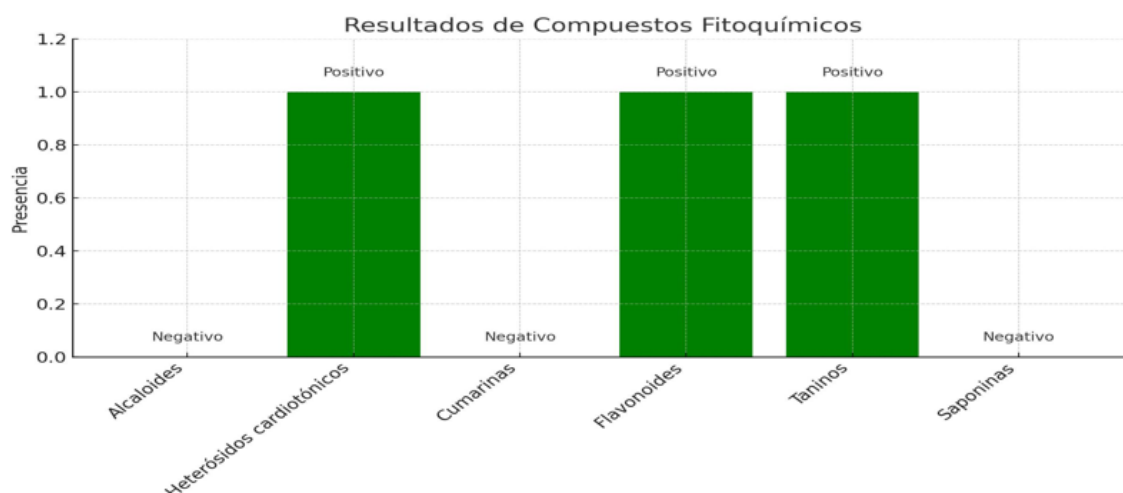
Fuente: Propia

Los resultados obtenidos muestran una clara influencia del porcentaje de guapinol en la viscosidad del producto. La muestra control (628) presentó una viscosidad intermedia de 2833 ± 201 cP, mientras que la formulación con 10 % de guapinol (826) mostró una marcada disminución (84.33 ± 1.68 cP), lo que sugiere una dilución significativa de la matriz. Por el contrario, al aumentar la concentración a 20 % (150) y 30 % (051), la viscosidad incrementó considerablemente, alcanzando su punto más alto en la última formulación (9757 ± 119 cP). Este comportamiento puede atribuirse a la naturaleza fibrosa y densa del fruto del guapinol, que podría aportar compuestos con capacidad de retención de agua, aumentando la resistencia al flujo. Así, se evidencia que la incorporación de guapinol modifica significativamente la textura del producto, lo cual es un aspecto crítico para su aceptación sensorial y funcionalidad tecnológica.

5.5. Análisis de nariz electrónica

En la **ilustración 2**. Se reflejan los resultados obtenidos de la evaluación con nariz electrónica. Estos indicaron una baja actividad aromática, sin presencia significativa de compuestos volátiles característicos.

Ilustración 2. Trazas identificadas con nariz electrónica.



Fuente: Propia

El análisis del perfil aromático de la pulpa de guapinol, realizado con nariz electrónica, reveló una escasa liberación de compuestos volátiles, con la detección únicamente de

trazas en concentraciones mínimas. Esta baja respuesta aromática puede atribuirse a la naturaleza de la matriz del guapinol, la cual podría presentar una baja concentración de compuestos volátiles libres o una alta retención de estos compuestos dentro de estructuras fibrosas o fenólicas de la pulpa, lo que limita su liberación hacia la fase gaseosa.

Otro factor que puede influir es el contenido de humedad y la temperatura al momento de la medición, ya que condiciones subóptimas pueden reducir la volatilización de compuestos presentes en la matriz.

VI. CONCLUSIÓN

El fruto de guapinol (*Hymenaea courbaril*) presenta características físicas, fisicoquímicas y funcionales que permiten su aprovechamiento en el desarrollo de una bebida tipo yogur. La caracterización de 100 frutos evidenció una variabilidad aceptable en tamaño y composición, con valores adecuados de pH, °Brix y acidez.

El tamizaje fitoquímico confirmó la presencia de metabolitos secundarios como flavonoides, taninos y heterósidos cardiotónicos, lo cual respalda el potencial antioxidante y funcional del fruto. La evaluación sensorial identificó a la muestra con 20 % de pulpa (código 150) como la mejor aceptada en sabor y consistencia, mientras que la muestra con 30 % presentó mayor viscosidad.

Asimismo, el análisis de la pulpa mediante nariz electrónica no evidenció presencia significativa de compuestos volátiles, detectándose únicamente trazas en concentraciones muy bajas. Esto sugiere un perfil aromático débil en estado natural, lo cual podría ser favorable en matrices fermentadas al no interferir con el desarrollo del aroma propio de la fermentación láctica.

Estos hallazgos confirman que el guapinol puede ser incorporado como ingrediente funcional en productos fermentados, representando una alternativa innovadora para el aprovechamiento de recursos locales con impacto en la seguridad alimentaria y nutricional.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aleixandre, M., Lozano, J., Gutiérrez, J., Sayago, I., F. M., & Horrillo, M. C. (2008). Portable e-nose to classify different kinds of wine. *Sensors and Actuators B: Chemical.*, Volume 131, 71-76.
- Al-sheraji, S., Ismail, A., Manap, M., Mustafa, S., Yusof, R., & Hassan, F. (2013). Prebiotics as functional foods: A review. *Journal of Functional Foods*, 1542-1553.
- Alvídrez-Morales, A., González-Martínez, B., & Jiménez-Salas, Z. (2002). Tendencias en la producción de alimentos: alimentos funcionales. *Rev Salud Publica Nutr.*, 3(3).
- Alzate, L. M., Arteaga, D. M., & Jaramillo, Y. (2008). Propiedades farmacológicas del Algarrobo (*Hymenaea courbaril Linneaus*) de interés para la industria. *Revista Lasallista de Investigación*, 100-111.
- Aydar, E. F., Tutuncu, S., & Ozcelik, B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *Journal of Functional Foods*, 70.
- Barke., W. (2014). Elaboración y valoración de yogures vegetales. Riunet.
- Barrero-Barrero, D. (2004). Vegetación del Territorio CAR: 450 Especies de sus Llanuras y Montañas. Bogotá : Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR., 32-33.
- Cárdenas, N. V., Cevallos, C. E., Salazar, J. C., Romero, E. R., Gallegos, P. L., & Cáceres., M. E. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*.
- Chízmár-Fernández, C. (2009). Plantas comestibles de Centroamérica. . Costa Rica: Instituto Nacional de biodiversidad: Santo Domingo de Heredia.
- Clark, S., Costello, M., Drake, M., & Bodyfelt, F. (2009). The sensory evaluation of dairy products. 2nd ed. New York, NY: Springer., xv, 573 p.

- Codex Alimentarius, F. (2022). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, FAO. Obtenido de https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B243-2003%252FCXS_243s.pdf
- Culhane, C. (2015). Functional food - new perspective: A Functional Food Symposium, Food Tec "01". Journal of Nutraceuticals, functional and Medical Food., 67-77.
- Dávila De Campagnaro, E. (2017). Bebidas vegetales y leches de otros mamíferos. Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría., 96–101. .
- Drake., M. A. (2007). Sensory analysis of dairy foods. Journal of Dairy Science, vol. 90, no. 11, p. 4925-4937. .
- Eder, R. (2003). What's hot: Drinkable yogurt beats the bagel. Drug Store News, p. 42.
- El salous, A., Arcos, F., Nuñez, P., & Alex, C. (2020). Evaluacion sensorial de tres tipos de yogur vegetal a base de leche de arroz, quinua y avena, endulzada con . Grupo Compás, Ecuador.
- Espinoza, J., & Díaz, L. (2014).). Desarrollo de negocios utilizando algarrobo orgánico en. Rev. del Instituto de Investigación (RIIGEO), FIGMMG-UNMSM Vol. 17., 59-67.
- Forsgård, R. (2019). Digestión de la lactosa en humanos: la lactasa intestinal parece ser constitutiva, mientras que el microbioma colónico es adaptable. Revista Americana de Nutrición Clínica.
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L., & O'Mahony, J. A. (2015). Dairy chemistry and biochemistry. Ireland: Springer.
- García, A., & Rodríguez, G. (2023). Bebidas vegetales y sus aportes funcionales. Revista Ciencia e Innovación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato., 31-48.
- García-Saavedra, N. M. (2017). Bebidas Vegetales (Trabajo de Fin de Grado, Universidad Complutense de Madrid).
- Haber, B. (2003). Fibra de Algarroba: mucho más que fibra alimentaria. En: Alimentación Equipos y tecnología.

- Holwerda, J. A. (2018). Desarrollo de un yogurt funcional a base de soya, chocolate amargo y chía. Guatemala.
- Hoolihan, L. (2001). Prophylactic and therapeutic uses of probiotics: A review. Journal of the American Dietetic Association., 229-241.
- Jayathilake, M. (2019). Desarrollo de yogur bebible funcional con Kiwi (*Actinidia deliciosa*) pasta de celulosa. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/331262274_Functional_drinking_yogurt
- Lebrun, M., Plotto, A., Goodner, K., Ducamp, M., & Baldwin, E. (2008). Discrimination of mango fruit maturity by volatiles using the electronic nose and gas chromatography. Postharvest biology and technology, 48, 122-131. gy., Volume 48, 122-131.
- León, J., & Poveda, L. (2000). Los nombres comunes de las plantas en Costa Rica. Editorial Guayacán.
- Mamdoh, O., & Suliman, A. (2009). Probiotics Bacteria in Fermented Dairy Products. Pakistan Journal of Nutrition.
- Marcia Fuentes, J. (2023). Efectos del carao (*Cassia grandis L.*) sobre las características físico-químicas, microbiológicas y reológicas del yogur.
- Martínez, J., & García, P. (2006). Nutrición Humana. Valencia: Ed. Universitat Politècnica de València.
- Menrad, K. (2003). Mercado y comercialización de alimentos funcionales en Europa. J Ing. de Alimentos., 56:181-188.
- Messina, V. M. (2012). Nariz electrónica. Énfasis Alimentación., 50.
- Meyer, S. B., Medina-Solórzano, A., & Dahl, W. J. (2024). IFAS Extension. University of Florida. Obtenido de <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/FS198>
- Moreno, I., Caballero, R., Galán, R., Matía, F., & Jiménez., A. (2009). La Nariz Electrónica: Estado del Arte . Revista iberoamericana de automática e informática industrial (RIAI), 6(3).

- Mundo Lacteo, R. D. (12 de Noviembre de 2021). Mundo Lácteo. Obtenido de https://mundolacteo.es/alternativas-vegetales/que-es-el-yogur-vegetal#yogur_vs_yogur_vegetal
- Nakai, Y., Nin, K., Noma, S., Hamagaki, S., Takagi, R., Teramukai, S., & S.A, W. (2017). Clínica Presentación y resultado de los métodos evitativos/restrictivos trastorno de la ingesta de alimentos en una muestra japonesa. Comer Comportamientos., 24:49–53.
- Navas, I., & Arciniegas, J. (2008). Estudio del proceso de elaboración del yogurt batido con extracto . Riunet.
- Nuttralia. (2022). Nuttralia. Obtenido de <https://www.nuttralia.com/accion-del-frio-supervivencia-microorganismos/#:~:text=Al%20descender%20la%20temperatura%20por%20debajo%20de%20los,no%20se%20destruyen%2C%20sino%20que%20paraliza%20su%20actividad>.
- Ortega, C., & Flores, J. (2019). Importancia de los estilos de vida en la salud y el envejecimiento activo. Quaderns d'animació i educació social, ISSN-e 1698-4404, Nº. 30.
- Osorio, Á. A. (2019). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. Publicaciones en Ciencias y Tecnología,, 27;37.
- Pedauyé, J. (2007). Región de Murcia Digital. Obtenido de <http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2067&r=ReP-11426-DETALLE_REPORTAJES>.
- Perdigón, G., LeBlanc1, A. d., Galdeano, C. M., Chaves, S., Carmuega, E., & Weil, R. (2009). Alimentos funcionales -su relación con la inmunonutrición. Tendencias en medicina , 15.
- Phillips, J. (2024). Food Insight. Obtenido de <https://spanish.foodinsight.org/boletin-informativo/tendencias-alimenticias-para-el-2024/>
- Pittier, H. (1978). Plantas usuales en Costa Rica. Editorial Costa Rica.

- Quezada, G. (2020). El Norte Hoy, Costa Rica. Obtenido de <https://elnortehoycr.com/2020/01/12/aseguran-que-el-cacao-genera-6-veces-mas-ingresos-que-el-ganado/>
- Rain Tree Nutrition. (2007). Rain Tree Nutrition. Obtenido de Jatobá.: <<http://www.rain-tree.com/jatoba.htm>>
- Ramírez-Navas, J. S., Correa, D. A., Alvarado, J. d., Morelo, K. J., Hidalgo-Piamba, J. A., Torres, J. L., . . . Castro., C. F. (2018). Leches concentradas azucaradas: de la tradición a la ciencia. Cali: Universidad Santiago de Cali.
- Ramos, Y. A., & al., e. (2002). el castaño(*Compsonneura atopa* (A.C. Sm.): dos especies alimenticias del Departamento del Chocó en peligro de extinción. Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó., 72-77.
- Reinhard, H., Sager, F., & Z. O. (2008). Citrus juice classification by SPME-GC-MS and electronic nose measurements. LWT-Food Science and Technology., Volume 41, 1906-1912. .
- Roberfroid, M. (2011). Alimentos funcionales: del concepto al producto. 2Nd Edición. Editorial Woodhead.
- Santiago, J. (2024). The Food Tech. Obtenido de <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/crece-demanda-por-alimentos-que-promueven-el-bienestar-fisico-y-emocional/>
- Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Alternativas a la leche de origen vegetal: un segmento emergente de bebidas funcionales: una revisión. National library of medicine, 53(9):3408-3423.
- Standley, P. (1937). Flora of Costa Rica, part II. Field Mus;Nat. Hist.
- Standley, P., & Steyermark., J. (1946). Leguminosae. Flora of Guatemala, part V. Fieldiana, Bot.
- Stetter, J. R., & Penrose, W. R. (2001). “The Electrochemical Nose” (en línea). Chicago: Departamento of Biological, Chemical and Physical Sciences Illinois Institute of Technology Chicago. .

- Tamayo, L. M., González, D. M., & Garcés, Y. J. (2008). Propiedades farmacológicas del Algarrobo (*Hymenaeacourbaril Linneaus*) de interés para la industria de alimentos. *Revista Lasallista de Investigación*, 100-111.
- The Food tech, T. (2024). The Food Tech. Obtenido de <https://thefoodtech.com/tendencias-de-consumo/tendencias-del-consumo-de-yogur-en-europa-estudio-comparativo-con-el-mercado-latinoamericano-y-oportunidades-para-la-industria/>
- Theuwissen, E., & Mensink, R. P. (2008). Water-soluble dietary fibers and cardiovascular disease. *Physiology & behavior*, 94(2), 285-292.
- Toro Murillo, J. L., Piedrahita Cardona, E., & Gómez Restrepo, M. L. (2018). Propagación y conservación de especies arbóreas nativas. Corantioquia.
- Torres, J. J. (2017). Conservación de Jugo de naranja mediante pasteurización de las fases líquida y semisólida obtenidos por centrifugación. Centro de información agraria.
- Tous- Marti, J., & Batlle-Caravaca, I. (1990). El Algarrobo. Madrid: Mundiprensa.
- Velasquez , J., Giraldo , G., Padilla, L., & Giraldo, Y. (2015). Crecimiento de *lactobacillus casei ssp casei* atcc 393 en suero clarificado. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.
- Verga, A., López Lauenstein, D., López, C., Navall, M., Joseau, J., Gómez, C., & Marcó, M. (2009). Caracterización morfológica de los algarrobos (*Prosopis sp.*) en las . Quebracho- REvista de Ciencias Forestales, 31-44.
- Vignesh, A., Amal, T. C., Sarvalingam, A., & Vasanth, K. (2024). A review on the influence of nutraceuticals and functional foods on health. *Food Chemistry Advances*.
- Yang, Z., Xie, C., Bao, Y., Liu, F., Wang, H., & Wang, Y. (2023). Avena: estado actual y desafíos en las aplicaciones de alimentos de origen vegetal. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 56-71.
- Zamora, N. (2004). Costa Rica : Instituto Nacional de la Biodiversidad. Obtenido de <<http://darnis.inbio.ac.cr/FMPro?-DB=UBIpub.fp3&-lay=WebAll&-Format=/ubi/detail.html&-Op=bw&id=1444&-Find>>

- Zamora, N. (2010). Manual de Plantas de Costa Rica, Vol. V. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard.
- Zhang, H., Wang, J., Sheng, Y., & Chang, M. (2008). . Evaluation of peach quality indices using an electronic nose by MLR, QPST and BP network. Sensors and Actuators B: Chemical., N.1, 332-338.

ANEXOS



Anexo 1. Fruto de Guapinol.



Anexo 2. Pulpa de Guapinol.



Anexo 3. Trituración de la pulpa.



Anexo 4. Tamizado de pulpa.



Anexo 5. Mezclado de pulpa y agua.



Anexo 6. Pesado de la pulpa.



Anexo 7.
Pasterizado.



Anexo 8. Inoculo.



Anexo 9. incubación
del inoculo.



Anexo 10. Muestras de los
diferentes tratamientos.



Anexo 11. Agitación
en ultrasónico.



Anexo 12. Muestra
en baño maría.



Anexo 13. identificación de cumarinas en papel.



Anexo 14. Muestra de Glucósidos Cardiotónicos.



Anexo 15. Muestras de solución.



Anexo 16. Adición de reactivos.



Anexo 17. Pectina del Guapinol.



Anexo 18. Evaluación sensorial del yogur.