

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**DESARROLLO DE UNA BEBIDA FUNCIONAL TIPO SALMOREJO A PARTIR
DEL FRUTO *Solanum diabolii***

POR:

JUAN JOSÉ CASTRO BUSTILLO

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

**DESARROLLO DE UNA BEBIDA FUNCIONAL TIPO SALMOREJO A PARTIR
DEL FRUTO *Solanum diabolii***

POR:

JUAN JOSÉ CASTRO BUSTILLO

JHUNIOR ABRAHAN MARCIA FUENTES
Asesor principal

TESIS

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

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de tesis a Dios, por haberme permitido llegar hasta esta etapa tan importante de mi vida. A Él, por ser mi guía en cada paso, por darme la fortaleza necesaria en los momentos de dificultad, la luz en los días de oscuridad y la sabiduría para no rendirme ante los desafíos. Sin su voluntad y bendición, este logro no habría sido posible. A Dios encomiendo este esfuerzo, porque en cada avance, en cada noche de estudio y en cada obstáculo superado, su presencia fue mi inspiración y mi refugio.

Con igual gratitud, dedico este logro a mi familia, quienes han sido el motor y el pilar fundamental en mi formación personal y profesional. A mis padres, por su amor incondicional, por su paciencia infinita, por sus sacrificios silenciosos y por creer en mí incluso cuando las fuerzas flaqueaban. Gracias por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo, la honestidad y la perseverancia. A mis hermanos, por su apoyo constante, sus palabras de ánimo y por acompañarme con cariño en este largo camino académico.

Cada etapa de este trabajo representa no solo el esfuerzo individual, sino también el amor, los valores y el apoyo que he recibido de quienes siempre han estado a mi lado. Esta tesis es el resultado de la fe, la esperanza y la dedicación de una familia que nunca dejó de confiar en mis capacidades.

A Dios y a mi familia, les dedico con todo mi corazón este logro, que no es únicamente mío, sino de todos aquellos que hicieron posible mi crecimiento, mi aprendizaje y la culminación de este sueño.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a Dios, por haberme brindado la vida, la sabiduría y la fortaleza necesarias para culminar con éxito esta etapa de mi formación profesional. A Él, por su infinita misericordia, por darme la perseverancia para superar los desafíos y por iluminar cada paso de mi camino con su amor y su guía

Extiendo mi más profundo agradecimiento a mi familia, quienes con su amor incondicional, apoyo constante y palabras de aliento han sido mi mayor fuente de motivación. Gracias por creer en mí, por comprenderme en los momentos difíciles y por acompañarme en cada logro alcanzado.

A mis compañeros y amigos, **Ana Irías, Edgar Cortéz, Jeferson Montoya y Marvin Alvarado** por su colaboración, amistad y apoyo durante este proceso. Su compañía y trabajo en equipo hicieron de esta experiencia algo inolvidable y enriquecedor, por estar en cada momento de esta etapa, más en los momentos donde más los necesitaba.

Agradezco sinceramente a mis asesores de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG) por su guía, dedicación y compromiso durante el desarrollo de esta investigación. Sus enseñanzas fueron fundamentales para mi crecimiento académico y personal.

Asimismo, expreso mi agradecimiento a los asesores de la Universidad de Extremadura (UEX), por la oportunidad, su valioso acompañamiento, orientación y por haber contribuido con sus conocimientos científicos y técnicos al fortalecimiento de este trabajo. Su apoyo internacional permitió ampliar mi visión profesional y enriquecer los resultados obtenidos

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
CONTENIDO.....	iii
RESUMEN	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Bebidas funcionales	4
3.1.1 Componentes de bebidas funcionales	4
3.1.2 Impacto de las bebidas funcionales en la salud humana	5
3.1.3 Clasificación de bebidas funcionales	6
3.2 El Salmorejo.....	7
3.2.1 Propiedades funcionales del salmorejo	7
3.3 Especies <i>Solanum</i>	9
3.4 <i>Solanum diabolii</i>	11
3.5 Tratamiento térmico	12
3.5.1 Tratamiento térmico GASTROVAC	13
3.5.2 Baño maría	13
IV. MATERIALES Y METODOS	15

4.1	Lugar de la investigación	15
4.2	Método	16
4.3	Metodología	16
4.4	Fase I: Obtención de materia de prima y pulpa liofilizada	16
4.5	Fase II: Formulación de las bebidas funcionales	17
4.6	Fase III: Mediciones Analíticas	18
4.6.1	Análisis fisicoquímicos.....	18
4.6.2	Análisis bromatológicos	19
4.6.3	Análisis microbiológicos	24
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
5.1	Caracterización de la pulpa de <i>Solanum diabolii</i>	27
5.2	Efecto de los tratamientos térmicos GASTROVAC y Baño María sobre las propiedades química de las bebidas tipo salmorejo.	28
5.2.1	Sólidos solubles	28
5.2.2	pH	30
5.3	Caracterización bromatológica de las bebidas tipo salmorejo	31
5.3.1	Contenido de compuestos fenólicos	31
5.3.2	Actividad antioxidante	33
5.3.3	Contenido de grasa	36
5.3.4	Porcentaje de proteínas	38
5.3.5	Contenido de cenizas	40
5.3.6	Contenido de humedad	41
5.3.7	Contenido de azúcares	43
5.4	Análisis microbiológicos de las bebidas tipo salmorejo	45
VI.	CONCLUSIONES	48

VII. RECOMENDACIONES	49
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	50
IX. ANEXOS	59

Castro Bustillo, J.J. (2025). Desarrollo de una bebida funcional tipo salmorejo a base de *Solanum diabolii*. Tesis de grado, Ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológica, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras. 66 pp.

RESUMEN

El estudio aborda el desarrollo de una bebida funcional tipo salmorejo elaborada a partir del fruto *Solanum diabolii*. El objetivo principal fue desarrollar y caracterizar formulaciones de salmorejo a base de *S. diabolii*, tomate Pera y tomate Cherry, evaluando el efecto de los tratamientos térmicos GASTROVAC y Baño María (65 °C/30 min). La pulpa de *S. diabolii* presentó 12.53 °Brix, pH 4.15 y viscosidad 3.78 Pa·s. Se formularon tres tratamientos: T1 (75 % *S. diabolii*), T2 (75 % tomate Pera) y T3 (75 % tomate Cherry). Se realizó análisis fisicoquímicos, microbiológicos y bromatológicos en cada tratamiento. Los resultados mostraron que el tratamiento térmico GASTROVAC conservó mejor los sólidos solubles (1.30 ± 0.03 °Brix) y la capacidad antioxidante (60.77 %), mientras que el tratamiento Baño María incrementó el contenido de compuestos fenólicos en *S. diabolii* (271.73 ± 6.00 mg GAE/100 g). En cuanto al contenido de grasa, *S. diabolii* registró 3.33 % sin tratamiento térmico, reduciéndose hasta 0.24 % tras la aplicación del calor. Las bebidas formuladas con *S. diabolii* presentaron la mayor carga microbiana inicial (12 log UFC/g en enterobacterias y 5 log UFC/g en mohos y levaduras); sin embargo, después del tratamiento térmico (especialmente con Baño María), las poblaciones de *Pseudomonas spp.* y enterobacterias fueron prácticamente indetectables. Por su parte, las formulaciones con tomate Pera y Cherry mostraron recuentos microbianos más bajos (0–3.5 log UFC/g). Estos resultados evidencian que la incorporación de *S. diabolii* en formulaciones tipo salmorejo puede contribuir al desarrollo de productos innovadores con propiedades funcionales y buena estabilidad microbiológica.

Palabras clave: GASTROVAC, salmorejo, tratamiento térmico, antioxidantes.

I. INTRODUCCIÓN

Las bebidas enriquecidas con compuestos bioactivos se han consolidado como una de las principales líneas de innovación nutricional en la industria alimentaria. Estas formulaciones no solo satisfacen funciones básicas como la hidratación y el aporte energético, sino que también inducen efectos fisiológicos beneficiosos, entre ellos el fortalecimiento del sistema inmunológico, la reducción del estrés oxidativo y la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (Granato *et al.* 2019, Gupta *et al.* 2023). Particularmente, las bebidas de origen vegetal con textura emulsionada han adquirido relevancia científica debido a su eficacia como vehículos para la incorporación de compuestos liposolubles de alta biodisponibilidad, tales como carotenoides, ácidos fenólicos y ácidos grasos insaturados.

En el marco del aprovechamiento sostenible de la biodiversidad alimentaria, la valorización de frutos nativos subutilizados representa una estrategia clave para la innovación funcional. Tal es el caso de *Solanum diabolii*, una especie silvestre originaria de Honduras, principalmente localizada en el Bosque Seco Tropical Remanente del Valle de Agalta. Esta región, caracterizada por su alta biodiversidad, alberga una flora adaptada a condiciones climáticas semiáridas (Mora *et al.* 2015). Aunque la literatura científica sobre esta especie es aún limitada, estudios realizados en taxones afines como *Solanum nigrum* y *Solanum torvum* han documentado la presencia de compuestos fitoquímicos de interés, entre ellos glicoalcaloides, flavonoides, polifenoles y carotenoides, reconocidos por sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias (Milner *et al.* 2011, Perdomo 2017).

En ausencia de estudios específicos sobre la composición fitoquímica de *Solanum diabolii*, su potencial funcional puede abordarse desde una perspectiva comparativa con especies del mismo género. Varias de ellas han sido ampliamente estudiadas por su contenido de ácidos

fenólicos, antocianinas, vitamina C y carotenoides, asociados con efectos inmunomoduladores, antioxidantes y citoprotectores (Milner *et al.* 2011, Perdomo 2017)). En consecuencia, la incorporación de *Solanum diabolii* en el desarrollo de bebidas funcionales no solo constituye una alternativa para aprovechar compuestos bioactivos de origen vegetal, sino también una estrategia para revalorizar especies autóctonas subutilizadas. De acuerdo con Durst y Bayasgalanbat (2014) el uso de recursos alimentarios locales infrautilizados contribuye al fortalecimiento de la seguridad alimentaria, la conservación de la biodiversidad y la mejora del bienestar nutricional de las comunidades. Esta visión coincide con los lineamientos de la FAO orientados a la promoción de sistemas alimentarios sostenibles, consolidando así la pertinencia de explorar el potencial de *Solanum diabolii* como componente funcional en nuevas formulaciones alimentarias.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Desarrollar y caracterizar formulaciones de bebida tipo salmorejo a partir de diferentes variedades de tomate (Pera, Cherry) y *Solanum diabolii*, evaluando el efecto de distintos tratamientos térmicos sobre sus propiedades físicas, químicas, microbiológicas y bromatológicas.

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar formulaciones de salmorejo utilizando las variedades seleccionadas de tomate y *Solanum diabolii*, aplicando los tratamientos térmicos Baño María y GASTROVAC.
- Determinar la calidad microbiológica de las diferentes formulaciones, evaluando la presencia de microorganismos tales como mohos y levaduras, coliformes totales, *Pseudomonas spp.* entre otros.
- Analizar la composición bromatológica de las bebidas, incluyendo el contenido de humedad, proteínas, grasas, azúcares, fibra, compuestos fenólicos y actividad antioxidante.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Bebidas funcionales

Una bebida funcional se define como aquella que proporciona un beneficio específico para la salud más allá de la hidratación básica. Por lo general, suelen incorporar ingredientes agregados, como vitaminas, minerales, hierbas u otros compuestos bioactivos, que están destinados a respaldar una función particular o mejorar la salud. Entre las categorías más comunes se encuentran bebidas deportivas, bebidas energéticas y aguas mejoradas con vitaminas (Gupta *et al.* 2023). En este contexto un estudio realizado por Quintanilla y Ávila (2014), en Tegucigalpa, Honduras, reveló que el 59% de la población ha consumido al menos una bebida funcional al mes, lo que evidencia una tendencia positiva hacia el consumo de productos con valor agregado en salud.

3.1.1 Componentes de bebidas funcionales

Las bebidas funcionales han emergido como una categoría de alimentos innovadores que integran ingredientes bioactivos capaces de proporcionar beneficios específicos para la salud más allá de su valor nutricional convencional. Su formulación incorpora diversos componentes funcionales, cuya efectividad ha sido ampliamente respaldada por la literatura científica.

- **Antioxidantes:** Los antioxidantes naturales como los polifenoles, flavonoides, carotenoides y vitamina C son clave en la formulación de bebidas funcionales. Estos compuestos ayudan a mitigar el estrés oxidativo celular, lo cual está relacionado con

- la prevención de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y algunos tipos de cáncer (Worku *et al.* 2018).
- Fibra dietética: La fibra soluble e insoluble presente en frutas y cereales funcionales mejora la motilidad intestinal, regula los niveles de glucosa en sangre y reduce el colesterol. Su incorporación en bebidas permite una formulación natural sin recurrir a aditivos artificiales (Slavin 2013).
- Fitoquímicos: Incluyen glucósidos, alcaloides, lignanos, terpenos, entre otros. Estos compuestos presentes en frutas, especias y extractos vegetales tienen efectos antiinflamatorios, antihipertensivos y anticancerígenos potenciales. Un estudio realizado por (Milner *et al.* 2011), identificó al género como fuente de alcaloides esteroidales con efectos fisiológicos diversos.
- Probióticos y prebióticos: Las cepas de bacterias beneficiosas (como *Lactobacillus* o *Bifidobacterium*) son incorporadas en bebidas fermentadas. Los prebióticos como la inulina o los fructooligosacáridos favorecen el crecimiento de este microbiota benéfico en el intestino (Marco *et al.* 2017).
- Vitaminas y minerales: Las bebidas funcionales se enriquecen frecuentemente con micronutrientes clave como el calcio, potasio, hierro y vitaminas del complejo B, que intervienen en procesos metabólicos y fortalecen el sistema inmunológico. Estas adiciones están particularmente indicadas en contextos de deficiencia nutricional (Lobo *et al.* 2010).

3.1.2 Impacto de las bebidas funcionales en la salud humana

En los últimos años, las bebidas funcionales han cobrado relevancia en el ámbito de la salud pública, debido a su potencial para contribuir en la prevención de enfermedades crónicas no

transmisibles, ya que este tipo de productos se caracterizan por incluir componentes bioactivos que aportan beneficios fisiológicos adicionales a los de la simple hidratación.

Es por ello que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha hecho énfasis en la necesidad de reducir el consumo de bebidas azucaradas, dado su vínculo con el aumento de enfermedades como la obesidad, la diabetes tipo 2 y otros trastornos metabólicos (OMS 2016), resaltando la importancia de promover alternativas saludables que puedan aportar efectos positivos sobre el sistema digestivo, inmunológico o cardiovascular (Markowiak y Ślizewska 2017).

3.1.3 Clasificación de bebidas funcionales

En las últimas décadas, las bebidas funcionales han adquirido un papel clave en la innovación alimentaria, al incorporar ingredientes con propiedades bioactivas capaces de influir positivamente en funciones fisiológicas específicas del organismo. Este tipo de productos se posicionan como alternativas saludables en un contexto marcado por el aumento de enfermedades crónicas, la fatiga metabólica y el deterioro del estilo de vida moderno. (Granato *et al.* 2019). Es por ello que (Hasler 2002), (Martirosyan y Singh 2015) afirman que la clasificación de estas bebidas no se limita a su contenido nutricional, sino que responde a criterios científicos basados en el efecto funcional que ejercen sobre la salud humana, lo cual ha sido promovido por organizaciones como el Functional Food Center (FFC) y el International Life Sciences Institute (ILSI).

- **Bebidas energéticas:** Contienen sustancias estimulantes del sistema nervioso central como cafeína, taurina, guaraná y vitaminas del complejo B, que actúan aumentando la energía, la concentración y el estado de alerta. Son populares entre jóvenes y deportistas, aunque su uso debe moderarse debido a potenciales efectos adversos si se consumen en exceso (Higgins *et al.* 2010).
- **Bebidas probióticas y prebióticas:** Formuladas con microorganismos vivos (probióticos) o compuestos no digeribles que estimulan su crecimiento (prebióticos), estas bebidas promueven el equilibrio del microbiota intestinal y tienen efectos

- positivos en la digestión, la inmunidad y la prevención de trastornos gastrointestinales (Hill *et al.* 2014).
- **Bebidas deportivas o de rehidratación:** Diseñadas para compensar la pérdida de líquidos y electrolitos durante el ejercicio, contienen sodio, potasio, magnesio, carbohidratos y, en algunos casos, aminoácidos de cadena ramificada (BCAA). Estas bebidas son esenciales para mantener el rendimiento físico y prevenir la deshidratación (Higgins *et al.* 2010).
- **Bebidas antioxidantes:** Ricas en polifenoles, flavonoides, vitamina C, zinc o selenio, estas bebidas tienen como finalidad fortalecer el sistema inmunológico y reducir el daño oxidativo, contribuyendo a la prevención del envejecimiento celular y enfermedades crónicas no transmisibles (Granato *et al.* 2019).

Esta clasificación permite establecer vínculos entre los compuestos bioactivos utilizados (como polifenoles, probióticos o cafeína) y los beneficios metabólicos que ofrecen, facilitando no solo la regulación sanitaria, sino también el desarrollo de bebidas funcionales dirigidos a poblaciones con necesidades nutricionales específicas. (Granato *et al.* 2019).

3.2 El Salmorejo

El salmorejo es un pure frío originario de Andalucía, específicamente Córdoba, elaborado a partir de tomate, pan, aceite de oliva virgen extra, ajo y sal. A diferencia de otras sopas frías como el gazpacho, el salmorejo presenta una textura más densa y homogénea. Su popularidad ha generado interés científico, debido a sus componentes nutricionales y bioactivos (Vioque *et al.* 2021).

3.2.1 Propiedades funcionales del salmorejo

El salmorejo, al ser una emulsión estable, presenta una matriz nutricional compleja y funcionalmente rica, que lo posiciona como un alimento con alto valor bioactivo. Esta preparación tradicional contiene diversos compuestos nutricionales de interés, como carotenoides (licopeno), vitamina C, ácidos grasos monoinsaturados, fibra dietética y polifenoles, los cuales han sido relacionados con efectos antioxidantes, antiinflamatorios y cardioprotectores (Marina Kravets, Cristina Cedeño-Pinos *et al.* 2023, Kravets *et al.* 2024). La interacción sinérgica entre sus ingredientes permite una absorción eficiente de estos nutrientes, potenciando su biodisponibilidad y su acción fisiológica (Vioque *et al.* 2021).

Tabla 1: Composición y propiedades del salmorejo

Componente	Fuente principal	Propiedad funcional
Licopeno (carotenoide)	Tomate	Antioxidante potente, reduce el riesgo cardiovascular y ciertos tipos de cáncer
Vitamina C	Tomate	Antioxidante hidrosoluble, refuerza sistema inmune y síntesis de colágeno
Ácido oleico	Aceite de oliva virgen extra	Grasa monoinsaturada, reduce colesterol LDL y protege función vascular
Polifenoles	Tomate y aceite de oliva	Actividad antioxidante y antiinflamatoria celular
Fibra dietética	Pan	Mejora la salud digestiva, regula glucosa y lípidos
Agua	Tomate y pan	Medio de dispersión, hidratación, vehículo de nutrientes
Sodio (natural o añadido)	Sal añadida y tomate	Electrolito esencial, mantiene balance hídrico y presión arterial

Fuente: (Porrini y Riso 2018, Marina Kravets, Cristina Cedeño-Pinos *et al.* 2023, Ruiz-gutie *et al.* 2006, Kravets *et al.* 2024)

3.3 Especies *Solanum*

3.3.1 *Solanum nigrum*

3.3.1.1 Origen y distribución de *Solanum nigrum*

Solanum nigrum, conocida comúnmente como hierba mora o “black nightshade”, es una especie herbácea anual de la familia *Solanaceae*. Se trata de una planta de origen antiguo, presente en una amplia gama de ecosistemas templados y tropicales alrededor del mundo, esta especie ha sido registrada en depósitos arqueológicos del Paleolítico y Mesolítico en Gran Bretaña, lo que sugiere que formaba parte de la flora nativa antes del desarrollo de la agricultura por el hombre neolítico (Edmonds 1997).

El género *Solanum* comprende más de 2,000 especies distribuidas principalmente en África, Australia, Asia y América del Sur. *S. nigrum* es una de las especies más comunes y de mayor interés etnobotánico y farmacológico por su capacidad de adaptación y su potencial nutraceutico (Staveckienė et al. 2024).

3.3.1.2 Importancia etnobotánica y medicinal

La utilización de *Solanum nigrum* como planta medicinal se remonta a la antigüedad. Esta especie aparece registrada e ilustrada en antiguos herbarios como el de Dioscórides, quien fue uno de los primeros en describir sus propiedades curativas. Desde entonces, *S. nigrum* ha sido reconocida por sus efectos terapéuticos en todos los países donde crece (Staveckienė et al. 2024)

3.3.1.3 Composición fitoquímica

Los principales compuestos responsables de las propiedades farmacológicas de *S. nigrum* son los alcaloides esteroidales, incluyendo solasonina, solamargina, solanigrina y solanina. Además, contiene flavonoides, saponinas, taninos, lignanos, esteroides, ácido cítrico, rutina y ácidos grasos insaturados como el linoleico.

El estudio realizado por Perdomo (2017) caracterizó 31 alcaloides diferentes en *S. nigrum* mediante GC-MS, HPLC-PDA y LC-MS/MS. Las muestras provenientes de Obonuco mostraron mayor contenido total de alcaloides (0.441 mg/g) que las de Chachagüí (0.158 mg/g), lo cual se atribuye a condiciones agroecológicas como tipo de suelo, altitud y clima.

3.3.1.4 Toxicidad asociada a *Solanum nigrum*

A pesar de su valor medicinal y nutracéutico, *S. nigrum* es también conocida por su potencial toxicidad. La mayoría de las especies del subgénero *Solanum* tienen fama de ser venenosas tanto para humanos como para animales domésticos. Informes de toxicidad aparecen en casi todos los manuales de plantas venenosas en distintas regiones del mundo (Staveckienė *et al.* 2024).

La toxicidad ampliamente reportada de *S. nigrum* se ha atribuido al alcaloide solanina, que puede causar distintos niveles de envenenamiento. En humanos, los efectos incluyen náuseas, vómitos, diarrea, cólicos, cefalea, fiebre, taquicardia, mareos, pérdida del habla, dilatación pupilar, convulsiones, coma e incluso muerte (Edmonds 1997). Según Atanu *et al.* (2011) estos síntomas pueden presentarse entre 6 y 8 horas tras la ingestión, afectando también al ganado, aves de corral y otras especies.

3.3.1.5 Métodos de extracción de alcaloides en *Solanum nigrum*

La extracción de alcaloides en *Solanum nigrum* es un proceso clave para el estudio de sus propiedades farmacológicas y toxicológicas. Entre los métodos reportados, la hidrólisis ácida ha demostrado ser el más eficaz para la extracción de compuestos alcaloideos presentes.

Perdomo (2017), realizó un análisis comparativo utilizando tres métodos: extracción alcalina, extracción ácida y maceración directa. La hidrólisis ácida no solo permitió recuperar la mayor cantidad de alcaloides, sino también un perfil más diverso de compuestos esteroidales como solasodina, solasonina, solanigrina, ergotamina y ergocriptina.

Posteriormente, se aplicaron técnicas cromatográficas como GC-MS, HPLC-PDA y LC-MS/MS para la identificación y cuantificación de los metabolitos extraídos. Estas técnicas permitieron detectar hasta 31 alcaloides diferentes en las muestras, mostrando además variabilidad significativa entre plantas recolectadas en distintas zonas geográficas. Este tipo de análisis es fundamental para establecer la seguridad de los extractos destinados a aplicaciones alimentarias o farmacéuticas.

3.4 *Solanum diabolii*

El *Solanum diabolii* es una especie endémica de Honduras cuyas propiedades fitoquímicas y farmacológicas permanecen sin caracterizar, situación que refleja tanto su rareza como la escasez de estudios exhaustivos sobre esta planta. Esta falta de información contrasta con su considerable potencial investigativo, particularmente al considerar su clasificación como Especie de Preocupación Especial (Mejía Ordoñez y House R 2008).

Los registros históricos ubican a esta especie en el departamento de Francisco Morazán, específicamente a lo largo del río Caparrosa, donde fue documentada inicialmente en 1952 (Mejía Ordoñez y House R 2008) Estudios más recientes la han identificado también en el bosque seco tropical del Valle de Agalta, donde crece junto a otras solanáceas endémicas como *Solanum hirtum* (Mora *et al.* 2015).

Como miembro de la familia *Solanaceae*, a la que pertenecen especies de importancia económica como la papa y el tomate (Milner *et al.* 2011), el *S. diabolii* probablemente comparte la presencia de metabolitos bioactivos característicos, incluyendo alcaloides, compuestos fenólicos y glicoalcaloides. Esta composición química sugiere posibles

propiedades farmacológicas similares a las reportadas en especies afines como *S. nigrum*, entre las que se incluyen efectos:

- Antimicrobianos (Sudha Rani *et al.* 2017).
- Neurodepresores (Perez G. *et al.* 1998).
- Hepatoprotectores (Jain *et al.* 2011).
- Antitumorales (Mandal *et al.* 2023).

Estudios fitoquímicos en *S. nigrum* han demostrado la presencia de diversos compuestos activos, mientras que investigaciones farmacológicas han validado sus usos tradicionales y revelado nuevas aplicaciones terapéuticas. La similitud taxonómica entre estas especies sugiere que el *S. diabolii* podría compartir muchas de estas características, aunque se requieren estudios específicos para confirmarlo.

Adicionalmente, investigaciones sobre la respuesta al estrés en solanáceas (Xu *et al.* 2012) y análisis filogenéticos recientes (Stern *et al.* 2011, Wahlert *et al.* 2014) proporcionan un marco de referencia valioso para orientar futuras investigaciones sobre esta especie poco estudiada.

3.5 Tratamiento térmico

Los tratamientos térmicos son procesos fundamentales en la industria alimentaria que consisten en aplicar calor a un producto con el fin de reducir la carga microbiana, inactivar enzimas, prolongar la vida útil y garantizar la inocuidad del alimento. Estos procesos incluyen técnicas como escaldado, pasteurización, esterilización, cocción y métodos de calentamiento suave, y su efectividad depende del tiempo, la temperatura y las características de la matriz alimentaria (Fellows 2017, Clark 1993).

De acuerdo con Fellows (2017), los tratamientos térmicos modifican propiedades sensoriales y funcionales del alimento, por lo que su intensidad debe seleccionarse cuidadosamente para evitar daños excesivos, como pérdida de color, degradación de vitaminas o cambios en la textura. Clark (1993) señala que los tratamientos suaves (≤ 100 °C) permiten conservar mejor

la calidad nutricional y estructural, siendo ideales para frutas, hortalizas y productos con compuestos bioactivos sensibles.

3.5.1 Tratamiento térmico GASTROVAC

La Gastrovac es un equipo diseñado para cocinar e impregnar alimentos bajo condiciones de vacío parcial, reduciendo la presión interna y, por consiguiente, la temperatura de ebullición del agua y de cocción. Esto permite someter los alimentos a temperaturas inferiores a 100 °C, disminuyendo su deterioro térmico. Además, la ausencia relativa de oxígeno retrasa reacciones de oxidación, lo que favorece la retención de vitaminas, polifenoles, antioxidantes y pigmentos naturales.

Uno de sus principios más reconocidos es el “efecto esponja”, donde el alimento libera aire al aplicar vacío y luego absorbe líquidos cuando se restablece la presión. Esta tecnología ha demostrado ventajas importantes frente a métodos convencionales. García-Segovia *et al.* (2012) encontraron que la cocción al vacío mejora la textura, color y aceptabilidad sensorial de preparaciones dulces, preservando las características originales del alimento. Igualmente, Okut *et al.* (2018) observaron en mermelada de fresa que la cocción al vacío redujo la formación de hidroximetilfurfural (HMF), mantuvo un color más brillante y conservó azúcares naturales en mayor proporción.

3.5.2 Baño maría

El baño maría es un método tradicional de calentamiento indirecto utilizado ampliamente en alimentos por su capacidad de proporcionar una transferencia de calor suave y uniforme, evitando sobrecalentamientos locales y reduciendo el riesgo de degradación térmica. Este proceso consiste en colocar el alimento en un recipiente sumergido en agua caliente, la cual actúa como medio transmisor de calor, manteniendo temperaturas estables y controladas (Fellows 2017).

Debido a que el baño María opera bajo presión atmosférica, la temperatura máxima que alcanza el alimento generalmente no supera los 100 °C, lo que lo convierte en un método ideal para sistemas sensibles al calor, como mezclas lácteas, emulsiones, natillas y productos basados en huevo. Clark (1993) destaca que el calentamiento indirecto es esencial para prevenir coagulación abrupta de proteínas, separación de fases o quemado superficial, problemas comunes en calentamientos directos.

A diferencia de tecnologías modernas como la cocción al vacío, el baño María no controla la atmósfera gaseosa, por lo que los alimentos permanecen expuestos al oxígeno durante el proceso. Esto puede favorecer reacciones de oxidación en matrices con pigmentos sensibles, compuestos fenólicos o lípidos insaturados, lo que ha sido documentado en estudios comparativos de técnicas térmicas (Lozano-Castellón *et al.* 2021). Aun así, su estabilidad, simplicidad y bajo costo lo convierten en un método fundamental en laboratorio y en la preparación de alimentos donde se requiere una temperatura constante sin estrés térmico elevado.

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1 Lugar de la investigación

La investigación se realizó en las instalaciones de la Escuela de Ingenierías Agrarias, perteneciente a la Universidad de Extremadura y en los Institutos de Investigación del Campus Universitario de Badajoz, esta es una institución pública de educación superior ubicada en el municipio de Badajoz, provincia de Extremadura, España.



4.2 Método

En la presente investigación se empleó el método de investigación experimental para determinar el efecto de la pulpa liofilizada de *Solanum diabolii*, en las características físicas, químicas, microbiológicas y bromatológicas de las bebidas funcionales tipo salmorejo. Se espera que este enfoque experimental proporcione información valiosa sobre el impacto del *Solanum diabolii* en bebidas funcionales.

4.3 Metodología

Con el fin de garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos en esta investigación, se diseñó un enfoque metodológico compuesto por tres fases experimentales. A continuación, se describe detalladamente cada una de las fases, con el propósito de brindar una comprensión clara y estructurada del proceso experimental realizado.

4.4 Fase I: Obtención de materia de prima y pulpa liofilizada

El fruto *Solanum diabolii* se recolectó en el municipio de Arenal, departamento de Yoro y Valle de Agalta, valle perteneciente al departamento de Olancho, dicho fruto fue sometido a secado por medio del método de liofilización. El tomate Cherry, tomate Pera, aceite de oliva extra virgen, pan, ajo, sal y vinagre fueron adquiridos en el mercado local del municipio Badajoz, en la provincia de Extremadura, España.

Previo a la preparación de la pulpa liofilizada del fruto *Solanum diabolii*, se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos, incluyendo la determinación de pH, sólidos solubles y viscosidad.

Para la obtención de la pulpa liofilizada se utilizó la metodología descrita por (Saraviamaldonado y Mart 2022), con ligeras modificaciones. Las muestras de la pulpa del fruto *Solanum diabolii* se sometieron a liofilización (LIOTOP model 101). Las muestras fueron previamente congeladas durante 24 horas a una temperatura de -80°C . La temperatura inicial

del liofilizador será de 28 °C, después de colocar las muestras del fruto, se esperó que alcancen una temperatura aproximadamente de -55° C. El proceso se llevó a cabo durante 48 horas.

4.5 Fase II: Formulación de las bebidas funcionales

Las siguientes tablas presentan las formulaciones base empleadas para el desarrollo de las bebidas tipo salmorejo. La **Tabla 2** muestra la formulación correspondiente a la bebida elaborada con *Solanum diabolii*. De igual forma, se formularon bebidas tipo salmorejo utilizando tomate Pera y tomate Cherry como ingredientes principales.

Tabla 2: Formulación de las bebidas tipo salmorejo a base de *Solanum diabolii*.

Ingredientes	<i>S. diabolii</i> 75.02%	
	Gramos	% (p/p)
<i>Solanum diabolii</i>	20	75.02
Aceite de oliva extra virgen	2	7.5
Pan telera	4.06	15.23
Ajo	0.17	0.64
Sal	0.19	0.71
Vinagre	0.24	0.9
Total	26.66	100

Dado que el fruto *Solanum diabolii* liofilizado se presentaba en polvo, fue necesario establecer una condición de rehidratación. Se determinó por medio de pruebas que una rehidratación al 70 % ofrecía las condiciones óptimas para su incorporación en las bebidas tipo salmorejo.

Tabla 3: Formulación de la bebida tipo salmorejo a base de Tomate Pera

Ingredientes	Tomate Pera	
	Gramos	% (p/p)
Tomate Pera	229.37	75.79
Aceite de oliva extra virgen	22.94	7.58
Pan telera	45.87	15.16
Ajo	1.15	0.38
Sal	2.06	0.68
Vinagre	1.25	0.41
Total	302.64	100

Tabla 4: Formulación de la bebida tipo salmorejo a base de Tomate Cherry

Ingredientes	Tomate Cherry	
	Gramos	% (p/p)
Tomate Cherry	229.37	75.79
Aceite de oliva extra virgen	22.94	7.58
Pan telera	45.87	15.16
Ajo	1.15	0.38
Sal	2.06	0.68
Vinagre	1.25	0.41
Total	302.64	100

Una vez formuladas las bebidas tipo salmorejo, se sometieron a tratamiento térmico mediante dos métodos de pasteurización: Baño María y tecnología GASTROVAC, ambos aplicados a una temperatura de 65 °C durante 30 minutos.

4.6 Fase III: Mediciones Analíticas

4.6.1 Análisis fisicoquímicos

Para realizar los análisis fisicoquímicos fue necesario realizar una dilución 1:10 para cada bebida tipo salmorejo, utilizando 2 gramos de cada tratamiento y 20 ml de agua estéril, debido a que las bebidas presentaban una condición densa.

4.6.1.1 pH

La medición del pH se realizó utilizando un peachímetro (OHAUS STARTER 2100), previamente calibrado con soluciones buffer de pH 4 y 7. Las mediciones se efectuaron por triplicado, introduciendo el electrodo en un beaker que contenía la pulpa del fruto, así como las muestras de la bebida tipo salmorejo, tanto antes como después de la aplicación del tratamiento térmico. Al finalizar cada medición, el electrodo fue lavado cuidadosamente con agua destilada para evitar contaminaciones cruzadas.

4.6.1.2 Sólidos solubles

Para medir el contenido de sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital marca Milwaukee de 0 a 32 °Brix y se calibró entre cada medición con ayuda de agua destilada. Cada medición se realizó por triplicado, adicionando 1 gota de la pulpa del fruto y las muestras de la bebida tipo salmorejo, evaluadas tanto antes como después de aplicar el tratamiento térmico.

4.6.2 Análisis bromatológicos

4.6.2.1 Compuestos fenólicos totales

El contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) se realizó mediante el método de Folin-Ciocateau, de acuerdo con la metodología descrita por (Singleton y Rossi 1965). Este método es una técnica ampliamente utilizada para cuantificar la cantidad de fenoles totales en una muestra.

Para llevar a cabo las determinaciones se preparó una disolución inicial en tubos de ensayo con 10 mg del extracto en 10 mL de MeOH. De este extracto diluido se tomó 1mL por triplicado (es decir, 3 réplicas por muestra) al que se le añadieron 500µL del reactivo de Folin-Ciocalteu junto a 6 mL de agua destilada. Tras 5 minutos en agitación, se añadieron 1,5 mL de Na₂CO₃ (20%) y 1,9 mL de agua destilada, posteriormente se agitaron para homogeneizar la disolución. Las lecturas se llevaron a cabo mediante espectrofotometría molecular UV-visible a 760 nm durante 1 hora de incubación, utilizándose como blanco metanol. Se empleó una curva de calibración de ácido gálico y los resultados fueron expresados como eq de ácido gálico/g muestra.

4.6.2.2 Actividad antioxidante

- Método ABTS

Este método se basa en la decoloración del radical ABTS⁺ por su reducción a ABTS por la acción de antioxidantes. En este método, el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical ABTS⁺ viene determinado en función de la concentración

La actividad antioxidante frente a radicales libres ABTS se determinó por el método de (Stratil *et al.* 2006). Para llevar a cabo este método se preparó una mezcla (1:1: v/v) de ABTS (7mM) y persulfato potásico (4,95 mM). Tras calcularse las concentraciones del ABTS (0,134g) y de persulfato potásico (0,384g) se añadieron 100mL de agua destilada para homogeneizar y se dejó reposar durante 16h. Posteriormente, la muestra se diluyó para que la absorbancia tomara valores entre 1 – 1,5 (1,214) a 734nm. Una vez diluida la mezcla, se tomaron 0,1mL del extracto metanólico (por triplicado) y se adicionaron 3,9mL de la disolución de ABTS. Una vez hecho esto, se dejó en oscuridad durante 10 minutos y se midieron los valores de absorbancia a 734 nm (el blanco se realizó con el ABTS).

El porcentaje de inhibición (I%) se calculó usando la siguiente ecuación:

$$I (\%) = \frac{(A \text{ blanco} - A \text{ muestra})}{A \text{ muestra}} \times 100$$

4.6.2.3 Contenido de grasa

El porcentaje de grasa se determinó mediante el método Soxhlet, utilizando la metodología descrita por (Priego-López *et al.* 2003) con ligeras modificaciones. Se colocó una cantidad de 3 g de las muestras en estudio, en un dedal de celulosa (25 x 88 mm), que estaba conectado a un matraz de destilación que contenía 80 ml de n-hexano y 2-3 reguladores de ebullición de vidrio. Después de una extracción de 30 minutos, el disolvente (éter de petróleo) se liberó en un evaporador rotatorio y el extracto se secó bajo una corriente de nitrógeno, posteriormente cada muestra fue pesada para conocer su porcentaje de grasa.

El porcentaje de grasa se calculó usando la siguiente ecuación:

$$G(\%) = \frac{\text{Peso grasa extraída}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

4.6.2.4 Contenido de proteínas

La determinación del contenido de proteínas se realizó mediante el método de Kjeldahl (Delgado-Durán *et al.* 2025) analizando un total de 15 muestras junto con un blanco para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados.

- Mineralización o digestión

Cada muestra fue cuidadosamente pesada sobre papel carente de nitrógeno y transferida a los tubos correspondientes, mientras que en el blanco no se añadió ninguna muestra. Para aquellas muestras con tendencia a adherirse, se utilizó papel especial también libre de nitrógeno. Posteriormente, se adicionaron 2 g de K₂SO₄ y 1 g de CuSO₄ como catalizadores, seguidos de 100 mL de ácido sulfúrico concentrado (95,98%). Los tubos se colocaron en el bloque digestor, el cual se encendió junto con la bomba purificadora o *scrubber*, encargada de extraer y neutralizar los vapores tóxicos generados.

Durante los primeros 30 minutos, los tubos se calentaron a 300 °C, adquiriendo un color negro; luego, la temperatura se incrementó a 470 °C durante una hora, hasta obtener un color verde transparente. Tras completar la digestión, los tubos se dejaron enfriar y se añadieron 40 mL de agua destilada para disolver las sales de amonio, permitiendo un enfriamiento adicional antes de la destilación.

- Destilación del amoníaco (NH_3)

La destilación se efectuó tras la correcta limpieza, calibración y precalentamiento del destilador. Se añadieron automáticamente 50 mL de NaOH al 40%, generando vapor de

hidrógeno que arrastró el amoníaco liberado. Este fue condensado mediante un circuito de agua fría y recolectado en un matraz Erlenmeyer preparado para la valoración. Al finalizar la destilación, se limpió nuevamente el equipo para evitar contaminaciones.

- Valoración del amoníaco (NH_3)

Para cuantificar el amoníaco destilado, se incorporaron 35 mL de ácido bórico al 4% en el matraz que contenía el condensado, seguido de 0,5 mL del indicador verde de bromocresol. Este indicador cambia de color de amarillo a verde-azul al reaccionar con NH_3 , permitiendo la identificación del amoníaco liberado. La valoración se realizó mediante titulación con HCl, utilizando un pH-metro hasta recuperar el color amarillo, lo que indicó la neutralización completa del amoníaco y permitió cuantificar su contenido con exactitud. Finalmente, el porcentaje de proteína en cada muestra se calculó relacionando el volumen de HCl utilizado en la valoración con la masa de la muestra, mediante la ecuación:

$$P(\%) = \frac{N_{\text{HCL}} \times (V_m - V_b)}{(1000 \times \text{peso muestra})} \times 14 \times 6.25 \times 100$$

Donde:

N HCl: Normalidad del HCl valorador (equivalentes/L)

V_m (mL) = volumen de HCl valorado para la muestra

Vb (mL) = volumen de HCl valorado para el blanco

14 = peso atómico del N

6,25 = factor que se utiliza para convertir la cantidad de N en cantidad de proteína, asumiendo que la proteína contiene un 16% de N₂

m (g) = masa de la muestra

4.6.2.5 Contenido de humedad

Para la determinación del porcentaje de pérdida de humedad, se emplearon un total de 15 muestras, las cuales fueron pesadas individualmente para obtener el peso inicial.

Posteriormente, se colocaron en una incubadora (SELECTA MASTER) durante un periodo de 72 horas, bajo condiciones controladas que favorecieron la evaporación del contenido de agua. Transcurrido este tiempo, se procedió a realizar un nuevo pesaje de cada muestra con el fin de registrar el peso final. La diferencia entre el peso inicial y el peso final correspondió a la cantidad de agua perdida, y con estos datos se calculó el porcentaje de pérdida de humedad utilizando la siguiente ecuación:

$$H(\%) = \frac{\text{Peso Muestra Inicial} - \text{Peso Muestra Final}}{\text{Peso Muestra Inicial}} \times 100$$

4.6.2.6 Contenido de cenizas

Para la determinación del porcentaje de cenizas, se empleó el método gravimétrico mediante incineración en horno mufla. Se pesaron 3 gramos de cada muestra en crisoles previamente limpios, secos y tarados, registrando el peso inicial correspondiente. Posteriormente, las muestras fueron colocadas en el horno mufla (Thermo Scientific) y sometidas a una temperatura de 550 °C durante un periodo de 24 horas, con el fin de eliminar completamente la materia orgánica presente. Al finalizar el proceso de calcinación, los crisoles se retiraron cuidadosamente del horno y se dejaron enfriar durante 3 horas en un desecador, para evitar la absorción de humedad del ambiente. Una vez alcanzada la temperatura ambiente, se realizó

el pesaje final de los crisoles con el residuo mineral. El porcentaje de cenizas se determinó aplicando la siguiente ecuación:

$$C(\%) = \frac{\text{Peso ceniza}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

4.6.2.7 Contenido de azúcares

Para la determinación del porcentaje de azúcares, se empleó un procedimiento basado en la suma de los componentes proximales obtenidos experimentalmente. En este método, los valores correspondientes a cenizas, humedad, grasas y proteínas fueron integrados para estimar el contenido total de azúcares presentes en las muestras. El cálculo se efectuó aplicando la siguiente ecuación:

$$A(\%) = \%Cenizas + \%Humedad + \%Grasas + \%Proteínas$$

4.6.3 Análisis microbiológicos

4.6.3.1 Mohos y levaduras

Para el análisis microbiológico de mohos y levaduras, se inició con la preparación del medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA). Se pesaron 18.8 gramos del medio y se disolvieron en 800 mL de agua destilada, calentando la mezcla hasta una temperatura de 80 °C para asegurar su completa disolución. Posteriormente, el medio PDA se esterilizó en autoclave a 121°C durante 15 minutos, garantizando la eliminación de posibles contaminantes. Una vez enfriado hasta aproximadamente 45 °C, se añadió el suplemento de ácido tartárico, con el propósito de acidificar el medio y promover el crecimiento selectivo de hongos y levaduras, inhibiendo el desarrollo bacteriano. El medio ya preparado se vertió en placas Petri estériles, dejándose solidificar a temperatura ambiente. Finalmente, se procedió a la siembra de las muestras mediante la técnica de vertido en placa, incubándolas a °C durante 48 horas. Transcurrido el

periodo de incubación, se realizó el conteo de las colonias desarrolladas, expresando los resultados en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) de muestra.

4.6.3.2 Bacterias aerobias mesófilos

Para el análisis de aerobios mesófilos, se preparó el medio Plate Count Agar (PCA) pesando 18.8 g del medio y disolviéndolo en 800 mL de agua destilada, calentando la mezcla a 80 °C hasta su completa solubilización. El medio fue posteriormente esterilizado en autoclave a 121°C durante 15 minutos y, una vez enfriado a una temperatura aproximada de 45 °C, se vertió en placas Petri estériles. Las muestras fueron homogeneizadas y se realizaron

diluciones decimales seriadas para obtener concentraciones adecuadas para el recuento. Se inocularon alícuotas de las diluciones seleccionadas en las placas mediante la técnica de vertido en placa, incubándolas a 30 °C durante 48 horas en condiciones aerobias. Transcurrido el periodo de incubación, se efectuó el conteo de colonias desarrolladas, expresando los resultados en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) de muestra.

4.6.3.3 Enterobacterias

Para el análisis de coliformes fecales, se empleó el medio de cultivo Violet Red Bile Glucose Agar (VRBG). Se pesaron 37 gramos del medio y se disolvieron en 800 mL de agua destilada, calentando la mezcla a una temperatura de 80 °C hasta lograr su completa disolución. El medio preparado no se esterilizó en autoclave, con el fin de preservar la integridad de los compuestos selectivos y diferenciales presentes en su formulación. Una vez alcanzada la temperatura adecuada, se enfrió hasta aproximadamente 45–50 °C y se vertió en placas Petri estériles.

Las muestras fueron homogenizadas y se realizaron diluciones decimales seriadas, a partir de las cuales se inocularon alícuotas en las placas mediante la técnica de vertido en placa.

Las placas se incubaron a °C durante 24 horas, en condiciones aerobias, favoreciendo el crecimiento selectivo de bacterias termotolerantes del grupo coliforme.

4.6.3.4 *Pseudomonas spp.*

Para la determinación de *Pseudomonas spp.*, se utilizó el medio de cultivo Agar Cetrimide, empleado para el aislamiento selectivo de bacterias del género *Pseudomonas*. Se pesaron 25.2 gramos del medio y se disolvieron en 500 mL de agua destilada, calentando la mezcla a 80 °C durante 15 minutos para lograr una disolución completa. Posteriormente, el medio fue esterilizado en autoclave a 121 °C durante 15 minutos para eliminar posibles contaminantes.

Una vez enfriado a una temperatura aproximada de 45 °C, se añadieron 5 mL de glicerol y 1 ml del suplemento CCC, mezclando cuidadosamente para asegurar una distribución homogénea. El glicerol se incorporó como fuente adicional de carbono y energía, ya que favorece el crecimiento y metabolismo de las especies de *Pseudomonas*, permitiendo un desarrollo más óptimo de las colonias durante la incubación (Poblete-Castro *et al.* 2020).

Posteriormente, se procedió a preparar las diluciones decimales seriadas de las muestras, inoculando alícuotas mediante la técnica de vertido en placa. Las placas se incubaron a 30 °C durante 48 horas en condiciones aerobias. Al finalizar el periodo de incubación, se realizó la observación y conteo de las colonias características de *Pseudomonas spp.*, identificadas por su pigmentación verde-azulada fluorescente. Los resultados se expresaron en unidades formadoras de colonias por gramo (UFC/g) de muestra.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización de la pulpa de *Solanum diabolii*

En la **Tabla 5** se presentan los resultados de sólidos solubles, pH y viscosidad, obtenidos de la pulpa del fruto fresco *Solanum diabolii*. La muestra mostró un contenido de sólidos solubles de 12.53 ± 0.15 , pH de 4.15 ± 0.08 y una viscosidad de 3.78 ± 0.00 Pa.S. Estos valores son comparables con los reportados por García et al., (2010) quienes observaron en distintas especies del género *Solanum* valores de pH entre 4.2 a 4.4, lo que evidencia una estrecha relación con los resultados obtenidos en el presente estudio. Por su parte, Halim et al. (2017) afirma que el de contenido de sólidos solubles en frutos *Solanum nigrum* oscila entre 10% y 15%, resultados similares a los obtenidos en el estudio realizado con *Solanum diabolii*.

Hasta el momento, no se han reportado valores de viscosidad para la pulpa del fruto *Solanum nigrum* en la literatura científica consultada. Este hecho limita la comparación directa con el presente estudio; sin embargo, resalta la importancia de los resultados obtenidos para *Solanum diabolii*, al aportar información novedosa sobre las propiedades fisicoquímicas de especies del mismo género.

Tabla 5: Valores resultantes de las mediciones fisicoquímicas de la pulpa de *Solanum diabolii*.

Pulpa	Sólidos Solubles	pH	Viscosidad (mPa.S)
<i>Solanum diabolii</i>	12.53 ± 0.15	4.15 ± 0.08	3.78 ± 0.00

5.2 Efecto de los tratamientos térmicos GASTROVAC y Baño María sobre las propiedades química de las bebidas tipo salmorejo.

5.2.1 Sólidos solubles

En la **Tabla 6** se presentan los valores medios de sólidos solubles (°Brix) obtenidos en las formulaciones de salmorejo elaboradas con *Solanum diabolii*, tomate Pera y tomate Cherry, sometidas a diferentes tratamientos térmicos.

Tabla 6: Mediciones de sólidos solubles obtenidos en las bebidas tipo salmorejo antes y después del tratamiento térmico.

Tratamientos	Sin Pasteurizar	Pasteurizado	
	Sólidos Solubles	GASTROVAC	Baño María
		Sólidos Solubles	Sólidos Solubles
Salmorejo <i>S. diabolii</i> 75%	1.60 ± 0.23 ^{A, a}	1.30 ± 0.03 ^{B C, a}	0.70 ± 0.01 ^{E F, b}
Salmorejo T. Pera 75%	1.10 ± 0.08 ^{C D, a}	0.82 ± 0.01 ^{D E, b}	0.20 ± 0.02 ^{G, c}
Salmorejo T. Cherry 75%	1.40 ± 0.15 ^{A B, a}	1.05 ± 0.13 ^{C D, b}	0.40 ± 0.02 ^{F G, c}

Los datos se representan como valores medios ± desviación estándar (n = 3). ^{A, B, C, D, E, F, G} El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p <0,05). ^{a, b, c, d, e, f, g} El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p <0,05).

En la condición sin tratamiento térmico, la formulación con *S. diabolii* presentó el valor más alto de sólidos solubles (1.60 ± 0.23 °Brix), seguida por tomate Cherry (1.40 ± 0.15 °Brix) y tomate Pera (1.10 ± 0.08 °Brix). Estas diferencias se relacionan con la composición natural de azúcares y otros solutos en cada tipo de fruta, ya que los sólidos solubles incluyen no solo azúcares simples (glucosa, fructosa, sacarosa), sino también ácidos orgánicos, proteínas solubles y compuestos fenólicos Cantwell *et al.* (2022). En este contexto, la fruta *S. diabolii* mostró una mayor concentración de azúcares fermentables, lo que explica su valor superior

antes de los tratamientos térmicos. Al aplicar los tratamientos térmicos, se observó una disminución progresiva del contenido de sólidos solubles en todas las formulaciones. En el método GASTROVAC, los valores oscilaron entre 0.82 ± 0.01 y 1.30 ± 0.03 °Brix, mientras que en el tratamiento por Baño María se redujeron aún más, alcanzando valores de 0.20 ± 0.02 a 0.70 ± 0.01 °Brix. Estas reducciones se atribuyeron a la degradación térmica parcial de azúcares simples, a la evaporación de agua ya la posible caramelización leve bajo altas temperaturas (Toor y Savage 2006). Además, la pérdida de solutos solubles también pudo deberse a la recepción de compuestos coloidales y pectinas modificadas térmicamente, que alteraron la densidad del medio.

El método GASTROVAC permitió conservar una mayor proporción de sólidos solubles en comparación con el Baño María, debido a que el procesamiento bajo vacío redujo la temperatura de ebullición y redujo la reducción de azúcares sensibles al calor (Morales-de la Peña *et al.* 2016). Este comportamiento concuerda con lo reportado por González-Montelongo *et al.* (2010), quienes indicaron que tratamientos térmicos suaves preservan mejor los azúcares y compuestos reductores en frutas tropicales, manteniendo valores de °Brix más estables.

Por otro lado, la marcada reducción de sólidos solubles en las formulaciones tratadas para Baño María evidencia el efecto del calor húmedo prolongado, que favorece reacciones de Maillard y pérdida de compuestos volátiles asociados al sabor (Fernández-García *et al.*, 2012). Este fenómeno también se ha descrito en derivados de tomate, donde las etapas de pasteurización intensas generan una disminución del dulzor percibido y una ligera acidificación (Toydemir *et al.* 2022).

En general, los resultados demostraron que tanto la formulación como el método de pasteurización influyeron significativamente en el contenido de sólidos solubles. La formulación con *S. diabolii* conservó los valores más altos bajo todas las condiciones, lo que sugiere una composición más estable y resistente al calor. El tratamiento GASTROVAC se destacó como la técnica más eficaz para preservar los componentes solubles, manteniendo una mejor calidad fisicoquímica frente al método convencional de Baño María.

5.2.2 pH

En la **Tabla 7** se presentan los valores de pH obtenidos en las distintas formulaciones de salmorejo, estas mostraron variaciones leves según el tipo de materia prima y el tratamiento térmico aplicado. El salmorejo elaborado con *Solanum diabolii* presentó los valores más bajos de pH en todos los tratamientos, con un rango de 4.23 ± 0.25 a 4.55 ± 0.03 , evidenciando una mayor acidez en comparación con las formulaciones elaboradas a partir de tomate Pera y tomate Cherry, cuyos valores oscilaron entre 4.79 ± 0.14 y 4.92 ± 0.01 , respectivamente. Esta tendencia puede atribuirse al contenido natural de ácidos orgánicos presentes en el fruto *S. diabolii*, los cuales contribuyen a la reducción del pH en el producto final. Por ejemplo, Pereira *et al.* (2019) realizó un estudio enfocado en la caracterizaron de diferentes especies del género *Solanum*, observando un alto contenido de ácidos fenólicos, cítrico y málico, que incrementan la acidez y la estabilidad microbiológica de los productos derivados.

Tabla 7: Mediciones de pH obtenidos en las bebidas tipo salmorejo antes y después del tratamiento aplicado.

Tratamientos	Sin Pasteurizar	Pasteurizado	
	pH	GASTROVAC	Baño María
		pH	pH
Salmorejo <i>S. diabolii</i> 75%	4.23 ± 0.25 ^{D, a}	4.36 ± 0.04 ^{C D, a}	4.55 ± 0.03 ^{B C D, a}
Salmorejo T. Pera 75%	4.79 ± 0.14 ^{A B, a}	4.51 ± 0.05 ^{B C D, b}	4.71 ± 0.06 ^{A B C, a b}
Salmorejo T. Cherry 75%	4.92 ± 0.01 ^{A, a b}	4.65 ± 0.03 ^{A B C, b}	5.01 ± 0.23 ^{A, a}

Los datos se representan como valores medios $\pm$ desviación estándar (n = 3). ^{A, B, C, D, E, F, G} El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p <0,05). ^{a, b, c, d, e, f, g} El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p <0,05).

En relación con el efecto del tratamiento térmico, tanto el GASTROVAC como el baño maría provocaron ligeros cambios en el pH a comparación de las muestras sin tratamiento, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Un estudio realizado por Liberatore *et al.* (2021), demostró que los tratamientos térmicos en jugos y purés de frutas ocasionan un aumento marginal del pH debido a la pérdida de dióxido de carbono y a la degradación parcial de ácidos orgánicos durante el calentamiento. De igual forma, Bu *et al.* (2022) afirma que los procesos térmicos y los tratamientos combinados con CO₂ o presión hidrostática alteran las propiedades fisicoquímicas al modificar el equilibrio iónico y promover la desgasificación, lo que resulta en un leve incremento del pH sin cambios significativos en la composición global del alimento.

Al comparar los métodos de pasteurización, los resultados evidencian que el proceso con GASTROVAC que opera a presión reducida y temperatura controlada no generó diferencias significativas frente al tratamiento convencional en baño maría, Czarnowska-Kujawska *et al.* (2023), realizó un estudio en donde afirma que los procesos al vacío, como la cocción sous-vide o en equipos similares al GASTROVAC, preservan mejor los compuestos volátiles y las propiedades físico-químicas del producto, limitando las variaciones de pH respecto a los métodos convencionales.

Desde el punto de vista tecnológico y de inocuidad, los valores de pH obtenidos se encuentran dentro del rango de 4.2 a 5.0, clasificando al producto como de acidez media. Este comportamiento favorece la estabilidad microbiológica y reduce el riesgo de deterioro, tal como indica Atasoy *et al.* (2024) los productos vegetales con pH inferior a 4.6 presentan mayor seguridad microbiológica y una vida útil más prolongada bajo condiciones de refrigeración.

5.3 Caracterización bromatológica de las bebidas tipo salmorejo

5.3.1 Contenido de compuestos fenólicos

En la **Tabla 8** se presentan los resultados correspondientes al contenido de compuestos fenólicos en las muestras de salmorejo elaboradas a base de *Solanum diabolii*, Tomate Pera y Tomate Cherry, sometidas a los tratamientos térmicos GASTROVAC y Baño María.

Tabla 8: Contenido de Compuestos Fenólicos obtenidos en las bebidas tipo salmorejo antes y después del tratamiento aplicado.

Tratamientos	Sin Pasteurizar	Pasteurizado	
	Fenoles Totales (GAE/100 g)	GASTROVAC Fenoles Totales (GAE/100 g)	Baño María Fenoles Totales (GAE/100 g)
Salmorejo <i>S. diabolii</i> 75%	248.73 ± 0.04 ^{A, a b}	215.55 ± 18.34 ^{B, b}	271.73 ± 6.00 ^{A, a}
Salmorejo T. Pera 75%	73.95 ± 0.01 ^{B, b}	86.21 ± 5.52 ^{D, b}	113.40 ± 8.49 ^{C, a}
Salmorejo T. Cherry 75%	114.35 ± 0.03 ^{C, a}	137.02 ± 17.95 ^{C, a}	128.70 ± 16.86 ^{C, a}

Los datos se representan como valores medios ± desviación estándar (n = 3). ^{A, B, C, D, E, F, G} El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p <0,05). ^{a, b, c, d, e, f, g} El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p <0,05).

En la condición sin tratamiento térmico, la formulación con *Solanum diabolii* presentó el mayor contenido de fenoles totales (248,73 ± 0,04 mg GAE/100 g), seguida de la formulación con Tomate Pera (222,40 ± 0,01 mg GAE/100 g) y finalmente la formulación con Tomate Cherry (114,35 ± 0,03 mg GAE/100 g). Estos resultados indican que, antes de la aplicación de cualquier tratamiento térmico, el tipo de fruta empleada influyó significativamente en el contenido fenólico del producto final. Este comportamiento coincidió con lo reportado por Pacheco-palencia *et al.* (2007), quienes observaron que la variedad y el grado de madurez de los tomates afectan de manera determinante el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante del producto procesado.

Posteriormente, al aplicar el tratamiento térmico mediante GASTROVAC, se observó una reducción notable de los fenoles totales en las tres formulaciones. La formulación con

Solanum diabolii redujo a 215.55 ± 18.34 mg GAE/100 g, mientras que la de Tomate Pera presentó una reducción más drástica (86.21 ± 5.52 mg GAE/100 g) y la de Tomate Cherry alcanzó 137.02 ± 17.95 mg GAE/100 g. Estas disminuciones se asociaron con la degradación térmica de los compuestos fenólicos, un efecto ampliamente documentado durante los procesos de pasteurización en matrices vegetales (Toor y Savage 2006). Dichas pérdidas se explicaron por el posible deterioro térmico de compuestos sensibles, la oxidación de fenoles libres y la polimerización con otras macromoléculas de la matriz alimentaria.

Por otra parte, el tratamiento por Baño María produjo un comportamiento diferente, la formulación con *Solanum diabolii* presentó un aumento del contenido fenólico (271.73 ± 6.00 mg GAE/100 g), superando incluso al valor sin pasteurizar. En tanto, las formulaciones con Tomate Pera (113.40 ± 8.49 mg GAE/100 g) y Tomate Cherry (128.70 ± 16.86 mg GAE/100 g) mostraron variaciones menos marcadas. El incremento observado en la formulación *Solanum diabolii* podría atribuirse a la liberación de compuestos fenólicos previamente ligados a la matriz celular durante el tratamiento térmico, fenómeno también descrito por Dewanto *et al.* (2002), Tomás-Barberán y Espín (2001), quienes reportaron que el calor moderado favorece la división de estructuras de pared vegetal y aumenta la extractabilidad de fenoles ligados.

La comparación entre los métodos de pasteurización indicó que GASTROVAC produjo mayores pérdidas de fenoles que el Baño María. Esta diferencia se debió posiblemente a la variación en los parámetros de presión y temperatura empleados. Estudios previos en derivados de tomate mostraron que procesos térmicos prolongados a baja presión pueden incrementar la lixiviación de compuestos fenólicos y la oxidación catalítica (Lichanporn y Techavuthiporn 2013). En cambio, el Baño María, al emplear un calentamiento más uniforme y estable, pudo favorecer una liberación gradual de compuestos fenólicos sin causar su degradación excesiva (Sánchez Ávila *et al.* 2007).

5.3.2 Actividad antioxidante

En la **Tabla 9** se presentan los valores de actividad antioxidante (expresados en % de inhibición ABTS) obtenidos para las tres formulaciones de salmorejo elaboradas con *Solanum diabolii*, Tomate Pera y Tomate Cherry, bajo condiciones de tratamiento térmico, por método GASTROVAC y Baño María.

Tabla 9: Porcentaje de inhibición en las bebidas tipo salmorejo antes y después del tratamiento aplicado.

Tratamientos	Sin Pasteurizar	Pasteurizado	
	Porcentaje de inhibición	GASTROVAC Porcentaje de inhibición	Baño María Porcentaje de inhibición
Salmorejo <i>S. diabolii</i> 75%	57.89 ± 0.02 ^{A B C, a b}	60.77 ± 4.06 ^{A, a}	47.58 ± 3.42 ^{B C D, b}
Salmorejo T. Pera 75%	1.12 ± 0.01 ^{E, b}	59.41 ± 5.48 ^{A B C, a}	45.20 ± 3.31 ^{C D, a}
Salmorejo T. Cherry 75%	1.12 ± 0.01 ^{E, c}	35.41 ± 4.32 ^{D, a}	23.31 ± 2.39 ^{E, b}

Los datos se representan como valores medios ± desviación estándar (n = 3). ^{A, B, C, D, E, F, G} El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p <0,05). ^{a, b, c, d, e, f, g} El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p <0,05).

En la condición sin tratamiento térmico, la formulación con *S. diabolii* presentó la mayor actividad antioxidante (57.89 ± 0.02 %), mientras que las formulaciones con Tomate Pera y Tomate Cherry mostraron valores considerablemente menores (1.12 ± 0.01 %). Esto evidenció que la fruta *S. diabolii* aportó una mayor concentración de compuestos reductores y radicalarios activos, lo cual coincidió con su elevado contenido de fenoles totales reportado previamente. Estudios similares han demostrado que las matrices vegetales con mayor contenido fenólico presentan una compresión directa con la capacidad antioxidante (Dewanto *et al.* 2002, Liu 2004).

Tras la aplicación de los tratamientos térmicos, se observaron variaciones significativas en la capacidad antioxidante de las formulaciones. En el caso del tratamiento GASTROVAC, la formulación con *S. diabolii* alcanzó el valor más alto (60,77 ± 4,06 %), seguida por Tomate Pera (59,41 ± 5,48 %) y Tomate Cherry (35,41 ± 4,32 %). Estos resultados indican que el calentamiento controlado bajo vacío favoreció la liberación de compuestos fenólicos o

carotenoides ligados a la matriz vegetal, mejorando la capacidad antioxidante. Este comportamiento fue consistente con lo señalado por Dewanto *et al.* (2002), quienes demostraron que el tratamiento térmico moderado incrementa la actividad antioxidante en tomates debido a una mayor disponibilidad de licopeno y otros antioxidantes termorresistentes.

Seguidamente, las muestras pasteurizadas mediante Baño María mostraron valores más bajos de actividad antioxidante en todas las formulaciones: *S. diaboli* ($47,58 \pm 3,42$ %), Tomate Pera ($45,20 \pm 3,31$ %) y Tomate Cherry ($23,31 \pm 2,39$ %). La reducción observada pudo atribuirse a la degradación térmica de compuestos fenólicos sensibles y la oxidación de pigmentos antioxidantes como el licopeno o la β -carotina, tal como se ha documentado en productos vegetales sometidos a tratamientos térmicos prolongados (Toor y Savage 2006, Odriozola-Serrano *et al.* 2008). Estos hallazgos sugieren que el Baño María, al utilizar temperaturas relativamente elevadas y mayor tiempo de exposición, promovió la pérdida parcial de componentes bioactivos.

La comparación general entre ambos métodos térmicos evidencia que GASTROVAC conservó mejor la capacidad antioxidante que el Baño María. Este comportamiento se explica por las condiciones de vacío y menor punto de ebullición empleadas en GASTROVAC, que redujeron la exposición al oxígeno y evitaron la degradación oxidativa de los compuestos antioxidantes. Según Pedro Antonio *et al.* (2024), el procesamiento en atmósferas reducidas de oxígeno y con temperaturas moderadas resulta más eficaz para preservar antioxidantes y fenoles en matrices vegetales como tomate y pimiento.

La formulación con *S. diaboli* demostró la mayor capacidad antioxidante bajo todas las condiciones evaluadas, reforzando su potencial funcional para el desarrollo de productos alimentarios con propiedades saludables. Asimismo, el tratamiento mediante GASTROVAC se destacó como el mejor tratamiento térmico para preservar o potenciar los compuestos bioactivos

5.3.3 Contenido de grasa

En la **Tabla 10** se reflejan los valores de contenido de grasa obtenidos de las bebidas tipo salmorejo a base de *Solanum diabolii*, Tomate Pera y Tomate Cherry, sometidas a tratamiento térmico GASTROVAC y Baño María.

Tabla 10: Porcentaje del contenido de grasa en las bebidas tipo salmorejo antes y después del tratamiento térmico.

Tratamientos	Sin Pasteurizar	Pasteurizado	
	Contenido Grasa (%)	GASTROVAC	Baño María
		Contenido Grasa (%)	Contenido Grasa (%)
Salmorejo <i>S. diabolii</i> 75%	3.33 ± 0.17 A, a	0.61 ± 0.11 C, b	0.24 ± 0.10 C, c
Salmorejo T. Pera 75%	0.62 ± 0.10 C, a	0.33 ± 0.10 C, b	0.50 ± 0.07 C, a b
Salmorejo T. Cherry 75%	1.67 ± 0.03 B, a	0.60 ± 0.34 C, b	0.60 ± 0.28 C, b

Los datos se representan como valores medios $\pm$ desviación estándar (n = 3). A, B, C, D, E, F, G El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p < 0,05). a, b, c, d, e, f, g El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p < 0,05).

En la condición sin tratamiento térmico, la formulación con *S. diabolii* registró el mayor contenido de grasa (3.33 ± 0.17 %), seguida por la formulación con Tomate Cherry (1.67 ± 0.03 %) y, finalmente, la formulación con Tomate Pera (0.62 ± 0.10 %). Este comportamiento indicó que el tipo de fruta utilizada influyó significativamente en la composición lipídica del producto. En particular, la fruta *S. diabolii* presentó una mayor fracción de compuestos grasos asociados a su matriz vegetal, lo que podría explicar su valor más elevado. De manera similar, Sayago-Ayerdi *et al.* (2021) reportaron que frutas tropicales con alto contenido de aceites naturales poseen una proporción relevante de ácidos grasos insaturados, principalmente oleico y linoleico, los cuales contribuyen a mejorar la textura y valor nutricional de los alimentos.

Después de aplicar los tratamientos térmicos, se observó una disminución significativa del contenido de grasa en todas las formulaciones. En el tratamiento GASTROVAC, los valores variaron entre 0.33 ± 0.10 % y 0.61 ± 0.34 %, mientras que bajo Baño María oscilaron entre 0.24 ± 0.10 % y 0.60 ± 0.28 %. La reducción del contenido graso se atribuyó a fenómenos de separación de fases y degradación parcial de la fracción lipídica durante la exposición al calor. Según Sun *et al.* (2021), la aplicación de altas temperaturas o tiempos prolongados de pasteurización puede provocar la hidrólisis de triglicéridos y la oxidación de ácidos grasos, lo que ocasiona pérdidas en el contenido de grasa total detectable.

Asimismo, la disminución más marcada observada en el tratamiento por Baño María podría explicarse por el uso de temperaturas más elevadas y mayor tiempo de exposición, lo que favoreció la ruptura de la emulsión entre el aceite y la fase acuosa del salmorejo. Continuando con el método GASTROVAC, al operar bajo condiciones de vacío y temperaturas más suaves, permitió conservar en mayor medida la estabilidad de la emulsión y, por fin, una fracción lipídica superior. Este comportamiento coincidió con lo descrito por Aruchunan *et al.* (2025), quienes observaron que los tratamientos bajo vacío reducen la oxidación lipídica y preservan la textura y homogeneidad en emulsiones vegetales.

Los resultados evidenciaron que tanto la formulación como el tratamiento térmico afectaron significativamente el contenido de grasa del producto final. La formulación con *S. diaboli* mantuvo los valores más altos bajo todas las condiciones, lo que sugiere una composición intrínsecamente más rica en lípidos estructurales. Además, las pérdidas observadas tras el calentamiento podrían estar relacionadas con la desnaturalización de proteínas que estabilizan la emulsión o con la ruptura de membranas celulares que liberan lípidos libres, los cuales se separan durante el proceso térmico (Kapoor *et al.* 2019)

Ambos tratamientos térmicos provocaron una disminución significativa del contenido de grasa en las formulaciones de salmorejo, siendo el método GASTROVAC el que mejor preservó la fracción lipídica. La formulación con *S. diaboli* destacó por su mayor contenido graso inicial y su resistencia a la pérdida lipídica tras el tratamiento, lo que la posicionó como la alternativa más estable y con mayor potencial nutricional.

5.3.4 Porcentaje de proteínas

En la **Tabla 11** se presentan los valores del contenido de proteína de las formulaciones de salmorejo elaboradas con *Solanum diabolii*, Tomate Pera y Tomate Cherry, bajo condiciones de tratamiento térmico, mediante el sistema GASTROVAC y Baño María.

Tabla 11: Contenido proteico en las bebidas tipo salmorejo antes y después del tratamiento térmico.

Tratamientos	Sin Pasteurizar	Pasteurizado	
	Contenido Proteína (%)	GASTROVAC	Baño María
		Contenido Proteína (%)	Contenido Proteína (%)
Salmorejo S. diabolii 75%	28.90 ± 0.03 ^{D, b}	45.52 ± 0.05 ^{A, a}	29.07 ± 0.60 ^{D, b}
Salmorejo T. Pera 75%	0.00 ± 0.00 ^{G, c}	21.34 ± 0.11 ^{E, b}	43.03 ± 0.60 ^{B, a}
Salmorejo T. Cherry 75%	0.00 ± 0.00 ^{G, c}	12.28 ± 0.35 ^{F, b}	36.75 ± 0.57 ^{C, a}

Los datos se representan como valores medios ± desviación estándar (n = 3). ^{A, B, C, D, E, F, G} El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p < 0,05). ^{a, b, c, d, e, f, g} El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p < 0,05).

En los resultados de las bebidas sin tratamiento térmico, la formulación con *S. diabolii* registró el mayor contenido proteico (28.90 ± 0.03 %), mientras que las formulaciones con Tomate Pera y Tomate Cherry no presentaron valores detectables (0.00 ± 0.00 %). Estos resultados evidenciaron que la fruta *S. diabolii* aportó una fracción proteica significativa al producto, posiblemente asociada a su matriz estructural y composición natural. En estudios previos, Kapoor *et al.* (2019), Dhama *et al.* (2023) señalaron que diversas frutas tropicales contienen proteínas estructurales y enzimáticas que contribuyen a su valor nutricional, las cuales pueden conservarse parcialmente en productos semiprosesados

Tras la aplicación de los tratamientos térmicos, se observó una variación notable en el contenido proteico entre las formulaciones. En el tratamiento GASTROVAC, la formulación

con *S. diabolii* alcanzó el valor más alto ($45,52 \pm 0,05$ %), seguida por Tomate pera ($21,34 \pm 0,11$ %) y Tomate Cherry ($12,28 \pm 0,35$ %). Este incremento respecto a la condición sin tratamiento térmico se explica por la concentración de sólidos generados durante el tratamiento al vacío, lo que reduce la pérdida de nutrientes por evaporación. Además, el calentamiento controlado a baja presión favoreció la desnaturalización parcial de proteínas, lo que mejora su solubilidad y disponibilidad para el método de cuantificación empleado Toydemir *et al.* (2022), Morales-de la Peña *et al.* (2016).

Por otra parte, en el tratamiento por Baño María se observaron valores altos de proteína en todas las formulaciones, aunque en menor medida que en GASTROVAC. La formulación con *S. diabolii* presentó 29.07 ± 0.60 %, Tomate Pera 43.03 ± 0.60 % y Tomate Cherry 6.75 ± 0.57 %. Estos resultados indicaron que el calor húmedo prolongado del Baño María provocó cambios estructurales en las proteínas, mejorando su detectabilidad analítica, pero pudiendo afectar su funcionalidad biológica. Según Sun *et al.* (2021), la exposición prolongada a temperaturas superiores a 80 °C puede promover reacciones de Maillard y pérdida de aminoácidos esenciales, aunque también puede incrementar la disponibilidad de péptidos solubles medidos por métodos colorimétricos

El incremento de proteínas observado en las formulaciones pasteurizadas se debió, además, a la concentración del producto ocasionada por la evaporación del agua durante el tratamiento térmico, lo que aumentó la proporción relativa de macronutrientes. Este efecto ha sido descrito por González-Montelongo *et al.* (2010), reportaron un aumento aparente de proteínas tras el calentamiento de productos vegetales debido a la reducción del contenido de humedad ya que la mayor exposición de proteínas ligadas a la pared celular.

En términos comparativos, el tratamiento GASTROVAC permitió conservar un mayor contenido proteico total en la formulación de *S. diabolii*, mientras que el Baño María mostró una ventaja para Tomate Pera y Tomate Cherry. Estas diferencias se deben a la interacción de las proteínas con otros componentes de la matriz, como los compuestos fenólicos o lípidos, los cuales modifican su estabilidad térmica y solubilidad (Pedro Antonio *et al.* 2024).

En general, los resultados reflejan que el tipo de fruta y la tecnología del tratamiento térmico tuvo un efecto significativo sobre el contenido proteico final del producto. La formulación con *S. diabolii* mostró el mayor valor nutricional, destacándose como una fuente potencial de proteínas vegetales en productos tipo salmorejo. Además, el método GASTROVAC se presentó como una alternativa tecnológica eficaz para preservar proteínas y otros compuestos termolábiles, al minimizar los efectos negativos del calentamiento excesivo y la oxidación.

5.3.5 Contenido de cenizas

En la **Tabla 12** se presentan los valores del contenido de cenizas para las formulaciones de salmorejo elaboradas con *Solanum diabolii*, Tomate Pera y Tomate Cherry, sometidas a tratamiento térmico GASTROVAC y pasteurizado por Baño María.

Tabla 12: Contenido de cenizas en las bebidas tipo salmorejo antes y después del tratamiento térmico.

Tratamientos	Sin Pasteurizar	Pasteurizado	
	Contenido Cenizas (%)	GASTROVAC Contenido Cenizas (%)	Baño María Contenido Cenizas (%)
Salmorejo <i>S. diabolii</i> 75%	0.96 ± 0.07 ^{A, a}	0.91 ± 0.01 ^{A, b}	0.86 ± 0.01 ^{A, c}
Salmorejo T. Pera 75%	0.64 ± 0.01 ^{A, a}	0.80 ± 0.25 ^{A, a}	0.63 ± 0.03 ^{A, a}
Salmorejo T. Cherry 75%	0.79 ± 0.05 ^{A, a}	0.90 ± 0.01 ^{A, a}	0.77 ± 0.17 ^{A, a}

Los datos se representan como valores medios ± desviación estándar (n = 3). ^{A, B, C, D, E, F, G} El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p < 0,05). ^{a, b, c, d, e, f, g} El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p < 0,05).

En la condición sin tratamiento térmico, la formulación con *S. diabolii* presentó el mayor contenido de cenizas (0,96 ± 0,07 %), seguida por Tomate Cherry (0,79 ± 0,05 %) y Tomate pera (0,64 ± 0,01 %). Estos resultados reflejaron que la composición mineral del producto dependió directamente del tipo de fruta empleada, pues el contenido de cenizas está asociado a la concentración de minerales como calcio, potasio, magnesio y fósforo presentes en la

materia prima (Saraiva *et al.* 2019). En este sentido, la fruta *S. diabolii* evidencia un perfil mineral más concentrado, lo cual concuerda con observaciones de Elvira-Torales *et al.* (2019), quien señaló que los frutos silvestres suelen presentar altos niveles de minerales esenciales debido a la fertilidad del suelo y la acumulación de nutrientes en su pulpa.

Tras la aplicación de los tratamientos térmicos, se observaron ligeras variaciones en el contenido de cenizas, sin diferencias estadísticamente significativas entre los métodos. En el tratamiento GASTROVAC, los valores oscilaron entre 0.80 ± 0.25 % y 0.91 ± 0.01 %, mientras que en el tratamiento por Baño María variaron de 0.63 ± 0.03 % a 0.86 ± 0.01 %. Estas variaciones mínimas indican que el procesamiento térmico no produce pérdidas sustanciales de minerales, debido a que los compuestos inorgánicos son estables frente al calor (Park *et al.* 2014). El método GASTROVAC permitió conservar ligeramente mayores valores de cenizas en comparación con el Baño María, lo que se atribuyó a que el tratamiento bajo vacío redujo la exposición a la oxidación y la posible pérdida de sales minerales solubles por ebullición. Además, al emplear temperaturas más bajas y tiempos cortos de tratamiento, el sistema GASTROVAC minimizó la lixiviación de componentes minerales desde la matriz vegetal hacia el líquido circundante. Este comportamiento coincidió con los hallazgos de Pedro Antonio *et al.* (2024), quien destacó que los tratamientos térmicos suaves favorecen la retención de micronutrientes en productos vegetales.

Los resultados demostraron que el contenido de cenizas permaneció relativamente estable independientemente del tipo de tratamiento térmico, confirmando que los minerales presentan una alta resistencia a los métodos de tratamiento térmico. Sin embargo, la formulación con *S. diabolii* se mantuvo consistentemente el valor más elevado en todas las condiciones, lo que indicó una mayor riqueza mineral atribuida a la composición intrínseca de la fruta. Este resultado es relevante, ya que el contenido de cenizas está directamente relacionado con el valor mineral del producto, contribuyendo a su potencial como alimento funcional.

5.3.6 Contenido de humedad

En la **Tabla 13** se presentan los valores del contenido de humedad de las formulaciones de salmorejo a partir de *Solanum diabolii*, Tomate Pera y Tomate Cherry, sometidas a tratamiento térmico, mediante el sistema GASTROVAC y pasteurizado por Baño María.

Tabla 13: Contenido de humedad en las bebidas tipo salmorejo antes y después del tratamiento térmico.

Tratamientos	Sin Pasteurizar	Pasteurizado	
	Contenido Humedad (%)	GASTROVAC	Baño María
		Contenido Humedad (%)	Contenido Humedad (%)
Salmorejo <i>S. diabolii</i> 75%	49.15 ± 0.07 ^{D, a}	50.37 ± 0.72 ^{C D, b}	52.34 ± 0.21 ^{C, b}
Salmorejo T. Pera 75%	80.80 ± 0.04 ^{A, a}	71.46 ± 0.10 ^{B, b}	45.09 ± 0.96 ^{E, c}
Salmorejo T. Cherry 75%	74.00 ± 0.11 ^{B, a}	73.01 ± 0.46 ^{B, a}	39.16 ± 1.81 ^{F, a}

Los datos se representan como valores medios ± desviación estándar (n = 3). A, B, C, D, E, F, G El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p < 0,05). a, b, c, d, e, f, g El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p < 0,05).

En la condición sin tratamiento térmico la formulación con Tomate Pera presentó el valor más alto de humedad (80.80 ± 0.04 %), seguida de Tomate Cherry (74.00 ± 0.11 %) y *S. diabolii* (49.15 ± 0.07 %). Estas diferencias se asociaron con el contenido inicial de agua propio de cada fruta empleada, ya que los tomates y otras frutas carnosas suelen poseer una elevada proporción de agua libre, mientras que *S. diabolii* presenta una matriz más densa y menor porcentaje de agua estructural. De acuerdo con Cantwell *et al.* (2022) el contenido de humedad de los frutos varía ampliamente según la especie, la madurez y la proporción de sólidos solubles.

Al aplicar los tratamientos térmicos, se observó una disminución general del contenido de humedad, más evidente en las muestras pasteurizadas por Baño María. En el sistema

GASTROVAC, los valores oscilaron entre $50.37 \pm 0.72 \%$ y $73.01 \pm 0.46 \%$, mientras que en el tratamiento por Baño María se redujeron hasta valores entre $39.16 \pm 1.81 \%$ y $52.34 \pm 0.21 \%$. Esta reducción se explica por la pérdida de agua durante la exposición térmica, debido a la evaporación parcial de la fracción líquida ya la desnaturalización de proteínas y polisacáridos que retienen agua en la matriz alimentaria (Morales-de la Peña *et al.* 2016).

La disminución más marcada observada en el tratamiento por Baño María pudo deberse al uso de temperaturas elevadas y tiempos prolongados de calentamiento, que promovieron la liberación de agua libre y la deshidratación estructural, mientras que el método GASTROVAC al operar a menor temperatura y baja presión reducida permitió retener una mayor cantidad de humedad. Resultados similares fueron reportados por Park *et al.* (2014, Pedro Antonio *et al.* (2024), quienes señalan que los tratamientos térmicos bajo vacío limitan la pérdida de agua y mantienen la jugosidad del producto al reducir el gradiente de presión interna.

La pérdida de humedad afecta la textura, viscosidad y estabilidad del salmorejo, ya que el agua actúa como medio dispersante y estabilizador de la emulsión formada por lípidos, proteínas y azúcares. Según Meléndez-Martínez *et al.* (2023), los tratamientos térmicos prolongados pueden alterar la estructura coloidal y disminuir la capacidad de retención de agua, afectando la consistencia del producto final.

Los resultados indicaron que el tratamiento GASTROVAC conservó mejor la humedad que el Baño María, mientras que la formulación con Tomate Pera fue la más susceptible a las pérdidas de agua durante el proceso. Estos hallazgos demostraron que el tratamiento térmico influye directamente en el equilibrio de humedad del producto, un parámetro crítico para la estabilidad físico-química, sensorial y microbiológica de bebidas tipo salmorejo.

5.3.7 Contenido de azúcares

En la **Tabla 14** se muestran los valores de contenido de azúcares (%) obtenidos para las formulaciones de salmorejo elaboradas con *Solanum diabolii*, Tomate Pera y Tomate Cherry, sometidas a condiciones de tratamiento térmico GASTROVAC y pasteurizado por Baño María.

Tabla 14: Contenido de azucares en las bebidas tipo salmorejo antes y después del tratamiento térmico.

Tratamientos	Sin Pasteurizar	Pasteurizado	
	Contenido Azúcares (%)	GASTROVAC	Baño Maria
		Contenido Azúcares (%)	Contenido Azúcares (%)
Salmorejo <i>S. diabolii</i> 75%	17.66 ± 0.03 ^{B, a}	2.61 ± 0.56 ^{E, b}	17.51 ± 0.48 ^{B, a}
Salmorejo T. Pera 75%	17.94 ± 0.08 ^{B, a}	6.09 ± 0.15 ^{D, c}	10.73 ± 1.53 ^{C, b}
Salmorejo T. Cherry 75%	23.53 ± 0.08 ^{A, a}	13.23 ± 0.47 ^{C, b}	22.72 ± 1.35 ^{A, a}

Los datos se representan como valores medios ± desviación estándar (n = 3). ^{A, B, C, D, E, F, G} El valor medio con diferentes superíndices en cada fila difiere significativamente (p <0,05). ^{a, b, c, d, e, f, g} El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente (p <0,05).

En las muestras sin tratamiento térmico, el salmorejo preparado con Tomate Cherry presentó el mayor contenido de azúcares (23,53 ± 0,03 %), seguido por las formulaciones con Tomate Pera (17,94 ± 0,08 %) y *S. diabolii* (17,66 ± 0,08 %). Este comportamiento se relacionó con la composición natural de las frutas utilizadas, ya que el Tomate tipo Cherry contiene mayores concentraciones de azúcares simples como glucosa y fructosa, lo que contribuye a su característico sabor dulce (Dorais *et al.* 2008). Por el contrario, *S. diabolii* presentó un perfil menos azucarado, lo que explica su menor valor inicial.

Tras aplicar los tratamientos térmicos se observarán cambios notorios. En el sistema GASTROVAC, los valores disminuyeron de forma importante: *S. diabolii* bajó a 2.61 ± 0.56 %, Tomate pera a 6.09 ± 0.15 %, y Tomate Cherry a 13.23 ± 0.47 %. Esta reducción se

involucra principalmente con la degradación térmica de azúcares reductores y su participación en reacciones de Maillard o caramelización, las cuales son frecuentes durante el calentamiento de matrices vegetales (Toor y Savage 2006). Además, el vacío aplicado en el sistema GASTROVAC pudo facilitar la evaporación parcial de algunos compuestos solubles, generando una pérdida aparente de azúcares.

Por otro lado, las muestras por Baño María conservaron una mayor proporción de azúcares, especialmente en las formulaciones con Tomate Cherry ($22,72 \pm 1,35 \%$) y *S. diabolii* ($17,51 \pm 0,48 \%$). El calentamiento húmedo y controlado propio de este método reduce la exposición de los azúcares a temperaturas extremas, evitando su degradación. Este comportamiento coincide con lo descrito por Odriozola-Serrano *et al.* (2008), quienes encontraron que tratamientos térmicos suaves en productos derivados del tomate no alteran significativamente el equilibrio de azúcares ni la relación glucosa/fructosa.

En general, el Baño María resultó más eficaz para preservar los azúcares naturales del producto, mientras que el tratamiento GASTROVAC ocasionó una mayor reducción. Esta diferencia se atribuyó a la operación bajo vacío ya la menor presión, que favorecen la pérdida de compuestos volátiles o solubles. Desde el punto de vista tecnológico, estos azúcares juegan un papel esencial en el sabor y la aceptabilidad sensorial del salmorejo, además de intervenir en su viscosidad y color. De acuerdo con Mantzourani *et al.* (2024), Dewanto *et al.* (2002), las pérdidas de azúcares durante el procesamiento térmico pueden afectar el dulzor percibido, aunque en algunos casos contribuyen a la formación de compuestos aromáticos agradables producto de la caramelización.

En general la formulación elaborada con Tomate Cherry mantuvo el mayor contenido de azúcares en todas las condiciones, lo que refuerza su potencial como base para salmorejos con un perfil sensorial más dulce y equilibrado. Entre los tratamientos térmicos, el método de Baño María se destacó por preservar mejores los azúcares.

5.4 Análisis microbiológicos de las bebidas tipo salmorejo

En la **Figura 1** se observan los resultados obtenidos en los recuentos microbianos de las bebidas tipo salmorejo elaboradas a partir de *Solanum diabolii*, Tomate Pera y Tomate Cherry sometidas a los tratamientos térmicos GASTROVAC y Baño María.

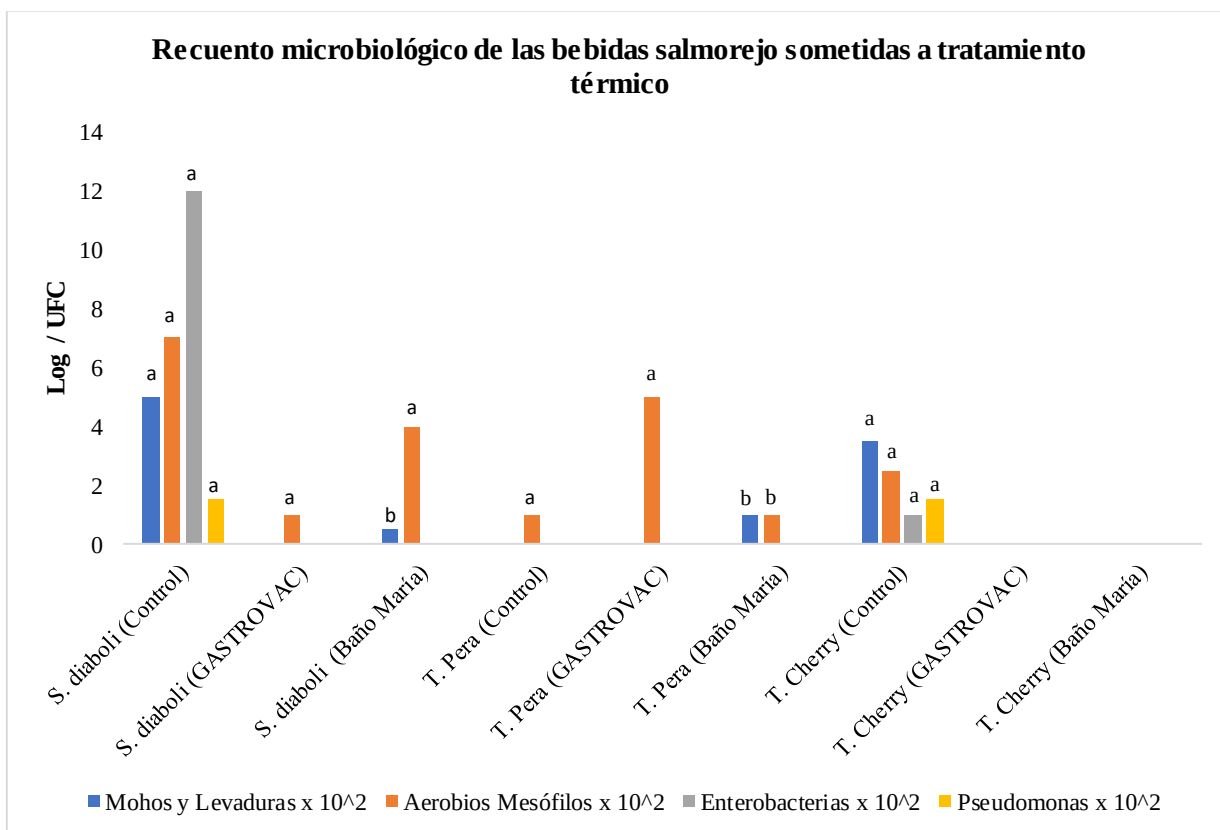


Figura 1: Recuento microbiológico de las bebidas tipo salmorejo a base de *Solanum diabolii*, Tomate Pera y Tomate Cherry, sometidas a los tratamientos térmicos GASTROVAC y Baño María.

Las bebidas elaboradas con *S. diabolii* presentaron los valores más altos de recuento microbiano en el control, alcanzando un valor de 12 log UFC/g para Enterobacterias. y 5 log UFC/g para mohos y levaduras. Sin embargo, tras la aplicación de los tratamientos térmicos, especialmente Baño María, se observó una disminución en todos los grupos microbianos, destacando reducciones superiores al 90 % en la mayoría de los microorganismos evaluados.

Estas diferencias fueron estadísticamente significativas ($p < 0.05$), como lo indican las letras distintas sobre las barras.

En el caso del tratamiento GASTROVAC, aunque se observó una disminución del crecimiento microbiano respecto al control, los valores se mantuvieron relativamente superiores en comparación con Baño María, lo que podría deberse a la menor temperatura o menor tiempo efectivo de exposición térmica bajo condiciones de vacío. Según Nawawi *et al.* (2023) los tratamientos con vacío reducen el punto de ebullición y, por tanto, la temperatura efectiva del calentamiento, lo que limita la inactivación total de microorganismos mesófilos.

Por su parte, las formulaciones elaboradas con Tomate Pera y Tomate Cherry presentaron menores recuentos microbianos en todas las condiciones evaluadas. Los valores de mohos y levaduras oscilaron entre 0 y 3.5 log UFC/g, respectivamente. Las *Pseudomonas spp.* y enterobacterias fueron prácticamente indetectables tras la aplicación del tratamiento térmico, especialmente bajo Baño María. Esto coincide con lo reportado por Petruzzi *et al.* (2017), quien señaló que los tratamientos térmicos entre 70 °C y 90 °C durante 10 a 20 min logran una reducción significativa de microorganismos deteriorantes en productos vegetales semilíquidos.

En general, estos resultados demuestran que el tratamiento térmico por Baño María fue el más efectivo en la disminución de la carga microbiana total, seguido del GASTROVAC, mientras que las muestras control sin tratamiento mostraron los mayores niveles de contaminación. En consecuencia, el tratamiento térmico tradicional resultó más eficiente para garantizar la estabilidad microbiológica y la inocuidad de las bebidas tipo salmorejo.

VI. CONCLUSIONES

Las propiedades fisicoquímicas de las bebidas variaron según el tratamiento térmico aplicado. El método GASTROVAC permitió conservar mayor contenido de sólidos solubles y mantener valores de pH estables debido a su operación bajo vacío, reduciendo degradaciones térmicas. En contraste, Baño María provocó mayores pérdidas de sólidos solubles, pero aumentó ligeramente el pH.

Las características bromatológicas evidenciaron que *Solanum diabolii* posee el mayor potencial funcional entre las materias primas estudiadas. Las formulaciones con *S. diabolii* mostraron el contenido más alto de compuestos fenólicos y actividad antioxidante, incluso después de aplicar tratamientos térmicos. El método Baño María aumentó significativamente la liberación de fenoles ligados en *S. diabolii*, mientras que GASTROVAC conservó mejor la capacidad antioxidante total.

Ambos tratamientos térmicos (GASTROVAC y Baño María) demostraron ser efectivos en la reducción de la carga microbiana de la bebida tipo salmorejo a base de *Solanum diabolii*. No obstante, el tratamiento por Baño María evidenció una mayor eficacia en la inactivación y control del crecimiento microbiano, posicionándose como el método más eficiente para garantizar la inocuidad del producto.

La bebida funcional elaborada con *Solanum diabolii* se posiciona como la formulación con mayor aporte bioactivo después de los tratamientos térmicos. Esto confirma el potencial de *S. diabolii* como ingrediente funcional para el desarrollo de nuevos productos alimentarios.

VII. RECOMENDACIONES

Desarrollar estudios de vida útil para la bebida tipo salmorejo elaborada con *Solanum diabolii*, evaluando de manera sistemática los cambios físicoquímicos y microbiológicos durante el almacenamiento. Dichos estudios deben incluir el monitoreo del pH, sólidos solubles, actividad antioxidante y recuentos microbianos bajo condiciones de refrigeración y temperatura ambiente. Esto permitirá determinar la estabilidad del producto, establecer su vida útil real y definir las condiciones óptimas de conservación.

Realizar evaluaciones sensoriales orientadas a identificar los atributos organolépticos de la bebida tipo salmorejo a base de *Solanum diabolii* y determinar su nivel de aceptación por parte de los panelistas.

Desarrollar estudios in vitro (digestión simulada) o in vivo para evaluar la biodisponibilidad de los compuestos antioxidantes y fenoles presentes en el salmorejo funcional elaborado a base de *Solanum diabolii*, con el propósito de determinar su aprovechamiento real en el organismo.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aruchunan, U; Henry, CJ; Sim, SYJ. 2025. Role of protein-lipid interactions for food and food-based applications (en línea). Food Hydrocolloids 160:110715. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2024.110715>.
- Atanu, FO; Ebiloma, UG; Ajayi, EI. 2011. A review of the pharmacological aspects of *Solanum nigrum* Linn. Biotechnology and Molecular Biology Review 6(1).
- Atasoy, M; Álvarez Ordóñez, A; Cenian, A; Djukić-Vuković, A; Lund, PA; Ozogul, F; Trček, J; Ziv, C; De Biase, D. 2024. Exploitation of microbial activities at low pH to enhance planetary health (en línea). FEMS Microbiology Reviews 48(1). DOI: <https://doi.org/10.1093/femsre/fuad062>.
- Bu, Z; Luo, W; Wei, J; Peng, J; Wu, J; Xu, Y; Yu, Y; Li, L. 2022. Impacts of Thermal Processing, High Pressure, and CO₂-Assisted High Pressure on Quality Characteristics and Shelf Life of Durian Fruit Puree (en línea). Foods 11(17):2717. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11172717>.
- Cantwell, MI; Hong, G; Albornoz, K; Berlanga, M. 2022. Fresh grapevine (*Vitis vinifera* L.) leaves: Postharvest biology and handling recommendations (en línea). Scientia Horticulturae 292:110627. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110627>.
- Clark, JP. 1993. Heat transfer in food processing - An overview. American Society of Mechanical Engineers, Heat Transfer Division, (Publication) HTD 254:1-5.
- Czarnowska-Kujawska, M; Draszanowska, A; Chróst, M; Starowicz, M. 2023. The Effect of

Sous-Vide Processing Time on Chemical and Sensory Properties of Broccoli, Green Beans and Beetroots (en línea). *Applied Sciences* 13(7):4086. DOI: <https://doi.org/10.3390/app13074086>.

Delgado-Durán, R; Antonio-Pérez, A; Esperón-Carreón, J; Méndez-Guerrero, OE; Saucedo, SV; Rivero-Aranda, RE; Torres-Huerta, AL. 2025. Formulating chayote-enriched gummy candies: Balancing nutrition and taste for a delightful alternative (en línea). *Food Chemistry Advances* 6:100902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.focha.2025.100902>.

Dewanto, V; Wu, X; Adom, KK; Liu, RH. 2002. Thermal Processing Enhances the Nutritional Value of Tomatoes by Increasing Total Antioxidant Activity (en línea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50(10):3010-3014. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf0115589>.

Dhama, P; Ding, X; Sharma, A. 2023. Exploring phytochemicals of *Withania somnifera* from different vicinity for functional foods (en línea). *Journal of Future Foods* 3(3):278-287. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2023.02.010>.

Dorais, M; Ehret, DL; Papadopoulos, AP. 2008. Tomato (*Solanum lycopersicum*) health components: from the seed to the consumer (en línea). *Phytochemistry Reviews* 7(2):231-250. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11101-007-9085-x>.

Durst, P; Bayasgalanbat, N. 2014. Promotion of underutilized indigenous food resources for food security and nutrition in Asia and the Pacific. 21-25 p.

Edmonds, JM. JAC. 1997. Black nightshades: *Solanum nigrum* L. and related species, vol.15. 113 p.

Elvira-Torales, LI; García-Alonso, J; Periago-Castón, MJ. 2019. Nutritional Importance of Carotenoids and Their Effect on Liver Health: A Review (en línea). *Antioxidants*

8(7):229. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox8070229>.

Fellows, PJ. 2017. Overview of heat processing (en línea). Elsevier. p. 515-522 DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100522-4.00008-0>.

García-Segovia, P; Barreto-Palacios, V; Iborra-Bernad, C; Andrés-Bello, A; González-Carrascosa, R; Bretón, J; Martínez-Monzó, J. 2012. Improvement of a culinary recipe by applying sensory analysis: Design of the New Tarte Tatin (en línea). International Journal of Gastronomy and Food Science 1(1):54-60. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.011>.

García, A; Contreras, A; Rodríguez, M; Trujillo, NY. 2010. Características físicas y químicas del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) variedad pera (en línea). Ciencia y Tecnología Alimentaria 8(1):72-82. Disponible en <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojs/viceinves/index.php/alimen/article/download/1518/1635>.

González-Montelongo, R; Gloria Lobo, M; González, M. 2010. Antioxidant activity in banana peel extracts: Testing extraction conditions and related bioactive compounds (en línea). Food Chemistry 119(3):1030-1039. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.08.012>.

Granato, D; Barba, FJ; Lorenzo, JM; Cruz, AG; Putnik, P. 2019. Functional Foods: Product Development, Technological Trends, Efficacy Testing, and Safety. :1-26.

Gupta, A; Sanwal, N; Bareen, MA; Barua, S; Sharma, N; Joshua Olatunji, O; Prakash Nirmal, N; Sahu, JK. 2023. Trends in functional beverages: Functional ingredients, processing technologies, stability, health benefits, and consumer perspective, Elsevier Ltd, vol.170. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113046>.

Halim, Y; Catherine, N; Onasie, P; Nurwitri, CC. 2017. Journal of Chemical and

- Pharmaceutical Research , 2017 , 9 (12): 235-241 Research Article The Utilization of Black Nightshade (*Solanum nigrum* L .) Fruit in Fermented Beverage. 9(12):235-241.
- Jain, R; Sharma, A; Gupta, S; Sarethy, IP; Gabrani, R. 2011. *Solanum nigrum*: Current perspectives on therapeutic properties. vol.16.
- Kapoor, D; Singh, MP; Kaur, S; Bhardwaj, R; Zheng, B; Sharma, A. 2019. Modulation of the Functional Components of Growth, Photosynthesis, and Anti-Oxidant Stress Markers in Cadmium Exposed *Brassica juncea* L. (en línea). Plants 8(8):260. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants8080260>.
- Liberatore, CM; Cirlini, M; Ganino, T; Rinaldi, M; Tomaselli, S; Chiancone, B. 2021. Effects of Thermal and High-Pressure Processing on Quality Features and the Volatile Profiles of Cloudy Juices Obtained from Golden Delicious, Pinova, and Red Delicious Apple Cultivars (en línea). Foods 10(12):3046. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10123046>.
- Lichanporn, I; Techavuthiporn, C. 2013. The effects of nitric oxide and nitrous oxide on enzymatic browning in longkong (*Aglaia dookkoo* Griff.) (en línea). Postharvest Biology and Technology 86:62-65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.021>.
- Liu, RH. 2004. Potential Synergy of Phytochemicals in Cancer Prevention: Mechanism of Action (en línea). The Journal of Nutrition 134(12):3479S-3485S. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/134.12.3479S>.
- Lozano-Castellón, J; Rocchetti, G; Vallverdú-Queralt, A; Illán, M; Torrado-Prat, X; Lamuela-Raventós, RM; Lucini, L. 2021. New vacuum cooking techniques with extra-virgin olive oil show a better phytochemical profile than traditional cooking methods: A foodomics study (en línea). Food Chemistry 362:130194. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130194>.

- Mandal, S; Vishvakarma, P; Verma, M; Alam, MS; Agrawal, A; Mishra, A. 2023. *Solanum Nigrum Linn*: An Analysis Of The Medicinal Properties Of The Plant. Journal of Pharmaceutical Negative Results .
- Mantzourani, I; Nikolaou, A; Kourkoutas, Y; Alexopoulos, A; Dasenaki, M; Mastrotheodoraki, A; Proestos, C; Thomaidis, N; Plessas, S. 2024. Chemical Profile Characterization of Fruit and Vegetable Juices after Fermentation with Probiotic Strains. Foods 13(7):1-15. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13071136>.
- Mejía Ordoñez, TM; House R, PR. 2008. Especies de Preocupación Especial en Honduras (en línea). Proyecto Evaluación de las Capacidades y Prioridades del País para Implementar el Plan de Acción de la Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB II) :77. Disponible en https://rsis Ramsar.org/RISapp/files/28561873/documents/HN1000_lit200513.pdf.
- Meléndez-Martínez, AJ; Esquivel, P; Rodríguez-Amaya, DB. 2023. Comprehensive review on carotenoid composition: Transformations during processing and storage of foods (en línea). Food Research International 169:112773. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.112773>.
- Milner, SE; Brunton, NP; Jones, PW; O' Brien, NM; Collins, SG; Maguire, AR. 2011. Bioactivities of Glycoalkaloids and Their Aglycones from *Solanum* Species (en línea). Journal of Agricultural and Food Chemistry 59(8):3454-3484. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf200439q>.
- Mora, JM; Espinal, MR; López, LI; Quezada, BO. 2015. Caracterización del Bosque Seco Tropical Remanente en el Valle de Agalta, Honduras. Ceiba 53(1):38-56. DOI: <https://doi.org/10.5377/ceiba.v53i1.2015>.
- Morales-de la Peña, M; Salvia-Trujillo, L; Rojas-Graü, M; Martín-Belloso, O. 2016. Effects of High Intensity Pulsed Electric Fields or Thermal Treatments and Refrigerated

- Storage on Antioxidant Compounds of Fruit Juice-Milk Beverages. Part II: Carotenoids: Effects of HIPEF on carotenoid profile of mixed beverages. *Journal of Food Processing and Preservation* 41. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpp.13143>.
- Nawawi, NIM; Ijod, G; Senevirathna, SSJ; Aadil, RM; Yusof, NL; Yusoff, MM; Adzahan, NM; Azman, EM. 2023. Comparison of high pressure and thermal pasteurization on the quality parameters of strawberry products: a review (en línea). *Food Science and Biotechnology* 32(6):729-747. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01276-3>.
- Odriozola-Serrano, I; Soliva-Fortuny, R; Gimeno-Añó, V; Martín-Belloso, O. 2008. Kinetic Study of Anthocyanins, Vitamin C, and Antioxidant Capacity in Strawberry Juices Treated by High-Intensity Pulsed Electric Fields (en línea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(18):8387-8393. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf801537f>.
- Okut, D; Devseren, E; Koç, M; Ocak, ÖÖ; Karataş, H; Kaymak-Ertekin, F. 2018. Developing a vacuum cooking equipment prototype to produce strawberry jam and optimization of vacuum cooking conditions (en línea). *Journal of Food Science and Technology* 55(1):90-100. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2819-x>.
- Pacheco-palencia, LA; Hawken, P; Talcott, ST. 2007. Phytochemical, antioxidant and pigment stability of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) as affected by clarification, ascorbic acid fortification and storage (en línea). *Food Research International* 40(5):620-628. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.11.006>.
- Park, SH; Lamsal, BP; Balasubramaniam, VM. 2014. Principles of Food Processing (en línea), Wiley. p. 1-15 DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118846315.ch1>.
- Pedro Antonio, RS; André de, C; Francisco de Asís, AH; Perla Azucena, G di M; Antonio Asensio, CG; María Ángeles, FA; Francisco, AC. 2024. Acción combinada de la radiación UV-C y la atmósfera controlada para optimizar la calidad del tomate. 2007:159-165. DOI: <https://doi.org/10.31428/10317/11852>.

- Perdomo, L. 2017. Estudio químico de los alcaloides presentes en las hojas de yerbamora (*Solanum nigrum* L.), originaria de los municipios de pasto y chachagüí. *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9):107-114.
- Pereira, APA; Angolini, CFF; Paulino, BN; Lauretti, LBC; Orlando, EA; Silva, JGS; Neri-Numa, IA; Souza, JDRP; Pallone, JAL; Eberlin, MN; Pastore, GM. 2019. A comprehensive characterization of *Solanum lycocarpum* St. Hill and *Solanum oocarpum* Sendtn: Chemical composition and antioxidant properties (en línea). *Food Research International* 124:61-69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.09.054>.
- Perez G., RM; Perez L., JA; Garcia D., LM; Sossa M., H. 1998. Neuropharmacological activity of *Solanum nigrum* fruit. *Journal of Ethnopharmacology* 62(1). DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(98\)00059-2](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(98)00059-2).
- Petruzzi, L; Campaniello, D; Speranza, B; Corbo, MR; Sinigaglia, M; Bevilacqua, A. 2017. Thermal Treatments for Fruit and Vegetable Juices and Beverages: A Literature Overview (en línea). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 16(4):668-691. DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12270>.
- Poblete-Castro, I; Wittmann, C; Nikel, PI. 2020. Biochemistry, genetics and biotechnology of glycerol utilization in *Pseudomonas* species (en línea). *Microbial Biotechnology* 13(1):32-53. DOI: <https://doi.org/10.1111/1751-7915.13400>.
- Priego-López, E; Velasco, J; Dobarganes, MC; Ramis-Ramos, G; Luque de Castro, MD. 2003. Focused microwave-assisted Soxhlet extraction: an expeditive approach for the isolation of lipids from sausage products (en línea). *Food Chemistry* 83(1):143-149. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00220-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00220-6).

- Sánchez Ávila, N; Priego Capote, F; Luque de Castro, MD. 2007. Ultrasound-assisted extraction and silylation prior to gas chromatography–mass spectrometry for the characterization of the triterpenic fraction in olive leaves (en línea). *Journal of Chromatography A* 1165(1-2):158-165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.07.039>.
- Saraiva, R; Vanessa, N; Lima, A De; Fett, R; Moore, MHE; Rich, L. 2019. Bioactive compounds and antioxidant activity three fruit species from the Brazilian Cerrado frutos de três espécies vegetais do Cerrado Brasileiro. *Rev. Bras. Frutic* 41(3):e-011.
- Sayago-Ayerdi, S; García-Martínez, DL; Ramírez-Castillo, AC; Ramírez-Concepción, HR; Viuda-Martos, M. 2021. Tropical Fruits and Their Co-Products as Bioactive Compounds and Their Health Effects: A Review (en línea). *Foods* 10(8):1952. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10081952>.
- Singleton, VL; Rossi, JA. 1965. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents (en línea). *American Journal of Enology and Viticulture* 16(3):144-158. DOI: <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>.
- Staveckienė, J; Medveckienė, B; Vaštakaitė-Kairienė, V; Kulaitienė, J; Jarienė, E. 2024. Amino Acid Changes during Maturation in *Solanum* Fruit. *Agriculture (Switzerland)* 14(6). DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14060802>.
- Stern, S; de Fátima Agra, M; Bohs, L. 2011. Molecular delimitation of clades within new world species of the «spiny solanums» (*Solanum* subg. *Leptostemonum*). *Taxon* 60(5). DOI: <https://doi.org/10.1002/tax.605018>.
- Stratil, P; Klejdus, B; Kubán, V. 2006. Determination of Total Content of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activity in Vegetables Evaluation of Spectrophotometric Methods (en línea). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54(3):607-616. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf052334j>.

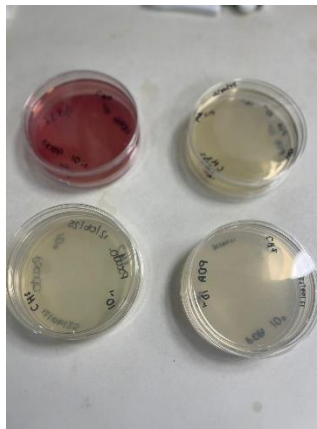
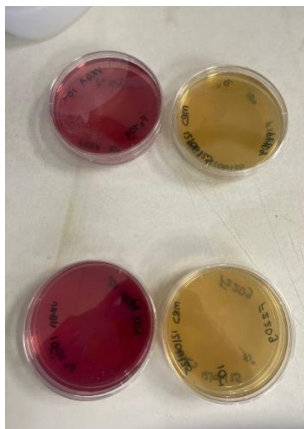
- Sudha Rani, Y; Jayasankar Reddy, V; Jilani Basha, S; Koshma, M; Hanumanthu, G; Swaroopa, P. 2017. A review on *Solanum nigrum*. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 6(12).
- Sun, Y; Zhang, S; Xie, F; Zhong, M; Jiang, L; Qi, B; Li, Y. 2021. Effects of covalent modification with epigallocatechin-3-gallate on oleosin structure and ability to stabilize artificial oil body emulsions (en línea). Food Chemistry 341:128272. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128272>.
- Tomás-Barberán, FA; Espín, JC. 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables (en línea). Journal of the Science of Food and Agriculture 81(9):853-876. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.885>.
- Toor, RK; Savage, GP. 2006. Effect of semi-drying on the antioxidant components of tomatoes (en línea). Food Chemistry 94(1):90-97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.054>.
- Toydemir, G; Gultekin Subasi, B; Hall, RD; Beekwilder, J; Boyacioglu, D; Capanoglu, E. 2022. Effect of food processing on antioxidants, their bioavailability and potential relevance to human health (en línea). Food Chemistry: X 14:100334. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100334>.
- Wahlert, GA; Chiarini, F; Bohs, L. 2014. Phylogeny of the carolinense clade of *solanum* (*Solanaceae*) inferred from nuclear and plastid DNA sequences. Systematic Botany 39(4). DOI: <https://doi.org/10.1600/036364414X682599>.
- Xu, J; Zhu, Y; Ge, Q; Li, Y; Sun, J; Zhang, Y; Liu, X. 2012. Comparative physiological responses of *solanum nigrum* and *solanum torvum* to cadmium stress. New Phytologist 196(1). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04236.x>.

IX. ANEXOS

Anexo 1: Recolección de frutos *Solanum diabolii*.



Anexo 2: Análisis microbiológicos de las bebidas tipo salmorejo.



Anexo 3: Análisis bromatológicos de las bebidas.



Anexo 4: Desarrollo de análisis microbiológicos

