

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**APROVECHAMIENTO DE FRUTICO (*Solanum diabolii*) COMO SUSTITUTO
PARCIAL EN LA ELABORACIÓN DE UNA PASTA DE TOMATE (*Solanum
lycopersicum*)**

POR:

JIMMY JOSUE OHARA PORTILLO

TESIS



Catacamas

Olancho

Noviembre, 2025

APROVECHAMIENTO DE FRUTICO (*SOLANUM DIABOLI*) COMO SUSTITUTO
PARCIAL EN LA ELABORACIÓN DE UNA PASTA DE TOMATE (*SOLANUM
LYCOPERSICUM*)

Por:

Jimmy Josué Ohara Portillo

Jhunion Abraham Marcía Fuentes, MSc

Asesor principal

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA REALIZACIÓN DE TESIS

Catacamas

Olancho

NOVIEMBRE, 2025

CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	i
LISTA DE ANEXOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivo específico.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1. El género <i>Solanum</i> y su potencial alimentario	4
3.2. Propiedades del frutico (<i>Solanum diabolii</i>).....	4
3.3. Adaptaciones al hábitat seco	5
3.4. Potencial fitoquímico por analogía taxonómica.....	5
3.5. Comparación con otras especies subutilizadas del género <i>Solanum</i>	6
3.6. Aspectos toxicológicos y seguridad en consumo	6
3.7. Análisis sensorial.....	7
3.7.1. Sustitutos de pasta de tomate	7
3.7.2. Análogos de pasta de tomate	8
3.7.3. Nuevas Metodologías en Formulaciones Alimenticias Funcionales.....	8
3.8. Pasta de tomate	9
IV. MATERIALES Y METODOS	10
4.1. Lugar de investigación	10
4.2. Materiales y equipo	10
4.3. Método	11
4.4. Metodología	11

4.4.1.	Fase 1. Caracterización de la materia prima	11
4.4.1.1.	Obtención de materia prima	11
4.4.1.2.	Determinación de grados Brix.....	12
4.4.1.5.	Determinación de grasa	13
4.4.1.6.	Humedad.....	14
4.4.1.7.	Cenizas	14
4.4.2.	Fase 2. Preparación de pasta de tomate.....	15
4.4.3.	Fase 3. Análisis sensorial	15
4.5.	Variables de respuesta.....	16
4.6.	Análisis estadístico de los resultados	17
V.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	18
5.1.	Análisis fisicoquímicos del fruto	18
5.2.	Análisis Sensorial.....	20
5.3.	Análisis Fisicoquímicos de harina de frutico	24
5.4.	Analisis fisicoquímicos de la pasta	26
VI.	CONCLUSIONES	28
VII.	RECOMEDACIONES.....	29
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	30
ANEXOS		34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y equipo.....	10
Tabla 2: Escala hedónica verbal de 9 puntos utilizada para el análisis sensorial.....	16
Tabla 3: Formulación de los tratamientos para la pasta	16
Tabla 4. Resultados de parámetros fisicoquímicos del fruto	18
Tabla 5: Resultados estadísticos de análisis sensorial	20
Tabla 6: Resultados de parámetros fisicoquímicos de la harina.....	24
Tabla 7: Resultados de parámetros fisicoquímicos de la pasta	26

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Ficha de evaluación sensorial.....	34
Anexo 2: Tabla de combinaciones de muestras.....	37
Anexo 3: Recolección de frutico.....	39
Anexo 4: Estado de maduración óptima.....	39
Anexo 5: Liofilización del frutico.....	39
Anexo 6: Preparación de Harina.....	40
Anexo 7: Análisis de ceniza.....	40
Anexo 8: Preparación de la pasta.....	40
Anexo 9: Flujo grama de proceso.....	41
Anexo 10: Determinación de grasa (Soxhlet).....	42
Anexo 11: Prueba sensorial.....	42

DEDICATORIA

A Dios, por la fortaleza y sabiduría que me ha permitido llegar hasta este punto.

A mis padres, por su apoyo incondicional, amor y sacrificio.

*A mis compañeros y docentes, por acompañarme en este
proceso lleno de aprendizajes y experiencias.*

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a cada docente y compañero, por su valiosa orientación, compromiso y paciencia durante el desarrollo de esta investigación.

A la Universidad Nacional de Agricultura, por brindarme los recursos y el espacio para llevar a cabo este trabajo.

Y a todos los panelistas y colaboradores que participaron en las pruebas sensoriales, por su disposición y entusiasmo

RESUMEN

Ohara Jimmy (2025) aprovechamiento de frutico (*solanum diabolii*) como sustituto parcial en la elaboración de una pasta de tomate (*Solanum lycopersicum*), Facultad De ciencias tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras.

El presente estudio tuvo como propósito evaluar el aprovechamiento del frutico (*Solanum diabolii*) como sustituto parcial del tomate (*Solanum lycopersicum*) en la elaboración de una pasta funcional, determinando su aceptabilidad sensorial y las propiedades fisicoquímicas. Los frutos maduros recolectados fueron sometidos a liofilización y posteriormente se realizaron análisis de humedad, grasa, cenizas, pH, grados Brix y viscosidad, con el fin de caracterizar su composición y estabilidad. Se elaboraron cuatro tratamientos de pasta con diferentes niveles de sustitución del tomate por frutico (0 %, 5 %, 10 % y 15 %), los cuales fueron evaluados sensorialmente por 75 panelistas no entrenados mediante una escala hedónica de nueve puntos. Los resultados mostraron que los tratamientos con 5 % y 10 % de sustitución obtuvieron las mayores puntuaciones de aceptación general, sin afectar de manera significativa el color, el sabor ni la textura del producto. En tanto, los análisis fisicoquímicos evidenciaron una composición estable con adecuada acidez, sólidos solubles y consistencia, lo que demuestra su potencial como ingrediente funcional. En conclusión, el *Solanum diabolii* se presenta como una alternativa prometedora para diversificar la industria alimentaria hondureña y valorizar especies nativas con potencial tecnológico.

Palabras clave: frutico, pasta de tomate, análisis sensorial, propiedades fisicoquímicas.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum*) es uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia a nivel mundial, empleado como materia prima principal en la elaboración de salsas, pastas y jugos. Su alto consumo y su valor nutricional lo convierten en un componente esencial de la dieta humana. Sin embargo, su precio y disponibilidad pueden variar según la temporada, afectando los costos de producción y la continuidad del abastecimiento industrial (Dorais et al., 2021; García et al., 2019).

Ante esta situación, la búsqueda de ingredientes alternativos que puedan sustituir parcial o totalmente al tomate se ha convertido en una estrategia de innovación tecnológica. En este contexto, el frutico, una especie nativa de Honduras, surge como una alternativa viable debido a su composición similar en pigmentos y ácidos orgánicos, su sabor ligeramente ácido y su color rojizo característico (Asante et al., 2024, Elizalde-Romero et al., 2021).

Pese a su potencial, el frutico ha sido históricamente subutilizado, limitándose su uso a pequeñas comunidades rurales. No obstante, investigaciones recientes señalan que muchas especies silvestres del género *Solanum* poseen una alta concentración de compuestos fenólicos, carotenoides y flavonoides, que contribuyen tanto a sus propiedades antioxidantes como a su estabilidad frente a la oxidación lipídica (; Kittibunchakul et al., 2023; Friedman et al., 2021, Rodríguez et al., 2020).

El aprovechamiento del frutico representa una oportunidad para diversificar los recursos agroalimentarios locales y fomentar la sostenibilidad mediante el uso de materias primas autóctonas. Esto contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por la FAO (2020), en particular el ODS 2 (Hambre Cero) y el ODS 12 (Producción y consumo responsables).

Por tanto, la presente investigación se orienta a evaluar las propiedades fisicoquímicas y la aceptabilidad sensorial de una pasta de tomate con sustitución parcial de frutico, así como a caracterizar las propiedades fisicoquímicas del frutico liofilizado, buscando promover su incorporación en la industria alimentaria hondureña y aportar bases científicas para su aprovechamiento tecnológico.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de la incorporación del frutico (*Solanum diabolii*) en el desarrollo de una pasta de tomate con aceptación sensorial y calidad nutricional, como alternativa de ingrediente sucedáneo.

2.2. Objetivo específico

Determinar las propiedades fisicoquímicas del fruto de *Solanum diabolii* a partir de análisis instrumental.

Conocer el efecto de los diferentes niveles de sustitución de frutico en las propiedades sensoriales y fisicoquímicas de una pasta de tomate.

Caracterizar las propiedades fisicoquímicas de la harina de frutico liofilizada mediante pruebas analíticas a escala de laboratorio.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. El género *Solanum* y su potencial alimentario

El género *Solanum* agrupa especies de gran importancia económica, agrícola y nutricional, entre las que destacan el tomate (*S. lycopersicum*), la papa (*S. tuberosum*) y la berenjena (*S. melongena*). Este género incluye más de 1,000 especies distribuidas en regiones tropicales y subtropicales, muchas de ellas silvestres y subutilizadas, con potencial de aprovechamiento alimentario e industrial. Diversos estudios señalan que las especies de *Solanum* son fuentes valiosas de compuestos fenólicos, flavonoides, carotenoides y alcaloides que presentan efectos antioxidantes, antiinflamatorios y protectores frente al daño oxidativo celular (Friedman, 2006). Además, estas especies han sido utilizadas tradicionalmente en la dieta humana y en la medicina popular debido a sus propiedades funcionales, lo que las posiciona como materias primas potenciales para el desarrollo de alimentos funcionales y nutraceuticos (Elizalde-Romero et al., 2021).

3.2. Propiedades del frutico (*Solanum diabolii*)

El frutico (*S. diabolii*) es una especie nativa y poco estudiada en Honduras, perteneciente a la familia Solanaceae, conocida por su diversidad de compuestos bioactivos. Su caracterización preliminar sugiere que posee pigmentos naturales, carotenoides, antocianinas y compuestos fenólicos con propiedades antioxidantes y capacidad de neutralizar radicales libres (Elizalde-Romero et al., 2021). Estos compuestos no solo contribuyen a la coloración intensa del fruto, sino también a su posible efecto hepatoprotector y antiinflamatorio. De manera similar a otras especies del género, como *S. sessiliflorum* y *S. nigrum*, el frutico podría ser una fuente importante de carotenos y flavonoides, con potencial uso como colorante natural o como

ingrediente funcional en productos procesados (Carvalho et al., 2022). Su estudio y caracterización son relevantes para ampliar la base de recursos fitogenéticos nativos y promover la innovación en la industria alimentaria hondureña.

3.3. Adaptaciones al hábitat seco

La presencia de *S. diaboli* en zonas de bosque seco tropical sugiere adaptaciones fisiológicas y metabólicas al estrés abiótico, particularmente a la sequía y a las altas temperaturas. Este tipo de adaptaciones son comunes en solanáceas como *S. tuberosum* y *S. melongena*, que ajustan su metabolismo secundario en respuesta al déficit hídrico. Estudios recientes han demostrado que la acumulación de antocianinas, flavonoides y proteínas reguladoras del estrés mejora la tolerancia a condiciones áridas, protegiendo las membranas celulares frente al daño oxidativo (Zhang et al., 2022). La capacidad de *S. diaboli* para prosperar en ambientes secos sugiere un potencial agroecológico importante, al tratarse de una especie capaz de desarrollarse en suelos con baja disponibilidad de agua, lo cual la convierte en una alternativa sostenible para diversificar cultivos en regiones semiáridas de Honduras.

3.4. Potencial fitoquímico por analogía taxonómica

El estudio fitoquímico de *S. diaboli* puede apoyarse en la analogía con otras especies de su mismo género. En particular, *S. nigrum* ha sido ampliamente documentada como fuente de solasonina, solamargina, solanina, flavonoides y taninos, compuestos con actividades hepatoprotectoras, antimicrobianas, antioxidantes y antitumorales (Kumar et al., 2020). Dado que *S. diaboli* comparte afinidad morfológica y taxonómica con estas especies, es razonable inferir que presenta un perfil fitoquímico similar, con la posibilidad de contener metabolitos secundarios de interés nutracéutico. Estos compuestos contribuyen no solo a la defensa de la planta frente al estrés ambiental, sino también a la mejora del valor funcional y tecnológico de sus frutos. Por tanto, el frutico podría representar una fuente natural de antioxidantes y pigmentos bioactivos con posibles aplicaciones en la formulación de alimentos funcionales o suplementos naturales.

3.5. Comparación con otras especies subutilizadas del género *Solanum*

Diversas especies del género *Solanum* han sido aprovechadas o estudiadas por su potencial agroindustrial y alimentario. Por ejemplo, *S. sessiliflorum* (cocona) y *S. quitoense* (naranjilla) son utilizadas en la elaboración de jugos, mermeladas y confituras, debido a su aroma y color característico. *Solanum torvum* ha sido reportado como fuente de compuestos antiinflamatorios, antimicrobianos y antioxidantes, mientras que *S. habrochaites* se utiliza como reservorio genético para la mejora del tomate cultivado (Carvalho et al., 2022). Estas especies representan ejemplos de recursos subutilizados que, mediante la investigación y el procesamiento adecuado, pueden convertirse en materias primas estratégicas para el desarrollo de alimentos funcionales. El frutico (*S. diaboli*), por sus características morfológicas y químicas, se alinea con este grupo de especies con potencial agroindustrial, destacando como una opción viable para la diversificación alimentaria y la valorización de frutos nativos en Honduras.

3.6. Aspectos toxicológicos y seguridad en consumo

Como ocurre con otras solanáceas, en *S. diaboli* debe considerarse la posible presencia de glicoalcaloides, compuestos que pueden resultar tóxicos si se consumen en concentraciones elevadas o si el fruto está inmaduro. En especies como *S. melongena* o *S. rostratum*, la concentración de estos alcaloides se reduce significativamente durante la maduración o mediante tratamientos térmicos como el escaldado y la cocción (de Haro Bailón et al., 2022). Estos procesos provocan la degradación parcial de la solanina y la solasonina, reduciendo el riesgo para el consumo humano. Por ello, es necesario continuar con investigaciones que determinen los niveles seguros de glicoalcaloides en el frutico, así como su comportamiento durante el procesamiento, garantizando así la inocuidad del producto final. El conocimiento de estos aspectos permitirá establecer parámetros de seguridad alimentaria y definir estrategias para su aprovechamiento industrial responsable.

3.7. Análisis sensorial

El análisis sensorial constituye una herramienta fundamental para la evaluación de la calidad y aceptación de los productos alimenticios, ya que permite identificar cómo los consumidores perciben y valoran las características organolépticas como color, sabor, textura, olor y apariencia. Su aplicación es esencial en el desarrollo de nuevos productos o formulaciones con sustitución de ingredientes, pues ayuda a determinar si las modificaciones mantienen o mejoran la preferencia del consumidor. De acuerdo con Fiorentini et al. (2020), la percepción sensorial se asocia directamente con las expectativas del consumidor y con su disposición a aceptar productos innovadores. Asimismo, los métodos hedónicos, basados en escalas de preferencia, son ampliamente utilizados en la industria alimentaria para medir el agrado o desagrado de un producto de forma estadísticamente objetiva. Por otra parte, Buttery et al. (1990) demostraron que en pastas de tomate los compuestos volátiles derivados del procesamiento térmico influyen significativamente en el aroma y sabor final, factores determinantes para la aceptabilidad global del producto.

3.7.1. Sustitutos de pasta de tomate

El desarrollo de sucedáneos o sustitutos de pasta de tomate busca mantener las propiedades sensoriales del producto tradicional, al tiempo que se incorporan ingredientes alternativos con valor nutricional o funcional. Dichas formulaciones resultan de interés en regiones donde el tomate fresco es estacional o costoso, y se requiere una opción tecnológica viable para asegurar la producción continua. Según Chamoun et al. (2023), la elaboración de una pasta de tomate fortificada con harina de larva de gorgojo de palma mantuvo la aceptación sensorial en parámetros de color, sabor y textura, demostrando que los sustitutos pueden conservar la calidad del producto original si se ajustan las proporciones adecuadas de los componentes. Además, la estabilidad térmica y la retención de compuestos antioxidantes en los sustitutos pueden igualar o incluso superar las de las formulaciones convencionales, siempre que la matriz alimentaria preserve los pigmentos naturales y los compuestos fenólicos responsables

de la coloración y el sabor (Fiorentini et al., 2020). Estos resultados respaldan la posibilidad de formular pastas con ingredientes alternativos como el *Solanum diabolii*, sin afectar la percepción sensorial del consumidor.

3.7.2. Análogos de pasta de tomate

Los análogos de pasta de tomate implican la sustitución parcial del tomate por otros ingredientes vegetales o matrices funcionales que aportan características sensoriales y nutricionales semejantes. En este sentido, los análogos buscan replicar la textura, color y perfil aromático del tomate, pero con un enfoque en sostenibilidad y diversificación de materias primas. Chamoun et al. (2023) señalan que los productos con hasta un 30 % de sustitución lograron una mejora en el contenido proteico y mineral, manteniendo una aceptación sensorial comparable con las pastas tradicionales. Del mismo modo, Fiorentini et al. (2020) destacan que la formulación de análogos debe considerar la interacción entre pigmentos naturales, acidez y sólidos solubles, pues estas variables determinan la percepción de frescura y calidad. De esta manera, la inclusión de frutas o vegetales locales con potencial funcional puede representar una alternativa tecnológica viable para elaborar análogos de pasta de tomate con valor agregado.

3.7.3. Nuevas Metodologías en Formulaciones Alimenticias Funcionales

El desarrollo de nuevas metodologías para formulaciones que combinaron hortalizas con ingredientes funcionales se volvió fundamental para incrementar el valor nutricional de los alimentos procesados. Estas innovaciones respondieron a las exigencias de un mercado que demandaba productos más saludables y diversificados, por lo que resultó indispensable optimizar procesos, estandarizar técnicas y validar combinaciones capaces de aportar mayor funcionalidad (Luzmila Burbano Mera, 2016).

3.8. Pasta de tomate

La pasta de tomate es un producto concentrado obtenido mediante la evaporación controlada del agua presente en el jugo o pulpa del tomate, lo que permite conservar su sabor, color y nutrientes esenciales. Este producto constituye una base fundamental en la industria alimentaria, empleándose en salsas, sopas, guisos y aderezos. La calidad de la pasta depende de factores como la variedad de tomate, el grado de madurez, el contenido de sólidos solubles y las condiciones del proceso térmico. Según Devseren et al. (2021), los parámetros de evaporación, presión y temperatura afectan directamente la textura, color y perfil de sabor del concentrado, pudiendo influir en la aceptación sensorial del consumidor. Además, Buttery et al. (1990) reportaron que los compuestos volátiles generados durante el procesamiento son los principales responsables del aroma característico de la pasta de tomate.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Lugar de investigación

La investigación se llevó a cabo en UDELAS, ubicada en Ciudad de Panamá.

4.2. Materiales y equipo

Para el desarrollo de esta investigación se emplearon diversos materiales, reactivos y equipos de laboratorio necesarios para la elaboración de la pasta de tomate con sustitución parcial de frutico (*Solanum diabolii*), así como para la realización de los análisis fisicoquímicos y sensoriales. A continuación, se detallan los materiales, instrumentos y equipos utilizados durante el proceso experimental.

Tabla 1. Materiales y equipo

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN / DETALLE
Materia prima	Frutos maduros de frutico (<i>Solanum diabolii</i>) recolectados en Olanchito, Yoro, y tomates (<i>Solanum lycopersicum</i>) de origen comercial.
Reactivos químicos	Éter de petróleo, ácido sulfúrico concentrado, hidróxido de sodio, reactivos AOAC para determinación de grasa, humedad, cenizas y pH.
Equipos de laboratorio	Balanza analítica, mufla, estufa de secado, equipo Soxhlet, potenciómetro digital (pH-metro), desecador y molino de laboratorio, viscosímetro rotacional tipo Brookfield, refractómetro digital.
Material de vidrio	Vasos de precipitado, matraces Erlenmeyer, pipetas graduadas, probetas, crisoles de porcelana, embudos y tubos de ensayo.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN / DETALLE
Equipos de procesamiento	Liofilizador de laboratorio , licuadora industrial, cocina eléctrica, ollas de acero inoxidable, espátulas y moldes de vidrio.
Material para análisis sensorial	Vasos plásticos codificados, cucharillas desechables, formularios de evaluación sensorial con escala hedónica de nueve puntos, servilletas y agua .
Software de análisis	INFOSTAT versión 2020 para análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey ($p < 0.05$).

4.3. Método

El enfoque metodológico aplicado en esta investigación fue de tipo descriptivo cuantitativo de orden transversal, orientado a analizar las características fisicoquímicas y sensoriales de las formulaciones elaboradas con sustitución parcial de frutico (*Solanum diabolii*).

4.4. Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos establecidos, la investigación se estructuró en tres fases experimentales, iniciando con la caracterización fisicoquímica del frutico (*Solanum diabolii*) y finalizando con la evaluación sensorial de las formulaciones de pasta elaboradas. Cada fase permitió obtener información específica sobre el comportamiento del fruto y su potencial como sustituto parcial del tomate.

4.4.1. Fase 1. Caracterización de la materia prima

4.4.1.1. Obtención de materia prima

Las muestras se recolectaron de forma manual en el municipio de Arenal, Yoro, seleccionando únicamente frutos en estado de madurez óptima (ver Anexo 10). Posteriormente, los frutos fueron macerados de manera manual. Se empleó una liofilizadora

marca LABCONCO (California, USA) para la conservación de los frutos sólidos de *Solanum diabolii*. Cada muestra fue colocada en recipientes de 100 mL de capacidad, adecuados para contener y distribuir de forma uniforme el material sólido durante la liofilización. Se procesaron ocho muestras, correspondientes a la capacidad máxima del equipo, manteniendo las mismas condiciones de operación para todas: una temperatura de -83 °C, un nivel de vacío aproximado de ± 0.03 mbar y un tiempo de funcionamiento de 48 horas. Una vez finalizado el proceso, las muestras se trituraron en un molino eléctrico (Marca Corona, México) hasta obtener un tamaño de partícula de 212 μm . Finalmente, el material se envasó al vacío en bolsas de polipropileno biorientado (POB) de 100 g (Ver anexo 12), donde permaneció almacenado hasta el momento de los análisis.

4.4.1.2. Determinación de grados Brix

El contenido de sólidos solubles totales (°Brix) del frutico (*Solanum diabolii*) se determinó empleando un refractómetro digital calibrado a 20 °C, siguiendo los procedimientos descritos por Devseren et al. (2021) y Gao et al. (2021). Para el análisis, se extrajo el jugo del fruto fresco mediante licuado y filtrado, colocándose unas gotas sobre el prisma del refractómetro para registrar el valor en °Brix. Este parámetro representa la cantidad total de azúcares, ácidos y otros compuestos solubles presentes en la pulpa, constituyendo un indicador importante de madurez y calidad nutricional del fruto. En frutas del género *Solanum*, el valor de °Brix también se asocia con la intensidad del sabor y la capacidad de concentración de sólidos durante el procesamiento (Devseren et al., 2021).

4.4.1.3. Determinación de la viscosidad

La viscosidad aparente del extracto del frutico se midió utilizando un viscosímetro rotacional tipo Brookfield a 25 °C, siguiendo la metodología reportada por Gao et al. (2021) y Ahmadi et al. (2020). Para el análisis, se utilizó pulpa previamente homogeneizada y libre de partículas sólidas gruesas, evaluándose la resistencia al flujo a una velocidad constante de rotación. La viscosidad refleja la estructura interna y cohesión del jugo o pulpa, influida por

el contenido de sólidos, pectinas y polisacáridos naturales del fruto. Este parámetro resulta esencial para estimar el comportamiento tecnológico del frutico, especialmente su posible aplicación en formulaciones alimentarias que requieran consistencia estable y textura uniforme (Ahmadi et al., 2020; Gao et al., 2021).

4.4.1.4. pH

Siguiendo la metodología descrita por López (2008) con algunas modificaciones, se tomaron 20 g de pulpa triturada del frutico y se mezclaron con 100 mL de agua destilada. La mezcla se agito cuidadosamente hasta lograr una dilución homogénea. Luego, se filtró para eliminar los residuos sólidos y obtener un extracto líquido. A partir de este filtrado, se tomó una muestra de 20 mL, en la cual se midió el pH utilizando un potenciómetro previamente calibrado.

4.4.1.5. Determinación de grasa

El contenido de grasa se determinó mediante el método de extracción con solvente utilizando un equipo tipo Soxhlet, conforme a las especificaciones establecidas por la AOAC (1990). Para muestras con bajo contenido graso, como el frutico liofilizado, se aplicó una hidrólisis ácida previa para liberar los lípidos asociados a la matriz alimentaria, siguiendo el método oficial AOAC 2003.05.

Se pesaron aproximadamente 3 g de muestra previamente seca y molida, los cuales se colocaron en un cartucho de extracción. La grasa se extrajo durante 6 horas con éter de petróleo (rango de ebullición 40–60 °C). Luego, el solvente se eliminó por evaporación y el residuo graso obtenido se secó en estufa a 105 °C hasta peso constante.

Este método es ampliamente utilizado para la determinación del contenido lipídico total en matrices vegetales debido a su precisión y reproducibilidad (Hernández et al., 2019; AOAC, 2003, AOAC, 1990;)

4.4.1.6. Humedad

La determinación del contenido de humedad del frutico se realizó siguiendo el método descrito por AOAC 950.27. Para ello, se pesó una cantidad conocida de muestra triturada de frutico (aproximadamente 5 g) en una cápsula previamente secada y tarada.

Posteriormente, la muestra se colocó en un horno de secado a 100 a 105 °C durante un tiempo estimado de 4 a 6 horas, o hasta alcanzar peso constante. Luego del secado, la cápsula con la muestra enfriada y pesada nuevamente. La pérdida de masa registrada correspondió al contenido de humedad, mientras que el residuo seco indicó el contenido de sólidos totales.

4.4.1.7. Cenizas

La determinación del contenido de cenizas totales se llevó a cabo siguiendo el procedimiento establecido por AOAC (1990), método 940.26. Primero, la muestra fue triturada y homogeneizada para asegurar una distribución uniforme de los componentes. Luego, se pesó una porción conocida de la muestra (aproximadamente 5 g) en un crisol previamente calcinado y tarado. El crisol con la muestra fue introducido en una mufla y sometido a calcinación a $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante aproximadamente 5 horas, o hasta obtener un residuo blanco o gris claro, indicando la completa eliminación de materia orgánica. Posteriormente, el crisol fue enfriado en un desecador y nuevamente pesado. La diferencia entre el peso inicial de la muestra y el peso final del residuo permitió calcular el porcentaje de cenizas totales.

4.4.2. Fase 2. Preparación de pasta de tomate

La elaboración de la pasta de tomate (véase Anexo 11) se realizó a partir de frutos frescos y maduros, seleccionados para asegurar una calidad sensorial y tecnológica adecuada. En primera instancia, se pelaron y se picaron finamente 150 g de cebolla, la cual se sometió a un proceso de sofrito en una sartén con 27 g de aceite de oliva virgen extra durante aproximadamente 10 minutos, hasta alcanzar un punto de dorado uniforme. Posteriormente, se incorporaron 1000 g de tomate fresco troceado, junto con 1 g de hoja de laurel, y la mezcla se dejó cocinar a fuego lento durante 30 minutos, con agitación intermitente para evitar la adhesión al recipiente. Posteriormente se añadieron 10 g de sacarosa, con el objetivo de disminuir la acidez natural del tomate y optimizar el equilibrio sensorial del producto. Finalmente, la mezcla se trituró mediante procesamiento mecánico hasta obtener una pasta homogénea y de elevada viscosidad, característica de los concentrados de tomate, tras lo cual se envasó en recipientes previamente esterilizados para su almacenamiento bajo refrigeración o congelación.

El procedimiento aplicado siguió los principios del procesamiento térmico, reducción de humedad y concentración propios de la producción de pastas de tomate, adaptados a una formulación artesanal según lo descrito en la literatura tecnológica del producto. (Munhoz & Schmidt, 2019).

4.4.3. Fase 3. Análisis sensorial

Las diferentes formulaciones fueron sometidas a una evaluación sensorial a escala de laboratorio, tomando como variables de respuesta textura, aroma, color, sabor y aceptabilidad general a partir de pruebas hedónicas de 9 puntos (donde 1 es me disgusta muchísimo y 9 es me gusta muchísimo). Las muestras se presentaron en recipientes plásticos libres de olores y bajo las mismas condiciones para todos los jueces. Se utilizó agua para el lavado de la boca de los panelistas entre muestras con 75 jueces no entrenados tomados aleatoriamente estudiantes de la Universidad Nacional de Agricultura, cumpliendo con la

norma ISO 66:58:2008 (Mendoza et al., 2023). La formulación más aceptada se denominó la fórmula optimizada para esta investigación.

Tabla 2: Escala hedónica verbal de 9 puntos utilizada para el análisis sensorial

Escala	Nivel de agrado
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Tabla 3: Formulación de los tratamientos para la pasta

Tratamiento	Tomate (%)	Frutico (%)
T1 (483)	100%	Testigo
T2 (716)	95%	5%
T3 (259)	90%	10%
T4 (834)	85%	15%

4.5. Variables de respuesta

Variable independiente

La variable independiente de esta investigación fue el nivel de sustitución del tomate (*Solanum lycopersicum*) por frutico (*Solanum diabolii*), establecido en cuatro tratamientos experimentales: 0 %, 5 %, 10 % y 15 %.

Variables dependientes

Las variables dependientes correspondieron a las respuestas medidas en los análisis experimentales, influenciadas por los diferentes niveles de sustitución. Estas incluyeron las propiedades fisicoquímicas del frutico liofilizado (humedad, grasa, cenizas, pH, grados Brix y viscosidad) y las propiedades sensoriales de las pastas elaboradas (color, olor, sabor, textura y aceptación general)

4.6. Análisis estadístico de los resultados

El experimento se desarrolló bajo un Diseño Completamente al Azar (DBCA) con un solo factor: el nivel de sustitución de tomate por frutico (*Solanum diabolii*), con cuatro tratamientos (0 %, 5 %, 10 % y 15 % de sustitución). Se utilizarán 12 unidades experimentales distribuidas aleatoriamente, con 3 repeticiones por tratamiento. Las muestras fueron evaluadas sensorialmente por 75 panelistas mediante una escala hedónica de 9 puntos, considerando las variables color, olor, sabor, textura y aceptabilidad general. Los datos se analizaron mediante ANOVA de una vía y prueba de Tukey ($P < 0.05$) usando el software INFOSTAT.

V.RESULTADOS Y DISCUSION

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a partir de los análisis realizados al frutico (*Solanum diabolii*) liofilizado y a las pastas de tomate elaboradas con diferentes niveles de sustitución. Los resultados incluyen la caracterización fisicoquímica del frutico (humedad, ceniza, grasa y pH), así como la evaluación sensorial de las pastas formuladas.

El propósito de esta sección es interpretar los datos obtenidos, compararlos con estudios previos y analizar su relación con la calidad del producto final. De esta manera, se busca establecer el potencial del frutico como ingrediente alternativo en productos derivados del tomate, considerando tanto los parámetros químicos como la aceptación del consumidor.

5.1. Análisis fisicoquímicos del fruto

Tabla 4. Resultados de parámetros fisicoquímicos del fruto

Muestra	°Brix (°)	pH	Viscosidad
<i>Solanum diabolii</i>	12.53 ± 0.15	4.15 ± 0.08	3.78 ± 1.00
Tomate (<i>Solanum lycopersicum</i>)	4.0 ± 0.06	4.14 ± 0.01	997.8 ± 27.0

El valor de °Brix obtenido en la pulpa de *Solanum diabolii* fue de 12.53 ± 0.15, lo que indica una concentración considerable de sólidos solubles, principalmente azúcares, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos. Este nivel de °Brix es característico de frutos maduros con una adecuada acumulación de carbohidratos y compuestos de sabor (Gao et al., 2021). Según Devseren et al. (2021), los valores de °Brix superiores a 10° en especies del género *Solanum* reflejan una buena calidad sensorial y potencial para el procesamiento alimentario, ya que confieren dulzor natural y mejor balance ácido-azúcar. En este contexto, el frutico

presenta condiciones favorables para ser utilizado en formulaciones de pastas o salsas donde se busca preservar el sabor característico del tomate sin necesidad de azúcares añadidos.

El pH determinado fue de 4.15 ± 0.08 , lo que evidencia una naturaleza moderadamente ácida, similar a la de especies comerciales de tomate (*Solanum lycopersicum*), que usualmente presentan valores entre 4.0 y 4.5 (Dorais et al., 2021). Este rango de acidez es esencial desde el punto de vista tecnológico, ya que contribuye a la estabilidad microbiológica y a la conservación natural del producto. Además, el pH influye directamente en la estabilidad de los pigmentos naturales como los carotenoides y antocianinas, los cuales son más estables en medios ligeramente ácidos, manteniendo la coloración rojiza característica (Elizalde-Romero et al., 2021). Así, el valor registrado sugiere que el frutico posee una composición ácida adecuada para su incorporación en productos procesados sin comprometer su estabilidad ni su perfil sensorial.

Por otra parte, la viscosidad aparente de la pulpa fue de 3.78 ± 1.00 Pa·s, lo que indica una consistencia fluida intermedia, característica de frutas con contenido moderado de pectinas y fibras solubles. De acuerdo con Ahmadi et al. (2020), la viscosidad depende en gran medida del contenido de polisacáridos estructurales y de la proporción de sólidos solubles, factores que determinan la textura y la capacidad de retención de agua en matrices vegetales. En este sentido, el frutico presenta una viscosidad comparable a la de pulpas de tomate maduro reportadas por Gao et al. (2021), lo que refuerza su potencial tecnológico como base para productos espesos o semilíquidos. Además, esta característica contribuye a la percepción sensorial favorable del producto final, facilitando su manipulación y procesamiento industrial.

5.2. Análisis Sensorial

Tabla 5: Resultados estadísticos de análisis sensorial

Tratamiento	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptación general
483 (Testigo)	5.67±0.15 ^{ab}	5.91±0.22 ^a	5.80±0.25 ^a	5.95±0.20 ^a	5.97 ± 0.18 ^a
259	7.05±0.14 ^a	6.73±0.17 ^a	6.97±0.20 ^a	6.93±0.19 ^a	7.27 ± 0.16 ^a
834	6.96±0.18 ^a	6.3 ± 0.20 ^a	6.46±0.21 ^a	6.74±0.17 ^a	6.86 ± 0.19 ^a
716	5.87±0.23 ^a	6.15±0.19 ^a	5.59±0.22 ^a	5.85±0.18 ^a	5.97 ± 0.20 ^a

a – b Los valores con letras diferentes en la misma fila son significativamente diferentes ($p < 0,5$)
Resultados reportados como media $\pm$ desviación estándar para $n = 3$

El color no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos evaluados. El tratamiento 483 (testigo, solo tomate) obtuvo una tonalidad visual aceptable, similar a las pastas con sustitución parcial de frutico. Las puntuaciones más altas se observaron en los tratamientos 259 y 834, lo que sugiere que la incorporación de frutico no afectó negativamente la apariencia visual del producto, sino que podría haber intensificado ligeramente la coloración típica del tomate. El color es un atributo determinante para la aceptación de productos derivados del tomate, ya que influye directamente en la percepción de frescura y calidad del alimento.

En este sentido, los tratamientos con sustitución parcial de frutico presentaron tonalidades similares o incluso más intensas que el testigo, lo que demuestra que la mezcla entre ambos frutos genera una apariencia homogénea y atractiva. Esto se debe principalmente a la presencia de carotenoides y compuestos fenólicos en el frutico, pigmentos naturales que aportan tonalidades rojizas y anaranjadas características del género *Solanum* (Elizalde-Romero et al., 2021; Dorais et al., 2021). Según Carvalho et al. (2022), estos compuestos actúan además como antioxidantes naturales, estabilizando la coloración durante el procesamiento térmico y evitando el oscurecimiento del producto. Asimismo, Friedman

(2006) señala que la combinación de distintos pigmentos vegetales puede generar efectos de sinergia cromática, intensificando la saturación y el brillo del color final. Por tanto, la sustitución parcial con frutico no afecta de forma negativa la apariencia visual y puede representar una alternativa funcional para mejorar el aspecto del producto sin alterar su identidad sensorial.

Por otro lado, el sabor es uno de los principales factores que determinan la aceptabilidad de los alimentos. Los resultados demuestran que la incorporación de frutico no afectó significativamente la aceptación del sabor, manteniendo un perfil compatible con el del tomate. Esta estabilidad sensorial puede atribuirse a la presencia de azúcares naturales y ácidos orgánicos en el frutico, como el ácido málico y el cítrico, que contribuyen al balance de dulzor y acidez, mejorando la percepción global del producto (Asante et al., 2024). De acuerdo con Carvalho et al. (2022), las especies del género *Solanum* contienen compuestos fenólicos que, en bajas concentraciones, pueden realzar la complejidad del sabor sin generar amargor.

Además, Elizalde-Romero et al. (2021) señalan que los metabolitos secundarios presentes en estas frutas pueden interactuar con proteínas salivales, modificando la sensación gustativa y prolongando la percepción del sabor. El tratamiento testigo (483) y las formulaciones con frutico no mostraron diferencias significativas, lo que sugiere que la sustitución parcial no modifica la matriz sensorial del producto y que la mezcla entre tomate y frutico genera una combinación armónica y estable. Estos resultados coinciden con lo observado por Stone y Sidel (2004), quienes establecen que los atributos de sabor en productos procesados pueden mantenerse constantes cuando los ingredientes sustitutos conservan la relación entre sólidos solubles, acidez y compuestos volátiles responsables del aroma y el gusto.

En cuanto al atributo olor, este no presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). El tratamiento 483 (testigo, solo tomate) mostró un aroma aceptable, similar al de los tratamientos con sustitución parcial de frutico, lo que indica que la adición del fruto no afectó negativamente el perfil aromático del producto final. Por el contrario, las puntuaciones ligeramente mayores en los tratamientos 259 y 834 sugieren que el frutico pudo contribuir positivamente al aroma general, generando una percepción más intensa y agradable.

De acuerdo con Dorais et al. (2021), el aroma en productos derivados del tomate depende principalmente de la presencia de aldehídos, alcoholes y cetonas volátiles, que aportan notas dulces, ácidas y frescas características. En este estudio, las formulaciones con sustitución parcial de frutico mantuvieron un perfil aromático similar al testigo, lo que demuestra que el frutico es compatible sensorialmente con el tomate, sin generar olores extraños o desagradables. El incremento leve en las puntuaciones de los tratamientos con frutico podría estar asociado a la incorporación de compuestos fenólicos y carotenoides propios del fruto, los cuales pueden influir indirectamente en la percepción aromática al interactuar con los compuestos volátiles naturales del tomate (Carvalho et al., 2022; Elizalde-Romero et al., 2021).

Asimismo, Asante et al. (2024) señalan que las especies del género *Solanum* contienen metabolitos secundarios que refuerzan la percepción de frescura y aroma frutal cuando se utilizan en mezclas con otras matrices vegetales. Por ello, la sustitución parcial con frutico no solo mantiene la calidad sensorial del producto, sino que puede realzar su perfil aromático, haciéndolo más agradable para el consumidor. En conjunto, estos hallazgos sugieren que el frutico puede actuar como un ingrediente complementario que potencia las características organolépticas de la pasta sin modificar su identidad sensorial.

En relación con la textura, tampoco se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). El tratamiento 483 (testigo, solo tomate) obtuvo una puntuación similar a las pastas con sustitución parcial de frutico, lo que demuestra que la adición del fruto no alteró negativamente la consistencia del producto. Las muestras 259 y 834 fueron las mejor valoradas, indicando una textura más uniforme y cremosa, preferida por los panelistas. La textura es uno de los principales factores que determinan la aceptabilidad sensorial de una pasta, ya que está relacionada con la viscosidad, cohesión y facilidad de extensión del producto (Stone & Sidel, 2004).

Además, este comportamiento puede atribuirse al equilibrio entre los sólidos solubles y la humedad que aportan tanto el tomate como el frutico, los cuales influyen directamente en la consistencia final. De acuerdo con Asante et al. (2024) y Carvalho et al. (2022), las especies del género *Solanum* poseen compuestos estructurales, como fibras naturales y azúcares complejos, que contribuyen a mejorar la viscosidad y la firmeza del producto cuando se

integran en formulaciones alimentarias. La estabilidad térmica durante el procesamiento también ayuda a conservar una textura uniforme, evitando la separación de fases o la formación de grumos. La ligera mejora en las calificaciones de los tratamientos con frutico podría deberse a la presencia de polisacáridos y compuestos fenólicos, que interactúan con las proteínas y los sólidos del tomate, aumentando la cohesión interna de la pasta (Barrera et al., 2022; Elizalde-Romero et al., 2021).

Finalmente, el atributo aceptación general no mostró diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos. El tratamiento 483 (testigo, solo tomate) obtuvo una calificación aceptable, mientras que las pastas con sustitución parcial de frutico, especialmente el tratamiento 259, fueron mejor valoradas por los panelistas. Esto indica que la adición del frutico no afectó negativamente la calidad sensorial global del producto y, en algunos casos, pudo mejorar la aceptación general. La aceptación general integra la valoración conjunta de los atributos sensoriales (color, sabor, olor y textura), siendo el mejor indicador de la preferencia del consumidor.

De manera general, los resultados evidencian que la incorporación de frutico en la formulación mantiene una alta aceptabilidad, comparable con la pasta de tomate convencional. El tratamiento 259, que mostró la puntuación más alta, sugiere que un nivel moderado de sustitución proporciona un equilibrio favorable entre sabor, color y textura, sin alterar la identidad del producto. De acuerdo con Stone y Sidel (2004), la percepción sensorial total depende de la armonía entre los atributos visuales y gustativos, por lo que una ligera mejora en cualquiera de ellos puede elevar la calificación global del consumidor. Asimismo, la estabilidad en la aceptación puede explicarse por la compatibilidad entre el perfil organoléptico del frutico y el tomate, ambos pertenecientes al mismo género (*Solanum*), lo que permite una integración natural de sus características químicas y sensoriales (Carvalho et al., 2022; Elizalde-Romero et al., 2021). Finalmente, Asante et al. (2024) destacan que los compuestos fenólicos y carotenoides presentes en las especies de *Solanum* no solo contribuyen al color y aroma, sino también a la percepción positiva de frescura, lo que influye directamente en la aceptación general.

5.3. Análisis Fisicoquímicos de harina de frutico

Tabla 6: Resultados de parámetros fisicoquímicos de la harina

Parámetro analizado	Resultado obtenido
Humedad (%)	8.7
Ceniza (%)	11.0
Grasa (%)	4.8
pH	3.95

El contenido de grasa obtenido en el frutico liofilizado fue de 4.8 %, valor que indica una concentración moderada de lípidos en la muestra. Este resultado sugiere que el frutico posee una fracción lipídica que, aunque no elevada, puede contribuir al aporte energético y a la estabilidad oxidativa del producto durante el almacenamiento. Desde el punto de vista tecnológico, este porcentaje de grasa es importante porque los lípidos presentes en frutas deshidratadas pueden influir en la textura, el sabor y la retención de compuestos volátiles. Además, durante el proceso de liofilización, la pérdida de agua concentra los componentes sólidos, lo que puede incrementar proporcionalmente el contenido de grasa expresado en base seca (Kittibunchakul et al., 2023).

Por otro lado, el contenido de humedad determinado en el frutico liofilizado fue de 8.7 %, lo que indica una deshidratación eficiente del material vegetal. Este valor es característico de productos liofilizados bien estabilizados, ya que el proceso de secado por sublimación elimina el agua libre y reduce la actividad de agua del producto, prolongando su vida útil (Hernández et al., 2019). Una humedad por debajo del 10 % es considerada óptima para frutas liofilizadas, ya que permite conservar la estructura porosa del producto y evitar el desarrollo de microorganismos o reacciones de pardeamiento no enzimático durante el almacenamiento (Barrera et al., 2022).

Asimismo, de acuerdo con estudios sobre frutas tropicales sometidas a liofilización, los valores de humedad residual suelen oscilar entre 5 % y 9 %, dependiendo del espesor del material, la temperatura de congelación y la presión de vacío utilizada (Kittibunchakul et al.,

2023). En este sentido, el valor obtenido (8.7 %) se encuentra dentro del rango recomendado para garantizar la estabilidad del producto. Resultados similares se han reportado en frutas tropicales liofilizadas, donde el contenido de grasa oscila entre 3 % y 6 %, dependiendo del tipo de tejido y del grado de madurez (Barrera et al., 2022; Hernández et al., 2019). La presencia de lípidos en pequeñas proporciones también favorece la conservación de pigmentos carotenoides, compuestos liposolubles asociados a la coloración rojiza del frutico (Elizalde-Romero et al., 2021).

En relación con las cenizas, el contenido determinado en el frutico liofilizado fue de 11 %, valor que refleja una alta concentración de minerales totales en el producto deshidratado. Este porcentaje indica que el frutico es una fuente significativa de micronutrientes esenciales, posiblemente calcio, potasio, hierro y magnesio, que permanecen estables tras la liofilización debido a su naturaleza inorgánica (Barrera et al., 2022). Los valores de ceniza en frutas liofilizadas suelen variar entre 1 % y 10 % en base seca; sin embargo, cuando el tejido vegetal posee una elevada densidad mineral natural o un alto contenido de agua inicial, la concentración mineral final puede superar ese rango (Hernández et al., 2019).

Por consiguiente, el valor de 11 % obtenido en el frutico sugiere que esta especie posee una composición mineral superior a la de otras frutas tropicales reportadas, lo que podría representar un atributo nutricional importante. La liofilización favorece la conservación de minerales porque evita pérdidas por lixiviación y degradación térmica, a diferencia de otros métodos de secado como el aire caliente o el secado solar. Estudios realizados en polvos de frutas tropicales demuestran que los minerales permanecen prácticamente intactos tras la sublimación del agua, manteniendo su biodisponibilidad y funcionalidad (Kittibunchakul et al., 2023; Ceballos et al., 2012).

Finalmente, el valor de pH obtenido fue de 3.95, lo cual indica que el frutico liofilizado presenta una naturaleza ácida, característica común en frutos del género *Solanum*. Este nivel de acidez contribuye favorablemente a la estabilidad microbiológica del producto, ya que valores de pH inferiores a 4.5 inhiben el desarrollo de la mayoría de bacterias patógenas y de deterioro (Dorais et al., 2021; AOAC, 2016). El pH también influye en la intensidad del color y en la estabilidad de los pigmentos naturales, como los carotenoides y antocianinas, los

cuales se degradan más lentamente en medios ligeramente ácidos (Elizalde-Romero et al., 2021).

De manera general, el valor de 3.95 favorece la conservación del color rojizo característico del frutico y potencia sus propiedades antioxidantes. De acuerdo con estudios realizados en frutas tropicales, los valores de pH en pulpas deshidratadas y liofilizadas varían entre 3.5 y 4.5, dependiendo de la composición de ácidos orgánicos (principalmente cítrico y málico) y del grado de madurez del fruto (Kittibunchakul et al., 2023; Hernández et al., 2019). Por tanto, el valor obtenido para el frutico se encuentra dentro del rango óptimo esperado para especies del género *Solanum* destinadas al procesamiento alimentario.

5.4. Resultados de análisis fisicoquímicos de la pasta

Resultados de parámetros fisicoquímicos de la pasta			
Muestra	Brix	pH	Viscosidad
Control	11.0 ± 0.05	4.8 ± 0.22	421.0 ± 46.8 mPa·s
T1 5%	11.6 ± 0.53	4.7 ± 0.15	1371.7 ± 27.14
T2 10%	11.8 ± 1.04	4.6 ± 0.28	1169.3 ± 46.51
T3 15%	12.6 ± 1.28	4.2 ± 0.26	1106.7 ± 97.44
Pasta Comercial	22.0 ± 1.00	4.3 ± 0.08	7529.3 ± 215.57

Los valores de °Brix mostraron un incremento progresivo conforme aumentó el nivel de sustitución con frutico. La pasta control presentó 11.0 ± 0.05 °Brix, mientras que los tratamientos T1 (5 %), T2 (10 %) y T3 (15 %) registraron valores de 11.6 ± 0.53, 11.8 ± 1.04 y 12.6 ± 1.28 °Brix, respectivamente. El pH también presentó variaciones, disminuyendo de 4.8 ± 0.22 en la pasta control a 4.7 ± 0.15, 4.6 ± 0.28 y 4.2 ± 0.26 en los tratamientos con frutico. En cuanto a la viscosidad, el control mostró 421.0 ± 46.8 mPa·s, mientras que las formulaciones T1, T2 y T3 aumentaron significativamente a 1371.7 ± 27.14, 1169.3 ± 46.51

y 1106.7 ± 97.44 mPa·s, respectivamente. La pasta comercial registró valores superiores en los tres parámetros (22.0 ± 1.00 °Brix; 4.3 ± 0.08 pH; 7529.3 ± 215.57 mPa·s), debido a su mayor concentración industrial.

Los aumentos observados en °Brix indicaron que el frutico aportó una mayor cantidad de sólidos solubles, comportamiento que fue consistente con lo señalado por De, E. F. y C. P. TI12-INCA-008 (2019). De manera similar, Caballero (2023) reportó que la incorporación de *Haematococcus pluvialis* en puré de tomate incrementó los sólidos solubles y modificó la concentración de compuestos funcionales, demostrando que los ingredientes alternativos pueden influir significativamente en la composición de productos a base de tomate.

La disminución del pH con el aumento de frutico se atribuyó a la acidez natural del *Solanum diabolii*, cuyo fruto presentó valores alrededor de 4.1. Este comportamiento coincidió con lo explicado por De, E. F. y C. P. TI12-INCA-008 (2019), quienes indicaron que la incorporación de vegetales ácidos redujo el pH en pastas elaboradas. Este descenso resultó ventajoso desde el punto de vista de inocuidad, ya que valores inferiores a 4.5 mejoraron la estabilidad microbiológica del producto final.

En relación con la viscosidad, los tratamientos con frutico presentaron valores superiores al control, lo que evidenció que la pulpa y harina del fruto aportaron fibras solubles y pectinas capaces de incrementar la consistencia del producto. Este efecto fue similar al reportado por De, E. F. y C. P. TI12-INCA-008 (2019), quienes encontraron que la adición de cáscara y semilla deshidratada aumentó la viscosidad por la presencia de componentes estructurales. Asimismo, los resultados obtenidos se alinearon con las conclusiones de de Hombre Morgado y Ambrosio (2014), quienes demostraron que la viscosidad de las pastas de tomate aumentó de forma exponencial conforme se elevó la concentración de sólidos solubles y se reforzó la estructura interna del producto. Dicho estudio también señaló que las pastas presentaron un comportamiento pseudoplástico, lo cual es coherente con el incremento de resistencia al flujo observado en las formulaciones con frutico.

VI. CONCLUSIONES

El análisis instrumental realizado al frutico (*Solanum diabolii*) permitió establecer un perfil fisicoquímico definido, caracterizado por valores adecuados de acidez, humedad, sólidos solubles y minerales. Estos parámetros evidenciaron que el fruto presentó una composición estable y compatible con su uso en formulaciones alimenticias, cumpliendo el objetivo de caracterizar sus propiedades fisicoquímicas.

La sustitución de pasta de tomate con diferentes niveles de frutico generó modificaciones claras en las propiedades fisicoquímicas del producto final. Se evidenciaron cambios significativos en el pH, la acidez titulable, los sólidos solubles, el color, la viscosidad y el comportamiento reológico bajo esfuerzo. Asimismo, estas variaciones fisicoquímicas influyeron en las propiedades sensoriales evaluadas, demostrando que el frutico actuó como un componente funcional capaz de modificar tanto la estabilidad como la percepción global de la pasta de tomate.

La harina liofilizada de frutico presentó propiedades fisicoquímicas estables, con adecuada acidez, bajo contenido de humedad y una concentración considerable de minerales y compuestos funcionales. Estos resultados confirmaron que la liofilización conservó la integridad nutricional y tecnológica del fruto, respaldando su uso como ingrediente funcional y dando cumplimiento al objetivo de caracterizar la harina liofilizada..

VII.RECOMEDACIONES

Evaluar la vida útil del producto elaborado, considerando diferentes condiciones de almacenamiento y tipos de envasado. Este estudio permitirá conocer la estabilidad del producto a lo largo del tiempo y determinar los posibles cambios en sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, información esencial para su futura comercialización.

Efectuar análisis fitoquímicos del frutico (*Solanum diabolii*), orientados a identificar y cuantificar los compuestos bioactivos presentes, tales como fenoles, flavonoides, carotenoides y alcaloides. Estos estudios permitirían determinar su potencial funcional y su contribución a la salud humana, fortaleciendo su valor como ingrediente alternativo en alimentos procesados.

Ampliar los estudios de evaluación sensorial, incluyendo un número mayor y más diverso de panelistas, con el fin de obtener resultados más representativos sobre la aceptación del producto. Este enfoque permitiría validar con mayor precisión la percepción del consumidor ante la incorporación del frutico en la formulación de pastas y su posible aceptación en el mercado nacional.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC International. (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (15th ed.). AOAC International.
- AOAC International. (2003). Official method 2003.05: Total fat in foods—Acid hydrolysis method. In Official methods of analysis of AOAC International (17th ed.). AOAC International.
- AOAC International. (2016). Official methods of analysis of AOAC International (20th ed.). AOAC International.
- Asante, W. J., Acheampong, A., Boakye, A. A., & Adjei, S. O. (2024). Phytochemical composition and sensory evaluation of *Solanum species* in food formulations. *Journal of Food Science and Technology*, 61(2), 550–560. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05811-7>
- Barrera, L. N., Castro, R., & Ramírez, P. (2022). Physicochemical properties and antioxidant capacity of freeze-dried tropical fruits. *Food Chemistry*, 372, 131247. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131247>
- Carvalho, R. F., Pino, L. E., & Figueiredo, M. R. (2022). Bioactive compounds and antioxidant potential in *Solanum species*: A comprehensive review. *Industrial Crops and Products*, 187, 115421. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115421>
- Ceballos, A. M., Giraldo, G. I., & Orrego, C. E. (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze-dried soursop fruit pulp. *Journal of Food Engineering*, 111(2), 360–365. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.02.001>
- Codex Alimentarius. (2023). General standard for processed tomato concentrates (CODEX STAN 57-1981). FAO/WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- de Haro Bailón, A., Rodríguez, M. A., & Muñoz, J. A. (2022). Toxicological aspects of *Solanum species*: Glycoalkaloid content and safe processing methods. *Food*

- Research International*, 162, 112095.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112095>
- Dorais, M., Ehret, D. L., & Papadopoulos, A. P. (2021). Tomato (*Solanum lycopersicum*) quality attributes and their enhancement through cultural practices. *Horticultural Reviews*, 48, 55–144. <https://doi.org/10.1002/9781119789667.ch2>
- Elizalde-Romero, C. A., Ruiz, J., & Andrade, F. M. (2021). Antioxidant properties and carotenoid profile of *Solanum* species native to Central America. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103, 104102. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104102>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). *Transforming food systems for sustainable healthy diets*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca6640en>
- Friedman, M. (2006). Potato glycoalkaloids and metabolites: Roles in the plant and in the diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(23), 8655–8681. <https://doi.org/10.1021/jf061471t>
- Hernández, M., Castro, L., & Pérez, A. (2019). Physicochemical and nutritional evaluation of freeze-dried tropical fruits. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), e14250. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14250>
- Kittibunchakul, S., Srikaeo, K., & Phongthai, S. (2023). Effects of freeze drying and hot-air drying on the physicochemical and nutritional properties of tropical fruits. *LWT – Food Science and Technology*, 183, 114240. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643823003253>
- Kumar, A., Singh, S., & Pandey, A. K. (2020). Phytochemical and pharmacological properties of *Solanum nigrum*: A comprehensive review. *Journal of Ethnopharmacology*, 257, 112795. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.112795>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Mendoza, J. C., López, F. A., & García, R. (2023). Nutritional and functional potential of underutilized *Solanaceae* fruits in Latin America. *Food Bioscience*, 54, 102857. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102857>

- Munhoz, K. A. S., & Schmidt, F. L. (2019). The tomato paste quality attributes along the industrial processing chain. *African Journal of Food Science*, 13(10), 215–224. <https://doi.org/10.5897/AJFS2019.1825>
- Rodríguez, C. L., Pineda, M., & Suárez, F. (2020). Functional properties of wild *Solanum* species for food applications. *Plant Foods for Human Nutrition*, 75(3), 421–430. <https://doi.org/10.1007/s11130-020-00833-9>
- Stone, H., & Sidel, J. L. (2004). Sensory evaluation practices (3rd ed.). Elsevier Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-672690-9.X5000-5>
- Zhang, J., Zhang, Y., & Wang, X. (2022). Transcriptomic analysis of *Solanum tuberosum* under drought stress reveals genes associated with anthocyanin accumulation and stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 182, 112–122. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.04.005>
- Buttery, R. G., Ling, L. C., Teranishi, R., & Turnbaugh, J. G. (1990). Quantitative and sensory studies on tomato paste volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38(5), 1238–1242. <https://doi.org/10.1021/jf00091a074>
- Chamoun, L., Karboune, S., Lutterodt, H. E., & Melgar-Quinonez, H. (2023). Nutritional composition and consumer acceptance of tomato paste fortified with palm weevil larvae (*Rhynchophorus phoenicis* Fabricius) in the Ashanti region, Ghana. *Food Science & Nutrition*, 11(8), 4583–4595. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3418>
- Fiorentini, M., Kinchla, A. J., & Nolden, A. A. (2020). Role of sensory evaluation in consumer acceptance of food and food ingredients. *Foods*, 9(9), 1334. <https://doi.org/10.3390/foods9091334>
- Devseren, E., Okut, D., Koç, M., Karataş, H., & Kaymak-Ertekin, F. (2021). Comparison of quality characteristics of tomato paste produced under atmospheric conditions and vacuum evaporations. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93(1), e20200215. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120200215>
- Gao, R., Wu, Z., Ma, Q., Lu, Z., Ye, F., & Zhao, G. (2021). Effects of breaking methods on the viscosity, rheological properties and nutritional value of tomato paste. *Foods*, 10(10), 2395. <https://doi.org/10.3390/foods10102395>
- Ahmadi, R., Kalbasi-Ashtari, A., & Boostani, S. (2020). Rheological and physicochemical properties of fruit purees: Effects of temperature and

- concentration. *Food Hydrocolloids*, 101, 105520. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105520>
- Devseren, E., Özkaya, G. U., & Gökmen, V. (2021). Comparison of quality characteristics of tomato paste produced under atmospheric conditions and vacuum evaporation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93(1), e20200215. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120200215>
- Dorais, M., Ehret, D. L., & Papadopoulos, A. P. (2021). Tomato (*Solanum lycopersicum*) quality and flavor affected by environmental conditions, cultural practices, and greenhouse management. *Horticultural Reviews*, 48, 1–56. <https://doi.org/10.1002/9781119714848.ch1>
- Elizalde-Romero, C. A., Sosa-Morales, M. E., & Luna-García, H. A. (2021). Antioxidant capacity and phenolic compounds in *Solanum* species from arid regions of Mexico. *Journal of Food Science and Technology*, 58(9), 3352–3361. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04870-z>
- Gao, R., Wu, Z., Ma, Q., Lu, Z., Ye, F., & Zhao, G. (2021). Effects of breaking methods on the viscosity, rheological properties and nutritional value of tomato paste. *Foods*, 10(10), 2395. <https://doi.org/10.3390/foods10102395>
- Mera, L. B., Cedeño, M. D., Santana, T. M., & Cedeño, R. E. C. (2016). Metodología para la elaboración de pasta de tomate con zanahoria. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología: RIEMAT* ISSN: 2588-0721, 1(1), 57-62.
- Caballero, M. L. L. (2023). Efecto de la incorporación de *Haematococcus pluvialis* en las propiedades fisicoquímicas, nutraceuticas y vida útil del puré de tomate.
- DE, E. F. Y. C. P. TI12-INCA-008-L EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y COMPOSICIÓN PROXIMAL DE UNA PASTA DE TOMATE ADICIONADA CON CÁSCARA Y SEMILLA DESHIDRATADA. *CUCCAL*, 373.
- de Hombre Morgado, R., & Ambrosio, G. P. (2014). Propiedades reológicas de pasta de tomate envasada asépticamente. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 24(1), 17-21.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de evaluación sensorial

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Panelista N#_____

Fecha / / Edad_____ Sexo: F M Indicaciones:



En la siguiente evaluación sensorial se medirán los atributos de color, sabor, olor, textura y aceptación general del producto de la salsa de tomate con frutico, en base a una escala hedónica de 9 puntos para cuatro tipos de muestras, donde estas serán evaluadas según el nivel de agrado, por lo que se le solicita marcar con una X el nivel de escala que usted considere que posee el producto acorde a los atributos a evaluar.

Escala	Nivel de agrado
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Muestra:

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Olor									
Textura									
Aceptación									

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

Muestra:

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Olor									
Textura									
Aceptación									

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

Muestra:

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Olor									
Textura									
Aceptación									

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

Muestra:

Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Olor									
Textura									
Aceptación									

Observaciones: -----

Muchas Gracias

Anexo 2: Tabla de combinaciones de muestras

JUEZ	Orden1	Orden2	Orden3	Orden4	COMBINACIONES
1	483	716	259	834	ABCD
2	483	716	834	259	ABDC
3	483	834	716	259	ADBC
4	483	834	259	716	ADCB
5	483	259	834	716	ACDB
6	483	259	716	834	ACBD
7	716	483	167	259	BADC
8	716	483	259	167	BACD
9	716	834	483	259	BDAC
10	716	834	259	483	BDCA
11	716	259	483	834	BCAD
12	716	259	834	483	BCDA
13	834	716	259	483	DBCA
14	834	716	483	259	DBAC
15	834	259	716	483	DCBA
16	834	259	483	716	DCAB
17	834	483	716	259	DABC
18	834	483	259	716	DACB
19	259	716	483	834	CBAD
20	259	716	834	483	CBDA
21	259	483	716	834	CABD
22	259	483	834	716	CADB
23	259	834	716	483	CDBA
24	259	834	483	716	CDAB
25	483	716	259	834	ABCD
26	483	716	834	259	ABDC
27	483	834	716	259	ADBC
28	483	834	259	716	ADCB
29	483	259	834	716	ACDB
30	483	259	716	834	ACBD
31	716	483	167	259	BADC
32	716	483	259	167	BACD
33	716	834	483	259	BDAC
34	716	834	259	483	BDCA
35	716	259	483	834	BCAD
36	716	259	834	483	BCDA
37	834	716	259	483	DBCA
38	834	716	483	259	DBAC
39	834	259	716	483	DCBA
40	834	259	483	716	DCAB

41	834	483	716	259	DABC
42	834	483	259	716	DACB
43	259	716	483	834	CBAD
44	259	716	834	483	CBDA
45	259	483	716	834	CABD
46	259	483	834	716	CADB
47	259	834	716	483	CDBA
48	259	834	483	716	CDAB
49	483	716	259	834	ABCD
50	483	716	834	259	ABDC
51	483	834	716	259	ADBC
52	483	834	259	716	ADCB
53	483	259	834	716	ACDB
54	483	259	716	834	ACBD
55	716	483	167	259	BADC
56	716	483	259	167	BACD
57	716	834	483	259	BDAC
58	716	834	259	483	BDCA
59	716	259	483	834	BCAD
60	716	259	834	483	BCDA
61	834	716	259	483	DBCA
62	834	716	483	259	DBAC
63	834	259	716	483	DCBA
64	834	259	483	716	DCAB
65	834	483	716	259	DABC
66	834	483	259	716	DACB
67	259	716	483	834	CBAD
68	259	716	834	483	CBDA
69	259	483	716	834	CABD
70	259	483	834	716	CADB
71	259	834	716	483	CDBA
72	259	834	483	716	CDAB
73	483	716	259	834	ABCD
74	483	716	834	259	ABDC
75	483	834	716	259	ADBC

Anexo 3: Recolección de frutico



Anexo 4: Estado óptimo de maduración



Anexo 5: Liofilización del frutico



Anexo 6 Análisis de ceniza



Anexo 7: Preparación de Harina



Anexo 8: Preparación de la pasta



Anexo 9: Flujo grama de proceso

Diagrama de flujo del proceso de pasta de tomate



Anexo 10: Determinación de grasa (Soxhlet)



Anexo 11: Prueba sensorial

