

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



**ACEITE VEGETAL DE SEMILLA DE PIJUAYO (*Bactris*
gasipaes) COMO SUSTITUTO DE ERITORBATO DE**
SODIO EN HAMBURGUESA DE TRUCHA
(*Oncorhynchus mykiss*)

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Autor: Bach. Yadit Mireli Julca Alarcón

Asesores: Dr. Juan Dario Rios Mera

Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano

Línea de investigación: LI_IIA_02: Desarrollo y Caracterización
de Productos

JAÉN - PERÚ, OCTUBRE, 2025

Yadit Mireli Julca Alarcón

ACEITE VEGETAL DE SEMILLA DE PIJUAYO (*Bactris gasipaes*) COMO SUSTITUTO DE ERITORBATO DE SODIO EN HAMBURG...

 Quick Submit Quick Submit Universidad Nacional de Jaén

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3364889943

81 páginas

Fecha de entrega

7 oct 2025, 8:54 a.m. GMT-5

16.004 palabras

Fecha de descarga

7 oct 2025, 8:56 a.m. GMT-5

87.840 caracteres

Nombre del archivo

Informe_final_de_Tesis_Yadit_Mireli_Julca_Alarco_n_2025.pdf

Tamaño del archivo

2.0 MB



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Segundo Sánchez Tello

Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

11% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 5%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN



Dr. Segundo Sánchez Tello
Responsable (e) de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Ley de Creación N° 29304

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 22 de octubre del año 2025, siendo las 10:00 horas, se reunieron los integrantes del Jurado:

Presidente: M. Cs. Eliana Milagros Cabrejos Barrios

Secretario: Mg. Ralph Stein Rivera Botonares

Vocal : Dr. Frank Fernández Rosillo

para evaluar la Sustentación de:

() Trabajo de Investigación

(X) Tesis

() Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **"ACEITE VEGETAL DE SEMILLA DE PIJUAYO (*Bactris gasipaes*) COMO SUSTITUTO DE ERITORBATO DE SODIO EN HAMBURGUESA DE TRUCHA (*Oncorhynchus mykiss*)"** presentado por la tesista **Yadit Mireli Julca Alarcón** de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

(X) Aprobar () Desaprobar (X) Unanimidad () Mayoría

Con la siguiente mención:

- | | | |
|----------------|------------|----------------------|
| a) Excelente | 18, 19, 20 | () |
| b) Muy bueno | 16, 17 | () |
| c) Bueno | 14, 15 | (15) <i>QUINCE</i> |
| d) Regular | 13 | () |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | () |

Siendo las 11:20 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.

Jaén, 22 de octubre de 2025


M. Cs. Eliana Milagros Cabrejos Barrios
Presidente


Mg. Ralph Stein Rivera Botonares
Secretario


Dr. Frank Fernández Rosillo
Vocal

“Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia”

ANEXO N°06:

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO DE LA TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)

Yo, Yadit Mireli Julca Alarcón , Bachiller de la carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén, identificado (a) con DNI 76866569.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy Autor del trabajo titulado:

“Aceite vegetal de semilla de pijuayo (*Bactris gasipaes*) como sustituto de eritorbato de sodio en hamburguesa de trucha (*Oncorhynchus mykiss*)”.

Asesorado por el Dr Juan Dario Ríos Mera y el Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano
El mismo que presento bajo la modalidad de Elija un elemento para optar; el Título Profesional/Grado Académico de Ingeniero de industrias Alimentarias.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.

3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.

4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.

5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.

6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Nacional de Jaén y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: Jaén, 17, Junio del 2026.


Nombre Firma y huella del autor.

INDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
2.1. Lugar de ejecución.....	14
2.2. Procedimientos para la recolección de datos	14
2.2.1. Materiales	14
2.2.2. Variables.....	15
2.2.3. Obtención del aceite de semilla de pijuayo	15
2.2.4. Elaboración de las hamburguesas crudas	18
2.2.5. Rendimiento de aceite de semilla de pijuayo	20
2.2.6. Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de pijuayo.....	20
2.2.7. Composición proximal	20
2.2.8. Oxidación lipídica	23
2.2.9. Aceptabilidad sensorial.....	24
2.2.10. Diseño experimental y análisis de datos	24
III. RESULTADOS	26
3.1. Rendimiento del aceite de semilla de pijuayo	26
3.2. Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de pijuayo	26
3.3. Composición proximal de la hamburguesa de trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	28
3.4. Oxidación lipídica.....	32
3.5. Aceptabilidad sensorial.....	35
IV. DISCUSIÓN.....	38
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1. Conclusiones.....	42
5.2. Recomendaciones	43

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
AGRADECIMIENTO	49
DEDICATORIA	50
ANEXOS	51
Anexo 1. <i>Proceso de extracción del aceite de semilla de pijuayo.</i>	51
Anexo 2. <i>Proceso de elaboración de las hamburguesas de filetes de trucha.</i>	55
Anexo 3. <i>Evidencia de la determinación proximal de las hamburguesas</i>	57
Anexo 4. <i>Análisis de oxidación en las hamburguesas.</i>	59
Anexo 5. <i>Evidencias del análisis sensorial</i>	62
Anexo 6. <i>Análisis de datos de la composición proximal de las hamburguesas</i>	67
Anexo 7. <i>Análisis de datos de la oxidación lipídica (TBARS)</i>	72
Anexo 8. <i>Análisis de datos del análisis sensorial de las hamburguesas</i>	74
Anexo 9. <i>Datos obtenidos en la tesis</i>	75
Anexo 10. <i>Consentimientos informados obtenidos de los consumidores</i>	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tratamientos de hamburguesa de trucha (Oncorhynchus mykiss).....</i>	19
Tabla 2. <i>Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de pijuayo (Bactris gasipaes) expresados en mg/g de aceite</i>	27
Tabla 3. <i>Aceptabilidad sensorial de hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes, analizados con la prueba de Kruskal-Wallis.</i>	36
Tabla 4. <i>Supuestos del análisis de humedad.....</i>	67
Tabla 5. <i>Supuestos del análisis de cenizas</i>	67
Tabla 6. <i>Supuestos del análisis de proteínas</i>	67
Tabla 7. <i>Supuestos del análisis de grasas.....</i>	68
Tabla 8. <i>Supuestos del análisis de carbohidratos.....</i>	68
Tabla 9. <i>Análisis de la varianza de humedad</i>	68
Tabla 10. <i>Análisis de la varianza de cenizas</i>	69
Tabla 11. <i>Análisis de la varianza de proteínas.....</i>	69
Tabla 12. <i>Análisis de la varianza de grasas</i>	69
Tabla 13. <i>Análisis de la varianza de carbohidratos</i>	69
Tabla 14. <i>Tukey de humedad</i>	70
Tabla 15. <i>Tukey de cenizas</i>	70
Tabla 16. <i>Tukey de proteínas</i>	70
Tabla 17. <i>Tukey de grasas</i>	71
Tabla 18. <i>Tukey de carbohidratos</i>	71
Tabla 19. <i>Supuestos del análisis TBARS</i>	713
Tabla 20. <i>Análisis de varianza del análisis TBARS.....</i>	713
Tabla 21. <i>Tukey de análisis TBARS por tratamientos</i>	713
Tabla 22. <i>Tukey de análisis TBARS por días de almacenamiento.....</i>	714
Tabla 23. <i>Supuestos para el análisis sensorial.....</i>	715
Tabla 24. <i>Kruskall-Wallis del análisis sensorial</i>	715
Tabla 25. <i>Datos de la composición proximal de las hamburguesas</i>	716
Tabla 26. <i>Datos de la aceptación sensorial de las hamburguesas.....</i>	717
Tabla 27. <i>Datos de la oxidación lipídica (TBARS) de las hamburguesas.....</i>	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite vegetal de semilla de pijuayo.	16
Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de la elaboración de las hamburguesas crudas	18
Figura 3. Esquema experimental de la investigación.	25
Figura 4. Rendimiento de extracción de aceite de semilla de pijuayo (<i>Bactris gasipaes</i>) expresado como promedio $\pm$ desviación estándar	26
Figura 5. Porcentaje de grasas (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.	28
Figura 6. Porcentaje de proteínas (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.....	29
Figura 7. Porcentaje de humedad (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.....	30
Figura 8. Porcentaje de cenizas (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.	31
Figura 9. Porcentaje de carbohidratos (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes	32
Figura 10. Oxidación lipídica (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes, evaluada por días de almacenamiento.	33
Figura 11. Oxidación lipídica (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes, evaluada entre tratamientos.	34
Figura 12. Oxidación lipídica (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes, evaluada entre tratamientos y días de almacenamiento.	35

Figura 13. <i>Gráfico de bigotes de la aceptabilidad sensorial de hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.</i>	37
Figura 14. <i>Recepción de los frutos de pijuayo.....</i>	51
Figura 15. <i>Pelado del pijuayo cocido.....</i>	51
Figura 16. <i>Semillas de pijuayo (Bactris gasipaes) utilizadas en el proceso de extracción de aceite.....</i>	52
Figura 17. <i>Las almendras de pijuayo</i>	52
Figura 18. <i>Almendras deshidratadas.....</i>	53
Figura 19. <i>Extracción de aceite</i>	53
Figura 20. <i>Aceite extraído</i>	54
Figura 21. <i>Filete de trucha.</i>	55
Figura 22. <i>Extracción de piel en los filetes de trucha</i>	55
Figura 23. <i>Extracción de espinas que pueda haber en los filetes de trucha</i>	56
Figura 24. <i>Hamburguesa de trucha.....</i>	56
Figura 25. <i>Determinación de proteínas.....</i>	57
Figura 26. <i>Preparación del cartucho con la muestra de hamburguesa, para la determinación de grasa.</i>	57
Figura 27. <i>Determinación de cenizas de la hamburguesa.....</i>	58
Figura 28. <i>Determinación de grasas en hamburguesas.</i>	58
Figura 29. <i>Pesado de los reactivos.....</i>	59
Figura 30. <i>Determinación del análisis de oxidación de las hamburguesas de trucha.</i>	59
Figura 31. <i>Filtrado de las muestras.....</i>	60
Figura 32. <i>Muestras en baño maría.....</i>	60
Figura 33. <i>Enfriado de las muestras.....</i>	61
Figura 34. <i>Homogenizado de las muestras.....</i>	61
Figura 35. <i>Muestras ya homogenizadas</i>	61
Figura 36. <i>Lectura de muestras.</i>	62
Figura 37. <i>Cocción de las hamburguesas.....</i>	62
Figura 38. <i>Degustación de las muestras de hamburguesas.....</i>	62
Figura 39. <i>Ficha de consentimiento para los consumidores</i>	63
Figura 40. <i>Ficha de análisis sensorial.....</i>	65
Figura 41. <i>Curva de calibración para la determinación de oxidación lipídica (TBARS) en hamburguesa de trucha.....</i>	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. <i>Proceso de extracción del aceite de semilla de pijuayo.</i>	51
Anexo 2. <i>Proceso de elaboración de las hamburguesas de filetes de trucha.</i>	55
Anexo 3. <i>Evidencia de la determinación proximal de las hamburguesas</i>	57
Anexo 4. <i>Análisis de oxidación en las hamburguesas.</i>	59
Anexo 5. <i>Evidencias del análisis sensorial y análisis de datos</i>	62
Anexo 6. <i>Análisis de datos de la composición proximal de las hamburguesas.</i>	67
Anexo 7. <i>Análisis de datos de la oxidación lipídica (TBARS)</i>	72
Anexo 8. <i>Análisis de datos del análisis sensorial de las hamburguesas</i>	74
Anexo 9. <i>Datos obtenidos en la tesis</i>	75
Anexo 10. <i>Consentimientos informados obtenidos de los consumidores</i>	81

RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto del aceite vegetal de semilla de pijuayo (*Bactris gasipaes*) como sustituto del antioxidante sintético eritorbato de sodio en hamburguesas de trucha (*Oncorhynchus mykiss*), para lo cual se evaluó el rendimiento de extracción del aceite y su perfil lipídico, así como la composición proximal, oxidación lipídica y la aceptabilidad sensorial de la hamburguesa. El aceite fue extraído mediante el método Soxhlet, obteniéndose un rendimiento del 20.52% respecto al peso seco de las semillas. El análisis del perfil de ácidos grasos reveló una proporción mayoritaria de ácidos grasos saturados (87.24%), seguido de los monoinsaturados (9.30%) y poliinsaturados (3.46%). Las hamburguesas elaboradas con diferentes concentraciones del aceite (0.01, 0.1 y 1%) no presentaron diferencias significativas en el contenido de grasas y cenizas. Sin embargo, a mayor concentración del aceite (1%), se observó una disminución del contenido proteico y de humedad, así como un incremento en el contenido de carbohidratos. En cuanto a la oxidación lipídica (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico/*thiobarbituric acid reactive substances* – TBARS), el tratamiento con 0.1% de aceite de semilla de pijuayo mostró resultados estadísticamente similares al tratamiento con eritorbato de sodio (0.01%), indicando un potencial efecto antioxidante comparable. Finalmente, el análisis sensorial realizado con 80 consumidores reveló que todos los tratamientos fueron aceptables con puntajes promedio entre 5.67 a 6.36 en la escala semiestructurada de 9 puntos, sin presentar diferencias significativas entre ellos. Por lo tanto, la acción antioxidante del aceite de semilla de pijuayo fue dependiente de la concentración, sin causar efectos negativos en la composición proximal y aceptabilidad sensorial, lo que respalda su viabilidad como antioxidante natural en la formulación de hamburguesas de trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

Palabras clave: Frutos amazónicos, Capacidad antioxidante, Antioxidantes naturales, Hamburguesa, Aceptabilidad sensorial.

ABSTRACT

This research evaluated the effect of vegetable oil from pijuayo seed (*Bactris gasipaes*) as a substitute for the synthetic antioxidant sodium erythorbate in trout burgers (*Oncorhynchus mykiss*). For this purpose, the oil extraction yield and lipid profile were analyzed, as well as the proximate composition, lipid oxidation, and sensory acceptability of the burgers. The oil was extracted using the Soxhlet method, obtaining a yield of 20.52% relative to the dry weight of the seeds. Fatty acid profile analysis revealed a predominance of saturated fatty acids (87.24%), followed by monounsaturated (9.30%) and polyunsaturated (3.46%). Burgers formulated with different concentrations of the oil (0.01, 0.1, and 1%) showed no significant differences in fat and ash content. However, at higher oil concentration (1%), a decrease in protein and moisture content was observed, along with an increase in carbohydrate content. Regarding lipid oxidation (thiobarbituric acid reactive substances – TBARS), the treatment with 0.1% pijuayo seed oil showed statistically similar results to the treatment with sodium erythorbate (0.01%), indicating a potentially comparable antioxidant effect. Finally, the sensory analysis conducted with 80 consumers revealed that all treatments were acceptable, with average scores ranging from 5.67 to 6.36 on the 9-point semi-structured scale, with no significant differences between them. Therefore, the antioxidant action of pijuayo seed oil was concentration-dependent, causing no negative effects on proximate composition or sensory acceptability, supporting its viability as a natural antioxidant in trout (*Oncorhynchus mykiss*) burger formulations.

Keywords: Amazonian fruits, Antioxidant capacity, Natural antioxidants, Burger, Sensory acceptability.

I. INTRODUCCIÓN

La oxidación lipídica es una de las principales causas del deterioro de los productos pesqueros, y existe una correlación directa entre la oxidación lipídica y el tiempo de almacenamiento, lo que afecta tanto la calidad química como sensorial de este tipo de productos (Loreto, 2010).

La industria alimentaria busca constantemente mejorar la estabilidad oxidativa de los productos basados en pescado, de los cuales se incluyen a las hamburguesas. No obstante, en la formulación de estos productos se incorporan antioxidantes sintéticos, que podrían representar riesgos potenciales para la salud (Munekata et al., 2020). Según Saldaña et al. (2021), existe una tendencia creciente a reemplazar los aditivos sintéticos por alternativas naturales, siendo el eritorbato de sodio uno de los aditivos sintéticos más utilizados en este ámbito. Este compuesto es un estereoisómero del ascorbato de sodio (Figueirêdo et al., 2014) y, según la revisión sistemática de Pimiento et al. (2023), su uso ha sido asociado con efectos negativos en la salud, como el desarrollo de cáncer, el empeoramiento de condiciones en pacientes con enfermedades renales e hipersensibilidad. Además, Patton (2018) señala que el eritorbato de sodio no es considerado un aditivo de "etiqueta limpia", debido a su proceso de obtención que involucra el uso de sustancias químicas. En este contexto, la tendencia actual es que los consumidores se inclinen hacia la elección de alternativas naturales, ya que están cada vez más informados sobre el impacto de la dieta en su salud (Rios-Mera et al., 2021).

En la búsqueda continua de alternativas naturales para la mejora de la calidad y estabilidad de los productos alimenticios, los aceites vegetales pueden ser una fuente antioxidante prometedora. McKeon et al. (2016) definen a los aceites vegetales a aquellos extraídos de semillas o frutas de cultivos utilizados para la alimentación, los cuales están compuestos por triglicéridos y trazas de compuestos esteroides y antioxidantes. A su vez, los triglicéridos consisten en tres ácidos grasos (saturados, monoinsaturados y/o poliinsaturados) ligados a una molécula de glicerol (Cahoon et al., 2007), mientras que entre los compuestos antioxidantes presentes en los aceites vegetales destacan la vitamina E (tocoferoles), carotenoides, β -sitosterol y el escualeno (Fan y Eskin, 2015; Hammami et al., 2025; Radice et al., 2014). Por tales propiedades, se ha demostrado que los aceites vegetales pueden ejercer actividad antioxidante en matrices alimentarias. Por ejemplo, Sahari et al. (2004) estudiaron la aplicación de aceite de semilla del té en aceite de girasol, y observaron mejora de la estabilidad

oxidativa del aceite de girasol cuando fue adicionado en 5% en proporción total, indicando el efecto antioxidante natural del aceite de semilla de té.

Asimismo, una relación interesante en el potencial antioxidante de aceites vegetales es en el grado de saturación de los ácidos grasos con la capacidad antioxidante, demostrado en estudios. Así, Harkat et al. (2022) reportaron el perfil de ácidos grasos y propiedades antioxidantes del aceite de semilla de palma y observaron que los ácidos grasos más abundantes fueron ácido oleico (42.74 – 50.19%), ácido láurico (18.40 – 22.2%) y ácido mirístico (8.83 – 10.17%), además los aceites tuvieron alta capacidad antioxidante. Nawirska-Olszańska et al. (2013) estudiaron el perfil de ácidos grasos y propiedades antioxidantes de aceites de semilla de 12 variedades de zapallo pertenecientes a las especies *Cucurbita maxima* Duch. y *Cucurbita pepo* L. Fue observado que las variedades de *C. maxima* obtuvieron alto contenido de ácidos grasos que *C. pepo*. El grado de insaturación de los ácidos grasos de los aceites fue predominante, compuesto principalmente por ácido oleico y linoleico. La variedad Jet F1 (*C. pepo*) obtuvo el mayor contenido de ácidos grasos insaturados, asimismo, los aceites de las especies de *C. pepo* mostraron mejores propiedades antioxidantes. Similarmente, Jaih et al. (2019) reportaron que el aceite de la semilla de palma tuvo rendimiento de 8 a 9.8%, los principales ácidos grasos encontrados fueron ácido oleico y ácido láurico y también presentó actividad antioxidante. Estos estudios evidencian la relevancia de los aceites extraídos de semillas como una fuente de antioxidantes naturales, que pueden ser utilizados como alternativas viables y más saludables a los aditivos sintéticos en la industria alimentaria.

Entre los recursos comestibles del país, y particularmente en la Amazonía peruana, se encuentra el fruto de la palmera del pijuayo (*Bactris gasipaes*). Rios-Mera (2025) en su revisión destaca que el pijuayo constituye una fuente importante de nutrientes tales como carbohidratos, fibras y lípidos, así como de micronutrientes tales como magnesio y potasio. En lo que respecta a lípidos, el fruto del pijuayo puede contener hasta 23%, destacando un perfil mayoritario de ácidos grasos insaturados como los ácidos linoleico y linolénico. Asimismo, según Donayre Linares y Montalván Vásquez (2019), el pijuayo destaca por su contenido compuestos antioxidantes como el β -caroteno y polifenoles, y la presencia de los nueve aminoácidos esenciales en su pulpa, lo que lo posiciona como alimento de alto valor nutricional. No obstante, poco se conoce sobre el potencial antioxidante del aceite de la semilla de pijuayo. En este contexto, Radice et al. (2014) evaluaron el posible papel antioxidante del aceite de

semilla de pijuayo. Estos autores observaron que el rendimiento de extracción de aceite fue de 11.5% y los ácidos grasos más abundantes fueron el ácido láurico (33.3%), ácido mirístico (27.8%) y el ácido oleico (24.3%). Asimismo, este aceite contiene compuestos insaponificables como el β -sitosterol y el escualeno, conocidos por sus propiedades antioxidantes, las cuales podrían contribuir a la prevención de enfermedades asociadas al estrés oxidativo y al envejecimiento celular. Los autores concluyeron que el perfil químico del aceite de semilla de pijuayo es similar al del aceite de semilla de palma, y sugieren futuras investigaciones sobre su papel antioxidante. Así, mediante búsqueda exhaustiva en la literatura científica, se pudo comprobar que aún no se han reportado estudios sobre la aplicación de aceite de semilla de pijuayo para disminuir la oxidación de matrices alimentarias, tales como los productos cárnicos o pesqueros.

Entre las fuentes pesqueras comercialmente importantes en la región Cajamarca se encuentra la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), un pescado apreciado tanto por su sabor como por su perfil nutricional. La trucha (*Oncorhynchus mykiss*) contiene ácidos grasos beneficiosos para la salud, tales como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), conocidos como omega 3. Sin embargo, debido a la alta insaturación, estos lípidos son muy susceptibles a la oxidación, lo que puede disminuir su valor nutricional y acortar su vida útil (Unad, 2019).

La aplicación de aceite de semilla de pijuayo en productos derivados de la trucha (*Oncorhynchus mykiss*), tales como las hamburguesas, representa una oportunidad relevante para investigar la viabilidad del aceite de semilla de pijuayo como sustituto del eritorbato de sodio. En consecuencia, la pregunta central de la investigación fue: ¿Cuál será el efecto de sustituir el eritorbato de sodio por el aceite de semilla de pijuayo en las hamburguesas de trucha (*Oncorhynchus mykiss*)?

Los objetivos de la investigación fueron:

Objetivo general: Evaluar el efecto del aceite vegetal de semilla de pijuayo (*Bactris gasipaes*) como sustituto de eritorbato de sodio en hamburguesa de trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

Objetivos específicos:

- a) Extraer el aceite de la semilla del pijuayo por el método de extracción Soxhlet, y determinar el rendimiento de aceite respecto al peso inicial del fruto.
- b) Evaluar el perfil de ácidos grasos del aceite extraído.
- c) Evaluar la composición proximal de los tratamientos de hamburguesa de trucha (*Oncorhynchus mykiss*).
- d) Evaluar la oxidación lipídica de las hamburguesas de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) adicionado con el aceite de semilla de pijuayo, comparando con el antioxidante eritorbato de sodio y control (sin antioxidante).
- e) Evaluar la aceptabilidad sensorial de los tratamientos de hamburguesa de trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Lugar de ejecución

El experimento fue desarrollado en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana y en la Universidad Nacional de Jaén. El análisis de composición centesimal y oxidación lipídica se realizaron en la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana (UNAP), en la Planta Piloto de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias y en el Laboratorio de la Unidad Especializada de Control de Calidad del Centro de Investigación de Recursos Naturales de la Amazonía – CIRNA, de la ciudad de Iquitos. El análisis sensorial se llevó a cabo en el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos del Departamento de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén.

2.2. Procedimientos para la recolección de datos

2.2.1. Materiales

Los frutos de pijuayo (*Bactris gasipaes*) fueron obtenidos en la ciudad de Iquitos, región Loreto, de un productor previamente seleccionado ubicado en la carretera Iquitos-Nauta Km 22.5, cuyas coordenadas geográficas aproximadas corresponden a 4°07'33.4" S 73°28'15.3" O, a una altitud de 120 m s.n.m. Los frutos de pijuayo fueron recolectados con una madurez caracterizado por el color rojo-anaranjado de la cáscara del fruto (ver Figura 14, en Anexos). Para la elaboración de las hamburguesas, se emplearon filetes de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) empacadas al vacío, proporcionadas por la empresa EcoFriendly (Jaén, Cajamarca-Perú). Los filetes de trucha empacados fueron transportados en cajas térmicas con hielo hasta los laboratorios en Iquitos y Universidad Nacional de Jaén. Durante el transporte, la temperatura fue monitoreada permanentemente con un termómetro infrarrojo. El transporte se realizó por vía aérea hacia los laboratorios de la ciudad de Iquitos, destinados a los análisis de composición proximal y oxidación lipídica. Durante el trayecto, el hielo fue repuesto cada vez que fue necesario para garantizar la cadena de frío y conservar adecuadamente las muestras. El antioxidante eritorbato de sodio fue obtenido de la empresa Frutarom (Lima, Perú). La sal yodada de mesa fue obtenida del supermercado Mega Plaza de la ciudad de Jaén.

2.2.2. Variables

a. Independientes:

- Aplicación de antioxidante, en 4 niveles: control sin antioxidante (T1), eritorbato de sodio 0.01% (T2), aceite de semilla de pijuayo al 0.01 (T3), 0.1 (T4) y 1.0 % (T5).
- Tiempo de almacenamiento en refrigeración a 4 °C (para la oxidación lipídica): 0 (cero) 7 y 14 días.

b. Dependientes:

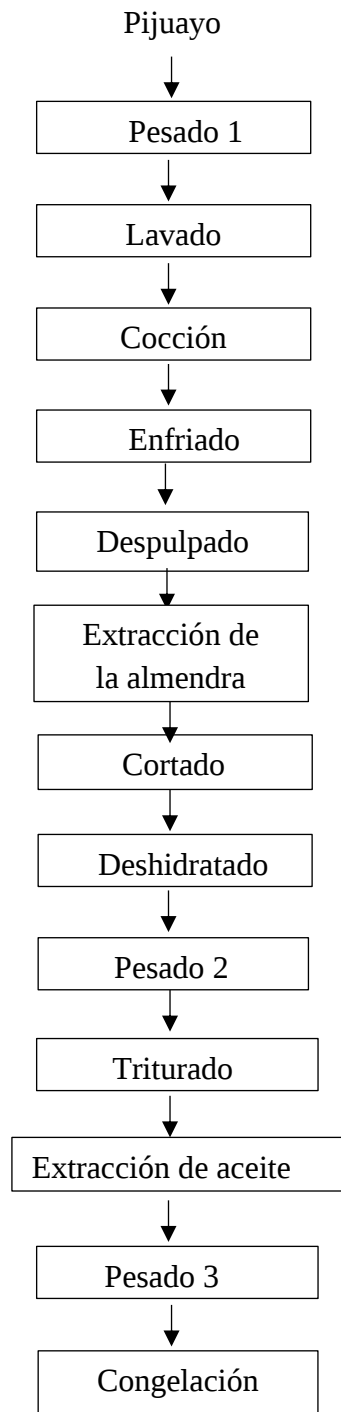
- Composición proximal de la hamburguesa de trucha cruda (humedad, proteínas, grasas, cenizas y carbohidratos).
- Oxidación lipídica (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico/*thiobarbituric acid reactive substances* – TBARS).
- Aceptación sensorial (escala hedónica semi estructurada de 9 cm).

2.2.3. Obtención del aceite de semilla de pijuayo

El aceite fue extraído de la almendra contenida en el interior de la semilla del pijuayo. Para ello, las almendras fueron extraídas utilizando un alicate de uso alimentario, mediante presión manual. Seguidamente, las almendras fueron deshidratadas en una estufa con circulación de aire (Kertlab, modelo ODHG-9053, EE.UU), en temperatura de 55 °C, hasta alcanzar humedad igual o inferior al 10%. Luego, el aceite será extraído mediante extracción Soxhlet con éter de petróleo de acuerdo con la AOAC (2005). En el diagrama de operaciones siguiente (Figura 1) se muestran los procesos para la obtención del aceite pijuayo.

Figura 1.

Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite vegetal de semilla de pijuayo.



Descripción del diagrama de operaciones:

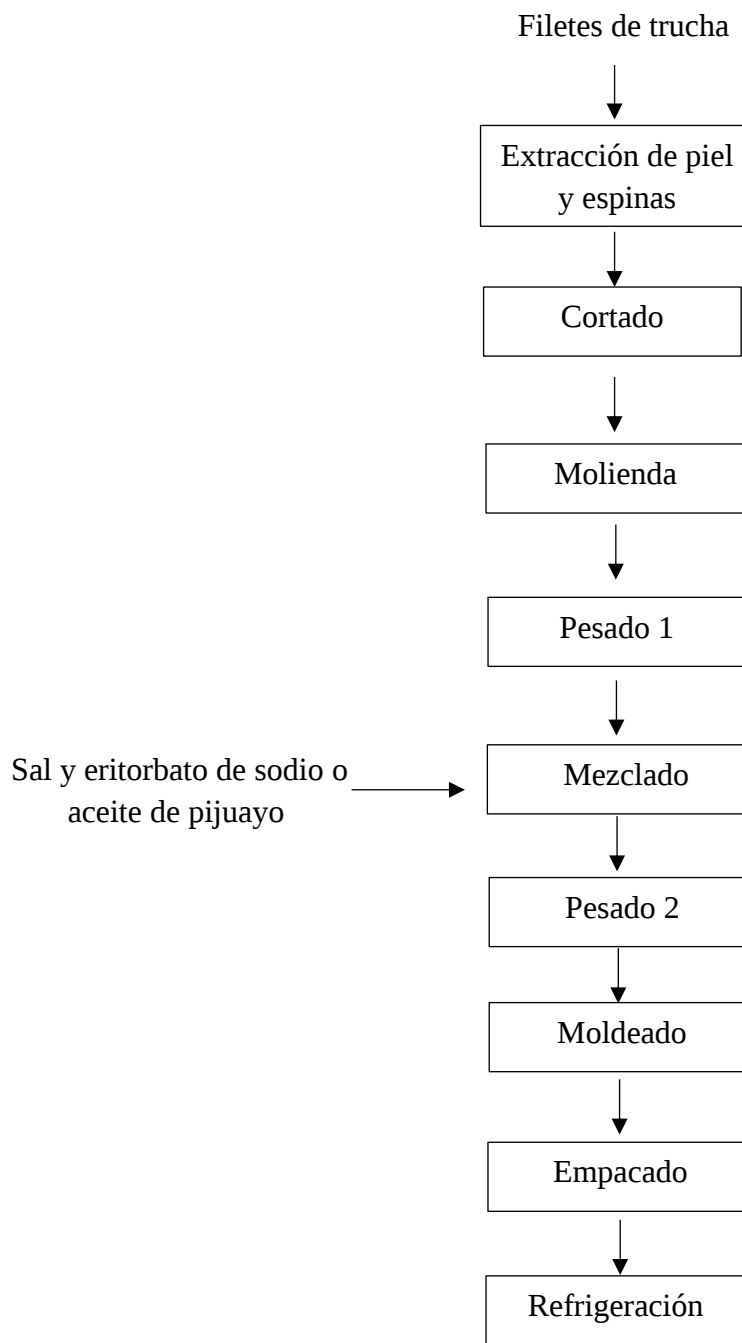
- **Materia prima:** Se usó pijuayo de color rojo-anaranjado, con criterios de calidad tales como: tamaño uniforme, color uniforme, sin defectos (magulladuras, oscuro).
- **Pesado 1:** Luego se seleccionaron los frutos, se obtuvo en total 16 kg de pijuayo fueron pesados en una balanza (Valtox, LC60, China).
- **Lavado:** Los frutos se sumergieron en una tina plástica con agua potable y se dejó reposar por 30 min, luego de esto se lavó y enjuagó con abundante agua.
- **Cocción:** La cocción de los frutos fue en agua en ebullición durante 30 min.
- **Enfriado:** Una vez cocidos los frutos, fueron retirados del agua y dejados en reposo por 30 min hasta dejar enfriar a temperatura ambiente.
- **Despulpado:** Se realizó el despulpado manual con la ayuda de un cuchillo. Luego, se separó la semilla de todo el fruto.
- **Extracción de la almendra:** La extracción de la almendra se realizó por medio de la presión, utilizando un alicate de acero inoxidable de uso alimentario.
- **Cortado:** La almendra extraída de la semilla del pijuayo fue cortada en porciones pequeñas facilitar el proceso de deshidratación.
- **Deshidratado:** Haciendo uso de una estufa con circulación de aire (Kertlab, modelo ODHG-9053, EE. UU.), a una temperatura de 55°C por 8 horas, las almendras fueron deshidratadas hasta que alcanzaron una humedad igual o inferior al 10%. Para ello se empleó un analizador de humedad (Startorius Moisture Analyzer, modelo ma35, Alemania).
- **Pesado 2:** Se pasaron las almendras deshidratadas en una balanza analítica (Radwag, AS 110.R2 PLUS, Polonia).
- **Triturado:** El triturado se realizó con la ayuda de un mortero de laboratorio. Las almendras fueron trituradas hasta obtener gránulos pequeños.
- **Extracción de aceite:** La extracción fue realizada por el quipo Soxhlet y se usó como solvente éter de petróleo. Este proceso duró aproximadamente 5 horas.
- **Pesado 3:** Se pesó el aceite obtenido en una balanza analítica (Radwag, AS 110.R2 PLUS, Polonia).
- **Congelación:** Para conservación del aceite de pijuayo se congeló a -15°C en congelador doméstico (Coldex, CH10PLUS, Perú).

2.2.4. Elaboración de las hamburguesas crudas

En el diagrama de flujo siguiente se muestran los procesos para la elaboración de las hamburguesas crudas (Figura 2).

Figura 2.

Diagrama de flujo del proceso de la elaboración de las hamburguesas crudas



Descripción del diagrama de flujo

- **Filetes de trucha:** Se utilizaron 25 kg de filetes de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) empacadas la vacío, que se obtuvo de la empresa EcoFriendly de la ciudad de Jaén.
- **Extracción de piel y espinas:** La piel y espinas de los filetes de trucha se retiraron con la ayuda de un cuchillo.
- **Cortado:** Los filetes de trucha fueron cortados en pequeños trozos para facilitar la molienda.
- **Molienda:** Se utilizó la moledora de carne (Boxa, TK32, Perú), para la molienda de los filetes.
- **Pesado 1:** Se pesó la trucha molida, la sal, el eritorbato de sodio y el aceite de semilla de pijuayo correspondientes a cada tratamiento, empleando una balanza gramera (Ohaus, PAJ2102, EE. UU.). Las cantidades de los ingredientes por tratamiento se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Tratamientos de hamburguesa de trucha (Oncorhynchus mykiss).

Componentes (%)	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Filete de trucha molida	98.50	98.49	98.49	98.40	97.50
Sal	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Eritorbato de sodio	0	0.01	0	0	0
Aceite de pijuayo	0	0	0.01	0.1	1.0
Total	100	100	100	100	100

Nota: Para completar el 100% de cada formulación, se disminuyó el contenido de filete para incorporar a los antioxidantes.

- **Mezclado:** Se integró manualmente los insumos (utilizando guantes quirúrgicos) durante 3 minutos hasta crear una mezcla homogénea.
- **Moldeado:** Para moldear la hamburguesa se utilizó un molde de plástico de 10 cm de diámetro y 1 cm de espesor.
- **Empacado:** Se utilizó bolsas de polietileno herméticos de tipo ziploc, el empaqueo de las unidades de hamburguesas fue de manera individual.

- **Refrigeración:** Las hamburguesas procesadas fueron refrigeradas a 4 °C, en refrigeradora doméstica (Coldex, RX 430 PLUS, Perú).

2.2.5. Rendimiento de aceite de semilla de pijuayo

El rendimiento del aceite fue calculado en base al peso de las semillas de pijuayo secas, mediante relación porcentual, es decir, el peso del aceite extraído entre el peso de las semillas secas multiplicado por 100.

2.2.6. Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de pijuayo

La determinación de ácidos grasos se realizó con el método de Ichihara y Fukubayashi (2010), el cual consistió en añadir tolueno, metanol y ácido clorhídrico a 1 mg de los lípidos y 0.1 mg de tricosanoato de metilo (C23:0, estándar interno), para luego incubar la mezcla a 45 °C durante 14 horas para la derivatización. Los metilesteres que se formaron se extrajo con hexano para ser analizados por cromatografía gaseosa en el equipo Varian CP-3800 (Alemania). Posteriormente los ésteres metílicos de ácidos grasos fueron analizados por cromatografía gaseosa usando una columna Restek, Stabilwax® WCOT fused silica de 30 m × 0.25 mm × 0.25 µm, método de inyección splitless (0.50 minuto), volumen de inyección de 1 µL, temperatura del inyector de 250 °C, el gas de arrastre helio a un flujo de 1 mL/min, la rampa de temperatura de 120 °C por un minuto, 30 °C/min hasta 160 °C, 160 °C por un minuto, 4 °C/min hasta 240 °C, 240 °C por 7 minutos. El tiempo total del programa de temperatura fue de 30.33 min y la temperatura programada del detector fue 260 °C. Los resultados fueron expresados en porcentaje relativo.

2.2.7. Composición proximal

Para las hamburguesas se realizaron determinaciones en triplicado de grasas, proteínas, cenizas, humedad y carbohidratos, de acuerdo a las metodologías descritas por la AOAC (2005).

Determinación de grasas

Se realizó por el método de gravimetría según el método 960.39 de la AOAC (2005). Para la determinación de grasa, se debe usar muestras deshidratadas o como mínimo con 11% de humedad. Para empezar, se pesó el balón limpio y seco, donde se anotó en el registro de peso (g) del balón. Luego, se preparó el cartucho con papel filtro

Whatman N° 40, donde fue envuelto de 3 a 5 g de muestra. El cartucho fue colocado en el sistema Soxhlet y luego se agregó éter de petróleo hasta que una parte de este descienda a través del sifón del equipo hacia el balón. El solvente (éter de petróleo) al calentarse a 69 °C se evapora y asciende a la parte superior de la cámara de extracción. Allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al balón por el sifón arrastrando consigo la grasa. Esta operación duró 5 horas, luego se retiraron los cartuchos conteniendo la muestra desengrasada. Posteriormente, el balón fue retirado del sifón, luego, se procedió a evaporar el éter de petróleo que contenía el balón en una estufa a 100 °C. Finalmente, se dejó enfriar el balón en desecador para luego pesar la grasa extraída. El cálculo de % de grasa se realizó con la ecuación 1.

$$\% \text{ de grasa} = \frac{\text{peso de balón con grasa} - \text{peso de balón vacío}}{\text{gramos de muestra}} \times 100 \quad (1)$$

Determinación de proteína

Se determinó por el método de Kjeldahl según el método 980.10 de la AOAC (2005). El proceso consistió en pesar 0.2500 g de muestra y adicionar 0.125 g de sulfato de cobre, 3 g de sulfato de potasio, 8 ml de ácido sulfúrico, para luego colocar en el balón de Kjeldahl. El balón fue calentado por 1 hora hasta que cese la formación de espuma. Seguidamente, se procedió con el proceso de digestión mediante ebullición vigorosa hasta que el contenido del balón muestre transparencia de un color ligeramente azul-verdoso, luego se apagó el equipo para que el humo cese y se enfríen los tubos del digestor por 30 minutos.

Una vez fríos los tubos, en el proceso de redistilación se adicionó 5 ml de agua destilada, 200 ml de hidróxido de sodio al 8%, para luego colocar en un Erlenmeyer la solución de ácido bórico al 8 % en cantidad de 8 ml, añadiendo 3-5 gotas de indicador (rojo y azul de metileno). Para la titulación se usó ácido sulfúrico 0.025 N, para obtener un cambio de color de verde esmeralda a rosado púrpura, donde se anotó el gasto. El nitrógeno total se determinó considerando 6.25 como factor de conversión de proteína. El cálculo de proteína se dio con la ecuación 2.

$$\% \text{ nitrógeno (N)} = \frac{\text{ml de H}_2\text{SO}_4 \text{ gasto} \times \text{NH}_2\text{SO}_4 \times 0.014}{\text{peso de muestra}} \times 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ proteína} = \% \text{ N} \times \text{factor proteico}$$

Determinación de humedad

La humedad se determinó por el método de gravimetría según el método 950.46 de la AOAC (2005). Para este proceso se pesó la placa Petri seca y enfriada, luego se pesó 5 g de muestra para llevarla a la estufa a 105 °C por 5 horas. Pasado ese periodo de tiempo se retiró la placa de la estufa y se procedió a enfriar en el desecador, para luego pesar y calcular con la ecuación 3.

$$\% \text{ H} = \left(\frac{M1 - M2}{PM} \right) \times 100 \quad (3)$$

Donde:

M1 = peso de capsula con la muestra húmeda.

M2 = peso de la capsula con la muestra seca.

PM = peso de la muestra tomada.

Determinación de cenizas

Para el cálculo de cenizas, se pesó 5 g de muestra en un crisol de porcelana previamente desecada, para luego incinerar en la mufla (Thermolyne, FB1415M 1400, EE.UU.), a temperatura de 550 °C por un periodo de 5 horas. Luego se retiró el crisol, se enfrió en campana de desecación y luego se pesó para calcular las cenizas con la ecuación 4.

$$\% \text{ de ceniza} = \left(\frac{a-b}{c} \right) \times 100 \quad (4)$$

Donde:

a = peso del crisol con ceniza.

b = peso del crisol vacío.

c = peso de la muestra.

Determinación de carbohidratos

La cuantificación de carbohidratos en los alimentos se realiza de forma indirecta, a través del método de diferenciación, el cual se basa en restar del 100 % el porcentaje de humedad, proteínas, grasas y cenizas previamente determinados (FAO, 2003). Por lo tanto, los carbohidratos se calcularon con la ecuación 5.

$$\text{Carbohidratos (\%)} = 100 - (\% \text{Humedad} + \% \text{Proteína} + \% \text{Grasa} + \% \text{Cenizas}) \quad (5)$$

2.2.8. Oxidación lipídica

La oxidación lipídica de las hamburguesas de trucha fue determinada cuantificación de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (thiobarbituric acid reactive substances, TBARS), de acuerdo al método Cd 19–90 descrito por la AOCS (1990), con modificaciones descritas por Patinho et al. (2021). A una alícuota de 7 g de hamburguesa se le añadió 0.015 g de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), 0.015 g de galato de propilo y 15 ml de una solución de ácido tricloroacético 7.5 ml/100 ml. El contenido fue agitado en vórtex (1800 rpm, 1 min) y se añadió 15 ml de una solución de ácido tricloroacético 7.5 ml/100 ml, para volver a agitar en vórtex. La mezcla fue filtrada en papel filtro de 125 mm (cualitativo N° 4) y se añadió 2.5 ml del filtrado a 2.5 ml de una solución acuosa de ácido tiobarbitúrico (TBA) (46 mM). Las muestras se llevaron a un baño de agua con agua hirviendo (95 ± 5 °C) durante 35 min y luego fueron enfriadas en hielo. La absorbancia (532 nm) fue medida en espectrofotómetro (Thermo Scientific, Genesys 150, EE. UU.), Los valores de TBARS se calcularon a partir de una curva estándar de 1,1,3,3-tetraetoxipropano, la cual se elaboró mediante soluciones de diferentes concentraciones del compuesto, obteniéndose la ecuación de regresión lineal $y = 0.1423x + 0.024$ ($R^2 = 0.999$) (Figura 41, Anexo 7), que evidenció elevada correlación entre la concentración del estándar y la absorbancia medida. Esta curva permitió determinar las concentraciones de malonaldehído (MDA) en las muestras, expresadas en mg MDA/kg, como indicador del grado de oxidación lipídica (Patinho et al., 2021). Los análisis fueron realizados por triplicado hasta 14 días de almacenamiento de las muestras a 4 °C.

2.2.9. Aceptabilidad sensorial

Fue evaluada la aceptabilidad sensorialmente por consumidores utilizando escala hedónica semi estructurada de 9 puntos, variando de “me disgusta extremadamente” a “me gusta extremadamente” (Peryam y Pilgrim, 1957). Fue realizada una única sesión de evaluación con 80 consumidores mayores de 18 años, conformados por estudiantes, docentes y administrativos de la Universidad Nacional de Jaén. Previamente, los consumidores leyeron y firmaron un consentimiento informado para informar sobre posibles riesgos y la confidencialidad de sus datos en el estudio (Figura 39, Anexos).

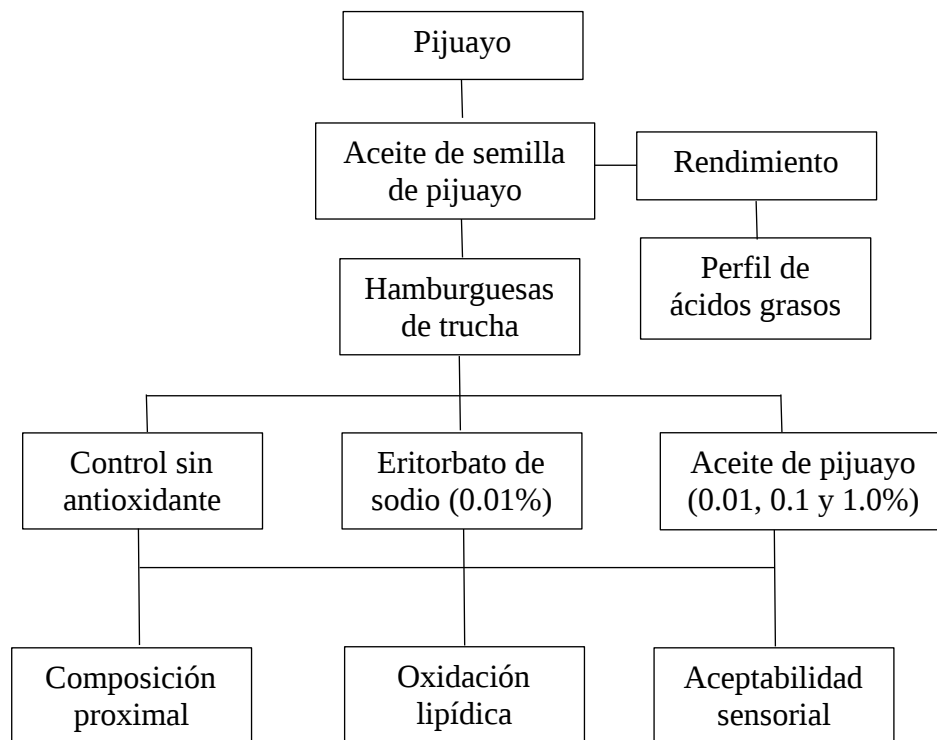
Las hamburguesas fueron cocidas en una plancha eléctrica a 150 °C, utilizando un termómetro digital de punción para monitorear la temperatura interna del producto. Una vez que esta alcanzó los 75 °C, se retiraron de la fuente de la plancha, se cortaron en porciones y se sirvieron a los consumidores a una temperatura de 45 °C, manteniéndose en baño maría por un tiempo máximo de 15 minutos. Cada consumidor recibió una muestra de 10 g en platos blancos con códigos aleatorios de tres dígitos, donde las muestras fueron proporcionadas de manera secuencial. Para limpiar el paladar entre muestras, los participantes consumieron agua.

2.2.10. Diseño experimental y análisis de datos

Fue utilizado un diseño completamente al azar (DCA) considerando como fuente de variación a los tratamientos de hamburguesa. Para la oxidación lipídica, fue aplicado un DCA con arreglo factorial, considerando como fuentes de variación los tratamientos y tiempos de almacenamiento (0, 7 y 14 días). En la Figura 3 se detalla el esquema experimental de la investigación. Los datos de composición proximal y oxidación lipídica fueron analizados mediante análisis de varianza (ANVA) para detectar diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). Cuando se identificaron diferencias, se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Para la aceptabilidad sensorial, al no cumplirse los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para comparar las medianas entre tratamientos.

Figura 3.

Esquema experimental de la investigación.



III. RESULTADOS

3.1. Rendimiento del aceite de semilla de pijuayo

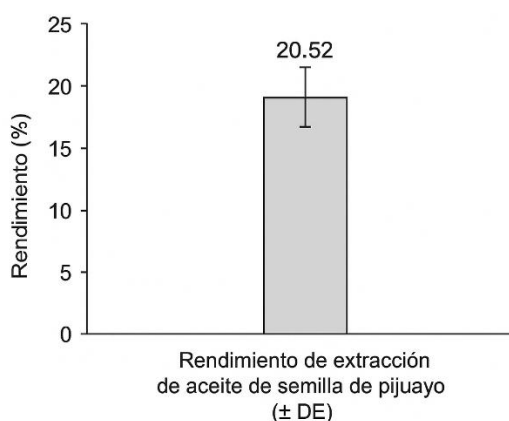
Se extrajo el aceite de la semilla de pijuayo utilizando el método de extracción Soxhlet, con el objetivo de obtener el mayor contenido lipídico posible. El procedimiento permitió aislar el aceite de las semillas previamente deshidratadas en estufa. El rendimiento de aceite se determinó en función del peso seco de la semilla utilizada.

En este estudio, se trabajó con un total de 16 kg de fruto fresco de pijuayo. A partir de esta cantidad de fruto fresco, se estimó la cantidad de semilla seca obtenida mediante la relación de transformación establecida: por cada 1 kg de fruto fresco, se obtuvo 18.33 g de semilla seca. Por lo tanto, de los 16 kg de fruto fresco, se obtuvo un total de 293.33 g de semilla seca.

Posteriormente, se extrajo el aceite de esta cantidad de semilla seca. A partir de 293.33 g de semilla seca, se obtuvo un total aproximado de 60.2 g de aceite, lo que representa un rendimiento de extracción de 20.52% (Figura 4) con respecto al peso seco de la semilla, lo cual evidencia una extracción eficiente y resalta a la semilla del pijuayo como fuente alternativa de lípidos.

Figura 4.

Rendimiento de extracción de aceite de semilla de pijuayo (Bactris gasipaes) expresado como promedio $\pm$ desviación estándar



3.2. Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de pijuayo

El perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de pijuayo se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.

Perfil de ácidos grasos del aceite de semilla de pijuayo (Bactris gasipaes) expresados en mg/g de aceite

Ácido graso	Promedio $\pm$ desviación estándar
C12:0 ácido láurico	555.95 $\pm$ 48.59
C14:0 ácido mirístico	229.41 $\pm$ 17.84
C16:0 ácido palmítico	60.32 $\pm$ 3.42
C18:0 ácido esteárico	17.81 $\pm$ 0.92
C18:1n-9 ácido oleico	91.62 $\pm$ 2.56
C18:1n-7 ácido cis-vaccénico	0.39 $\pm$ 0.16
C18:2n-6 ácido linoleico	34.29 $\pm$ 0.90
Total ácidos grasos	989.79
% saturados	87.24
% monoinsaturados	9.30
% poliinsaturados	3.46

Nota. Fueron realizadas tres repeticiones analíticas en el perfil de ácidos grasos.

El análisis de ácidos grasos del aceite extraído de la semilla de pijuayo mostró un alto contenido de ácidos grasos saturados (87.24%), siendo el ácido láurico (C12:0) el mayoritario con 64.38% del total de saturados, seguido del ácido mirístico (C14:0) con 26.57%, el ácido palmítico (C16:0) con 6.99% y el ácido esteárico (C18:0) con 2.06%. Se puede observar además que el ácido láurico presentó mayor variabilidad, tal como se observa el valor de la desviación estándar. Así, la proporción mayoritaria del ácido láurico respecto a los otros ácidos grasos implica que pequeñas variaciones entre réplicas se reflejan como una mayor dispersión de los datos. Los ácidos monoinsaturados representaron un 9.30% del total de ácidos grasos, donde el ácido oleico (C18:1n-9) fue el más abundante, en este tipo de ácidos grasos también se encontró una pequeña fracción del ácido cis-vaccénico (C18:1n-7). Los ácidos grasos poliinsaturados solo alcanzaron un 3.46% del total de ácidos grasos, con el ácido linoleico (C18:2n-6) como el único componente poliinsaturado.

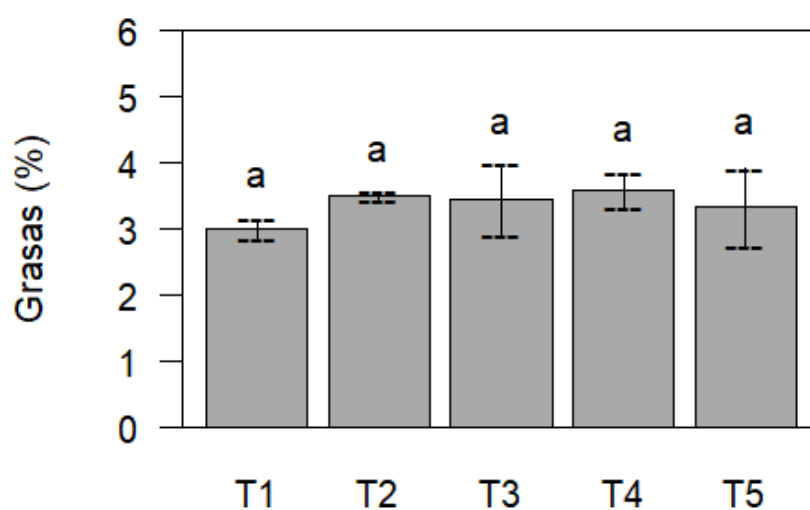
3.3.Composición proximal de la hamburguesa de trucha (*Oncorhynchus mykiss*)

Grasas

En la Figura 5 muestra el porcentaje promedio de grasa en las hamburguesas evaluadas según los diferentes tratamientos. No se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre ellos, evidenciado por la misma letra "a" en el análisis estadístico. Esto indica que la adición de aceite de semilla de pijuayo, incluso en su mayor concentración (T5), no tuvo un impacto significativo en el contenido de grasa del producto final. Los valores se mantuvieron dentro de un rango similar en todos los tratamientos, lo que sugiere que la formulación base de la hamburguesa tiene mayor influencia sobre este parámetro.

Figura 5.

Porcentaje de grasas (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.



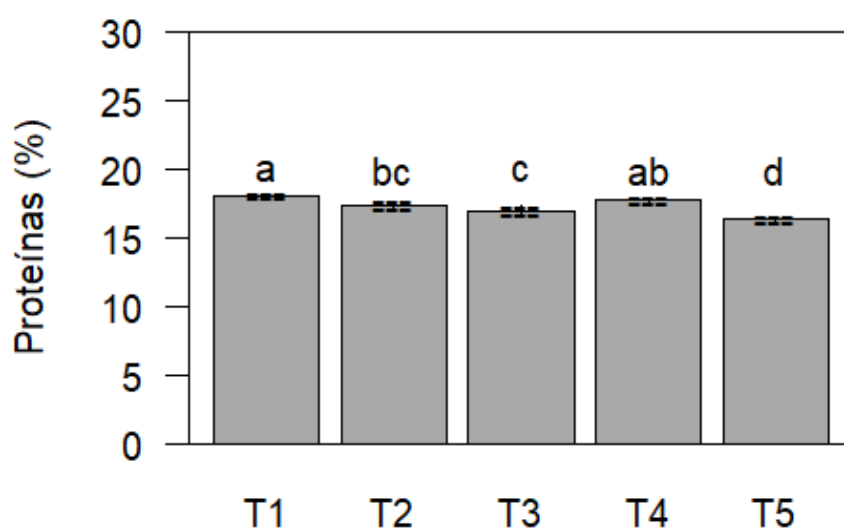
Nota: Letras distintas significan diferencias significativas entre los tratamientos ($P < 0.05$) según la prueba de Tukey. Tratamiento control; T2: eritorbato de sodio 0.01%; T3: aceite de semilla de pijuayo 0.01%; T4: aceite de semilla de pijuayo 0.1%; y T5: aceite de semilla de pijuayo 1%.

Proteínas

La Figura 6 muestra el porcentaje promedio del contenido de proteínas en las hamburguesas de trucha según cada tratamiento. Se observa que el tratamiento control (T1) presentó el mayor contenido de proteínas, siendo significativamente diferente ($p < 0.05$) del tratamiento T5, que incluyó aceite de semilla de pijuayo al 1% y registró el menor porcentaje de proteínas. Los tratamientos T2 (eritorbato de sodio al 0.01%) y T3 (aceite de semilla de pijuayo al 0.01%) comparten la letra "c", mientras que T4 (aceite de semilla de pijuayo al 0.1%) se ubica en una posición intermedia con la letra "ab". Estos resultados evidencian que la adición de aceite de semilla de pijuayo influye en la disminución del contenido proteico, siendo este efecto más marcado a mayor concentración del aceite, como se refleja en el análisis de Tukey, donde el tratamiento T5 muestra la diferencia más significativa en comparación con el resto de los tratamientos.

Figura 6.

Porcentaje de proteínas (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.



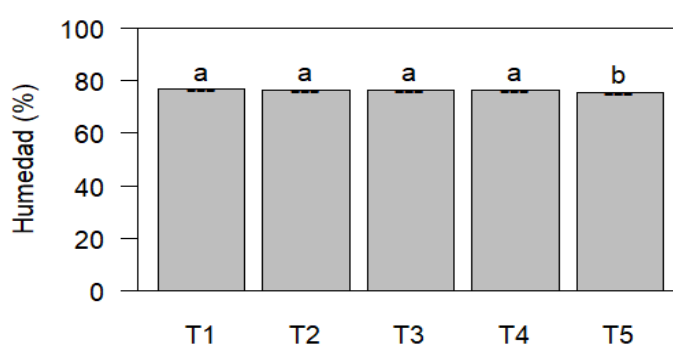
Nota: Letras distintas significan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey. T1: Tratamiento control; T2: eritorbato de sodio 0.01%; T3: aceite de semilla de pijuayo 0.01%; T4: aceite de semilla de pijuayo 0.1%; y T5: aceite de semilla de pijuayo 1%.

Humedad

En la Figura 7 se presenta el porcentaje promedio de la humedad de hamburguesas por cada tratamiento. Se observa que la hamburguesa control (T1), hamburguesa con eritorbato de sodio al 0.01% (T2) y hamburguesas con aceite de semilla de pijuayo en concentraciones de 0.01 y 0.1 % (T3 y T4) no presentaron diferencia significativa ($p>0.05$) en torno a este parámetro; sin embargo, la hamburguesa con adición de aceite de semilla de pijuayo al 1% (T5) logro un menor porcentaje de humedad que resulta ser significativamente diferente a los demás tratamientos ($p<0.05$), representado por la letra "b" correspondiente al análisis de Tukey.

Figura 7.

Porcentaje de humedad (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.



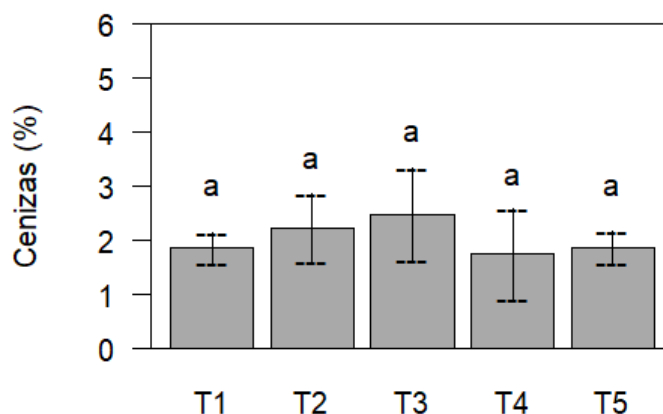
Nota: Letras distintas significan diferencias significativas entre los tratamientos ($p<0.05$) según la prueba de Tukey. T1: Tratamiento control; T2: eritorbato de sodio 0.01%; T3: aceite de semilla de pijuayo 0.01%; T4: aceite de semilla de pijuayo 0.1%; y T5: aceite de semilla de pijuayo 1%.

Cenizas

La Figura 8 muestra el promedio del contenido de cenizas en las hamburguesas según cada tratamiento. No se encontraron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos, ya que todos comparten la misma letra ("a") en el análisis de Tukey. Esto indica que la adición de eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo en distintas concentraciones no tuvo un efecto significativo.

Figura 8.

Porcentaje de cenizas (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.



Nota: T1: Tratamiento control; T2: eritorbato de sodio 0.01%; T3: aceite de semilla de pijuayo 0.01%; T4: aceite de semilla de pijuayo 0.1%; y T5: aceite de semilla de pijuayo 1%.

Carbohidratos

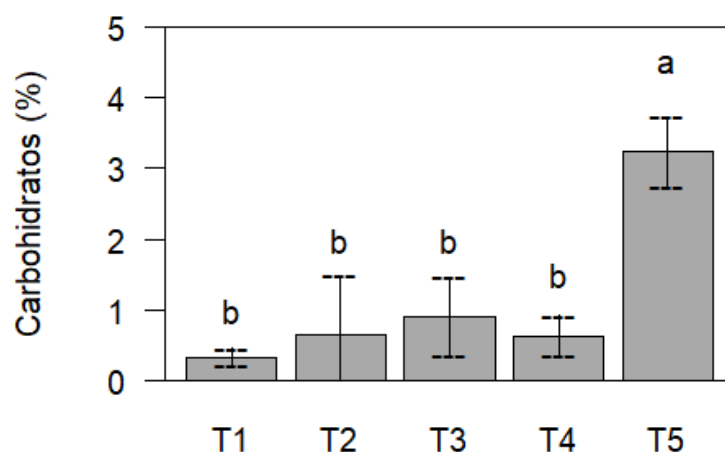
La Figura 9 presenta el porcentaje promedio de carbohidratos en las hamburguesas evaluadas según cada tratamiento. Se observa que la hamburguesa correspondiente al tratamiento T5 (aceite de semillas de pijuayo al 1%) tiene el mayor contenido de carbohidratos, siendo significativamente diferente ($p < 0.05$) de los demás tratamientos, lo cual se indica con la letra "a".

Por otro lado, los tratamientos T1 (control), T2 (eritorbato de sodio al 0.01%), T3 (aceite de semillas de pijuayo al 0.01%) y T4 (aceite de semillas de pijuayo al 0.1%) comparten la letra "b", lo que muestra que no existen diferencias significativas entre estos en cuanto al contenido de carbohidratos.

Estos resultados indican que la inclusión de aceite de semillas de pijuayo al 1% (T5) tiene un efecto significativo en el aumento del contenido de carbohidratos en las hamburguesas, mientras que concentraciones menores no generan alteraciones significativas en este parámetro.

Figura 9.

Porcentaje de carbohidratos (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes



Nota: Letras distintas significan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey. T1: Tratamiento control; T2: eritorbato de sodio 0.01%; T3: aceite de semilla de pijuayo 0.01%; T4: aceite de semilla de pijuayo 0.1%; y T5: aceite de semilla de pijuayo 1%.

3.4.Oxidación lipídica

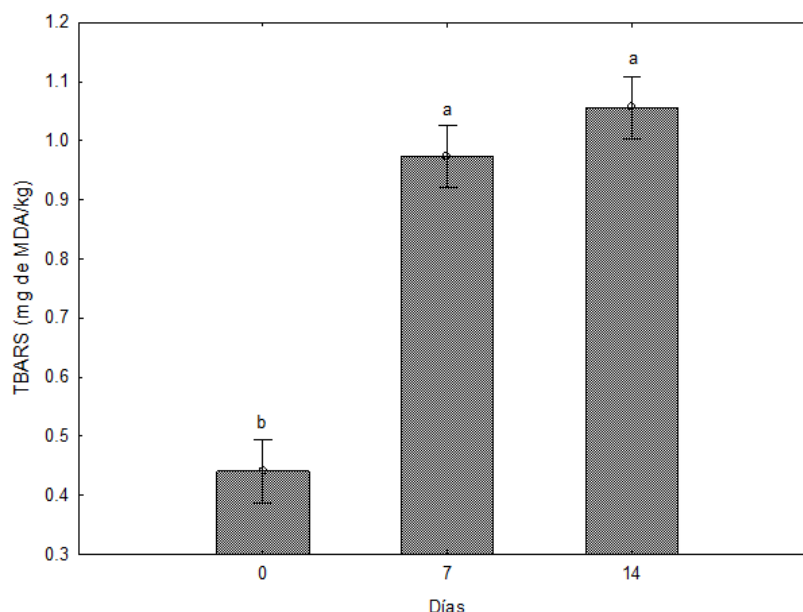
El análisis de la oxidación lipídica en las muestras de hamburguesa de trucha se realizó mediante la determinación del índice de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (*thiobarbituric acid reactive substances* – TBARS). De acuerdo con el análisis de la varianza (Figura 10), hubo efecto significativo en los tratamientos y días de almacenamiento, pero no en la interacción de estos factores. Las comparaciones entre días de almacenamiento, entre tratamientos, así como el consolidado de tratamientos y días son mostradas en las Figuras 10, 11 y 12, respectivamente.

Respecto a los días de almacenamiento, los resultados mostrados en la Figura 10 evidencian un incremento significativo en los niveles de oxidación conforme avanzaron los días. Las muestras analizadas en el día 0 (frescas) presentaron el valor más bajo de TBARS (≈ 0.4 mg de malondialdehído (MDA)/kg), siendo estadísticamente diferente ($p < 0.05$) respecto a los valores obtenidos en los días 7 y 14. A partir del día 7, se observó un aumento significativo en los valores de TBARS

(≈ 1.0 mg de MDA/kg), el cual no presentó diferencia estadística con el día 14 ($p>0.05$), lo que indica una estabilización del proceso oxidativo en este periodo.

Figura 10.

Oxidación lipídica (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes, evaluada por días de almacenamiento.

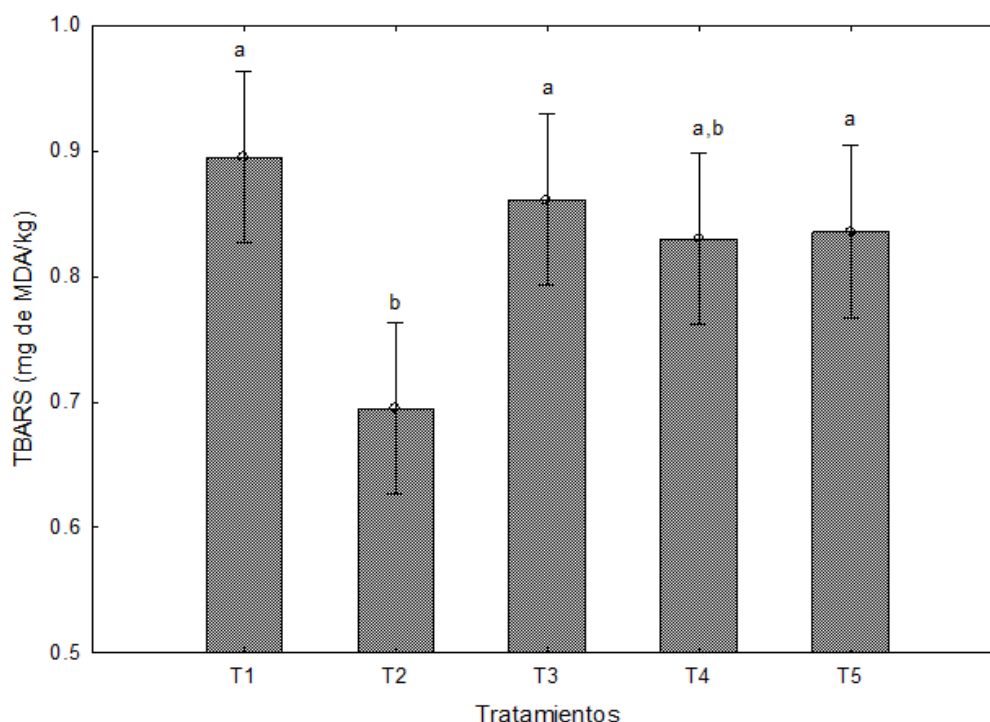


Nota: Letras distintas significan diferencias significativas entre los días de almacenamiento ($p<0.05$) según la prueba de Tukey.

Respecto a la comparación de tratamientos, los resultados indican que el tratamiento T2 (eritorbato de sodio al 0.01%) presentó el valor más bajo de TBARS, lo que sugiere una menor oxidación de los lípidos (Figura 10). Este resultado es esperado dado que la función principal del eritorbato de sodio es retardar la oxidación lipídica en alimentos. En contraste, se observa que la inclusión de aceite de semilla de pijuayo aumentó la oxidación lipídica de las hamburguesas en niveles comparables al tratamiento control (T1), no obstante, el tratamiento T4 (aceite de semillas de pijuayo al 0.1%) fue estadísticamente similar ($p>0.05$) al tratamiento con eritorbato de sodio (T2), lo que sugiere que el aceite de pijuayo al 0.1% de concentración en la hamburguesa puede ser comparable al antioxidante sintético.

Figura 11.

Oxidación lipídica (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes, evaluada entre tratamientos.

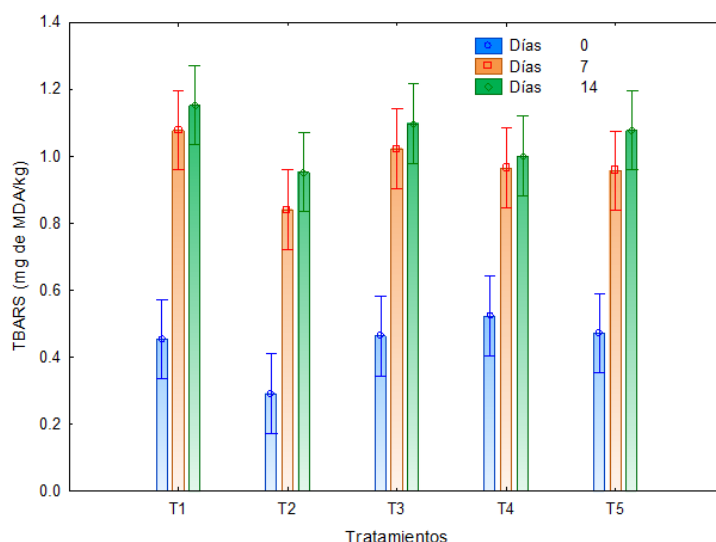


Nota: Letras distintas significan diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey. T1: Tratamiento control; T2: eritorbato de sodio 0.01%; T3: aceite de semilla de pijuayo 0.01%; T4: aceite de semilla de pijuayo 0.1%; y T5: aceite de semilla de pijuayo 1%.

El consolidado de la oxidación lipídica según tratamientos y días de almacenamiento se muestra en la Figura 11. Es posible observar aumento de la oxidación lipídica a partir del día 7 de almacenamiento, pero en el día 14 no hubo un gran incremento para todos los tratamientos, observación similar a la de la Figura 10. El tratamiento T2 (eritorbato de sodio al 0.01%) presenta menor oxidación en todos los días evaluados respecto a los otros tratamientos, asimismo, el tratamiento control (T1) presenta las barras más grandes en todos los días comparado a los otros tratamientos, lo cual es esperado, ya que no fue adicionado antioxidantes.

Figura 12.

Oxidación lipídica (promedio $\pm$ desviación estándar) en hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes, evaluada entre tratamientos y días de almacenamiento.



Nota: T1: Tratamiento control; T2: eritorbato de sodio 0.01%; T3: aceite de semilla de pijuayo 0.01%; T4: aceite de semilla de pijuayo 0.1%; y T5: aceite de semilla de pijuayo 1%.

Se observa además que de acuerdo con el tamaño de las barras en los tratamientos conteniendo aceite de semilla de pijuayo, el tratamiento T4 presentó menor oxidación principalmente en el día 14, lo que pudo haber resultado en la falta de diferencia estadística con el tratamiento contenido eritorbato de sodio (T2), lo cual es positivo en el propósito de sustituir este aditivo por una fuente natural, como es el caso del aceite de semilla de pijuayo.

3.5. Aceptabilidad sensorial

El análisis sensorial es un factor determinante en la aceptación del producto final, ya que permite evaluar características como sabor, textura, color y aroma. Estos atributos pueden ser evaluados de manera general mediante escala hedónica, y en el presente estudio se utilizó escala semiestructurada de 9 cm (Figura 40, Anexos). La evaluación sensorial fue realizada utilizando un panel de 80 consumidores entre varones y mujeres, quienes analizaron los tratamientos de hamburguesas de trucha.

Entre los datos colectados de los consumidores se tiene: rango de edad de 18 a 35 años, 17 declararon consumir trucha de 1 a 3 veces por semana, 12 declararon consumir trucha cada 15 días, 20 declararon consumir una vez al mes y 31 declararon consumir ocasionalmente. Estas informaciones son importantes para los resultados, ya que indican que los participantes tienen familiaridad con el consumo de trucha, por lo tanto, se sugiere que las hamburguesas fueron analizadas correctamente.

La aceptabilidad sensorial promedio para tratamiento fue el siguiente: T1 = 6.32; T2 = 5.91; T3 = 5.66; T4 = 5.73; y T5 = 5.61. Estos valores fueron obtenidos a partir de los resultados que se muestran en la Tabla 26 del Anexo 9. Los promedios superan la mitad de la escala utilizada, es decir, los 4.5 puntos, clasificado como “Ni me gustó ni me disgustó”, lo que sugiere que las hamburguesas fueron aceptables para los consumidores.

Según los supuestos del análisis de la varianza (normalidad y homogeneidad de varianza), los datos no presentaron un comportamiento normal según la Tabla 23 (en Anexo 8), por lo ello, no fue realizado el análisis de la varianza. En este sentido, los datos fueron analizados por estadística no paramétrica, con la prueba de Kruskal-Wallis. Los resultados, presentados en la Tabla 3, indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ($p = 0.1658$, Tabla 3), lo que sugiere que el uso de aceite de semillas de pijuayo no afecta negativamente la aceptación sensorial de la hamburguesa de trucha.

Tabla 3.

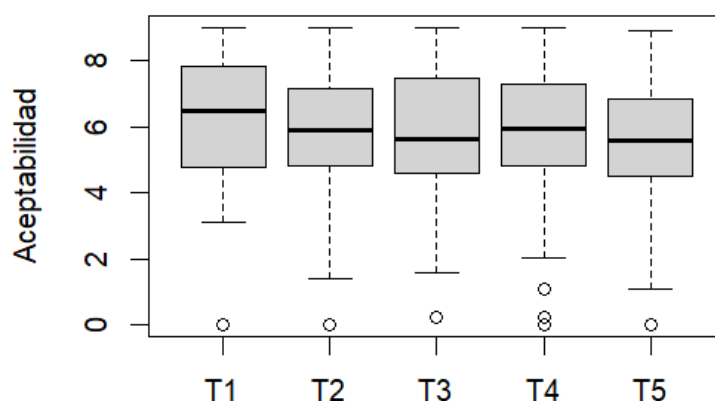
Aceptabilidad sensorial de hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes, analizados con la prueba de Kruskal-Wallis.

Tratamientos	N	Suma de rangos	Rango medio
T1	80	18108.00	226.3500
T2	80	15562.50	194.5313
T3	80	15609.00	195.1125
T4	80	16345.00	204.3125
T5	80	14575.50	182.1937
Kruskal-Wallis test: $H(4, N= 400) = 6.484125$; $p = 0.1658$			

En la distribución de los resultados mostrados en la gráfica de bigotes de la Figura 13, se observa que todos los tratamientos recibieron valores de mediana por encima de los 5 puntos, lo cual corresponde a la nota “me gusta ligeramente”. Asimismo, la posición del intervalo intercuartil (región sombreada) refuerza esa afirmación.

Figura 13.

Gráfico de bigotes de la aceptabilidad sensorial de hamburguesas de trucha conteniendo eritorbato de sodio o aceite de semilla de pijuayo como antioxidantes.



Nota: Las cajas sombreadas representan el rango intercuartílico, las líneas internas resaltadas indican la mediana, y los círculos representan valores atípicos. T1: Tratamiento control; T2: eritorbato de sodio 0.01%; T3: aceite de semilla de pijuayo 0.01%; T4: aceite de semilla de pijuayo 0.1%; y T5: aceite de semilla de pijuayo 1%.

El tratamiento T1 registró la mediana más alta de aceptabilidad, evidenciando una mejor percepción por parte de los evaluadores en comparación con los demás tratamientos. Los tratamientos T2, T3 y T4 mostraron medianas de aceptabilidad ligeramente inferiores a T1, mientras que el tratamiento T5 presentó la mediana más baja, indicando una menor aceptación general. Asimismo, se identificaron valores atípicos en todos los tratamientos, donde algunos evaluadores otorgaron puntajes considerablemente bajos. Estos valores atípicos son indicadores de la falta de normalidad de los datos, requisito para el análisis de la varianza. Sin embargo, en todos los casos, los valores máximos de aceptabilidad se aproximaron a 9 (puntaje máximo de escala de aceptación), sugiriendo que, a pesar de las variaciones individuales, existió un grupo de evaluadores que calificó positivamente los tratamientos.

IV. DISCUSIÓN

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar el efecto del aceite vegetal de semilla de pijuayo (*Bactris gasipaes*) como sustituto de eritorbato de sodio en hamburguesa de trucha. Para ello, se planteó evaluar el rendimiento de extracción del aceite, el perfil de ácidos grasos del aceite extraído, y la aplicación en hamburguesa de trucha mediante evaluación de la composición proximal, oxidación lipídica y aceptabilidad sensorial.

El rendimiento de extracción del aceite de semilla de pijuayo obtenido en el presente estudio fue de 20.52 %, a partir de 293.33 g de semilla seca, lo que permitió recuperar aproximadamente 60.2 g de aceite. Este resultado es superior al rendimiento reportado por Radice et al. (2014), quienes obtuvieron un 11.5 % de extracción de aceite de pijuayo utilizando un método similar. Esta diferencia podría atribuirse a variables como el origen del fruto, las condiciones de secado, el tiempo de almacenamiento, la madurez de la semilla y la eficiencia del proceso de extracción. Asimismo, Jaih et al. (2019) reportaron rendimientos de entre 8 % y 9.8 % para el aceite de semilla de palma, lo que refuerza la eficiencia del pijuayo como fuente oleaginosa. Considerando que el aceite de palma es ampliamente utilizado en la industria alimentaria, el rendimiento superior del aceite de semilla de pijuayo evidencia su potencial como alternativa viable para aplicaciones tecnológicas.

Respecto al perfil de ácidos grasos, Radice et al. (2014) señalaron que el perfil del aceite de semilla de pijuayo es similar al del aceite de palma, y recomendaron realizar futuras investigaciones sobre su posible efecto antioxidante en alimentos. No obstante, hasta la fecha no se han reportado estudios que evalúen su uso directo en productos cárnicos o pesqueros. Por tanto, el presente trabajo representa una contribución pionera al proponer la aplicación del aceite de semilla de pijuayo como sustituto natural del eritorbato de sodio en hamburguesas de trucha. Según Radice et al. (2014), el aceite extraído de la semilla de *Bactris gasipaes* presentó un alto contenido de ácidos grasos saturados, destacando el ácido láurico (33.29 %) y el ácido mirístico (27.76 %) como los principales componentes. Asimismo, la fracción insaponificable (3.01 %) estuvo compuesta principalmente por β -sitosterol y escualeno.

Investigaciones previas relacionaron el perfil de ácidos grasos de aceites vegetales obtenidos de semillas con su actividad antioxidante, de los cuales indicaron que una mayor proporción de ácido oleico estaría implicado con la actividad antioxidante

(Atolani et al., 2012; Harkat et al., 2022; Nawirska-Olszańska et al., 2013; Sahari et al., 2004). El ácido oleico es un ácido graso monoinsaturado reconocido por su efecto positivo sobre la estabilidad oxidativa de los aceites, así como por sus beneficios nutricionales y funcionales en la formulación de alimentos. En el presente estudio, el contenido de ácido oleico en el aceite de semilla de pijuayo fue de 91.62 ± 2.56 mg/g de aceite, que según el total de ácidos grasos presentes (989.79 mg/g de aceite, ver Tabla 2), representa el 9.26 %, valor inferior a lo reportado por Radice et al. (2014), quienes observaron 24.3 % de ácido oleico en aceite de semilla de pijuayo. Sahari et al. (2004) observaron que el aceite de semilla de té, con un contenido de 56 % de ácido oleico, mostró una vida útil superior a la del aceite de girasol y oliva cuando fue sometido a temperaturas de 63 °C. Además, demostraron que al agregar solo un 5 % de este aceite al aceite de girasol, se mejoró su estabilidad oxidativa, lo que evidencia la capacidad antioxidante natural del ácido oleico en combinación con otros compuestos bioactivos presentes en el aceite. Por su parte, Harkat et al. (2022) reportaron que el aceite de semilla de palma contiene entre 42.74 % y 50.19 % de ácido oleico, lo cual se asoció con una alta capacidad antioxidante. Estudios adicionales como el de Nawirska-Olszańska et al. (2013), indicaron que las semillas de zapallo con mayor proporción de ácido oleico también mostraron mejores propiedades antioxidantes.

Aunque la proporción de ácido oleico en la presente investigación fue inferior a lo reportado en esos antecedentes, la presencia de este ácido graso puede estar asociado a la actividad antioxidante del aceite de semilla de pijuayo. Por ello, fue evaluado la aplicación del aceite como sustituto del antioxidante sintético (eritorbato de sodio) en hamburguesa de trucha. Los resultados del análisis de oxidación lipídica muestran que la inclusión de aceite de semilla de pijuayo en la formulación de hamburguesas de trucha tiene un impacto variable en la estabilidad oxidativa del producto, dependiendo de la concentración utilizada. Particularmente, en la concentración intermedia (T4, 0.1%), los valores de TBARS no mostraron diferencias significativas con el antioxidante sintético, siendo los menores valores de oxidación obtenidos (ver Figura 10). Esto sugiere que, en niveles moderados, la adición de aceite de semilla de pijuayo no compromete la estabilidad oxidativa del producto siendo similar al eritorbato de sodio. Por el contrario, un aumento en la concentración de aceite de pijuayo (T5, 1%) aumentó la oxidación de las hamburguesas, sugiriendo un efecto prooxidante. Este resultado concuerda con lo reportado por Monteschio et

al. (2021), quienes aplicaron aceite de copaíba (*Copaifera officinalis* L.) en dos concentraciones (0.05% y 0.1%) en hamburguesa de cordero, y observaron que en la menor concentración se tuvo mejor efecto antioxidante. Los autores sugieren que la estabilidad oxidativa de los lípidos depende del balance de componentes antioxidantes y prooxidantes.

Por otro lado, además de la asociación del ácido oleico con la estabilidad oxidativa, otros factores pueden estar implicados. En este sentido, Choudhary et al. (2023) relata que la oxidación lipídica aumenta cuando existe mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados, siendo que los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son más resistentes a la oxidación. Entonces, los ácidos grasos saturados en el aceite de semilla pijuayo (Tabla 2) pudieron haber contribuido también con la estabilidad oxidativa de las hamburguesas. Asimismo, es importante considerar la presencia de compuestos que pueden tener actividad antioxidante en los aceites vegetales. De este modo, Radice et al. (2014) mencionaron que el aceite de semilla de pijuayo contiene compuestos insaponificables como el β -sitosterol y el escualeno, los cuales podrían brindar actividad antioxidante al aceite. Sin embargo, la identificación de compuestos antioxidantes fue una limitación en el presente estudio, por lo que sugiere estudiarlos futuramente.

Respecto a la composición proximal de la hamburguesa de trucha, los resultados indican que la incorporación de aceite de semilla de pijuayo en concentraciones moderadas (0.01% y 0.1%) no produce cambios significativos. No obstante, el uso de una concentración más alta (1%) genera modificaciones importantes en la proteínas, humedad y carbohidratos. En el análisis de proteínas, se observó que el tratamiento T5 obtuvo niveles ligeramente inferiores al tratamiento control (T1), no obstante, fue una disminución significativa ($p < 0.05$) (Figura 6). Una posible explicación de esta disminución proteica se deba a que los lípidos interactúan con las proteínas a través de enlaces de hidrógeno, electrostático, covalente, hidrofóbico y de van der Waals, formando complejos proteína-lípido durante el procesamiento de los alimentos (Alzagat y Alli, 2002). De esta forma, es posible que la formación de estos complejos haya interferido en la cuantificación de proteínas, es decir, pudo haber existido menor disponibilidad de proteínas para su cuantificación en las hamburguesas de trucha debido a la máxima inclusión de aceite de pijuayo (T5, 1%). Asimismo, la formación de estos complejos (proteína-lípido) pudo haber afectado la cuantificación de humedad en las hamburguesas en términos proporcionales, ya que

el tratamiento T5 (aceite de semilla de pijuayo al 1%) presentó un menor porcentaje de humedad, siendo significativamente inferior al tratamiento T1 ($p < 0.05$). En promedio, la disminución de humedad entre T5 y T1 fue de 1.5% (valor obtenido de los datos promedio disponibles en la Tabla 25 del Anexo 9), lo cual se asemeja a la cantidad de carne de trucha retirada de la formulación de la hamburguesa correspondiente a la incorporación de aceite en T5 (1% de disminución entre T5 y T1, ver Tabla 1). Al respecto, es importante destacar que el filete de trucha es fuente importante de agua, tal como lo reportaron López y Chunguel (2024) en su tesis realizada con filetes de trucha obtenidas de la misma procedencia (empresa EcoFriendly) que en el presente estudio, quienes observaron que el contenido de humedad de los filetes de trucha varió de 72.05% a 75.13%. En relación con el contenido de carbohidratos, debido a que su cálculo depende de la cuantificación de otros nutrientes (ver ecuación 5), la disminución en el contenido de humedad y de proteínas causó el aumento proporcional de carbohidratos en T5 comparado al resto de tratamientos.

En cuanto a la aceptabilidad sensorial, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, lo que sugiere que la inclusión de aceite de semilla de pijuayo en la formulación de hamburguesas de trucha no afecta negativamente la percepción del consumidor. Esta observación cobra especial relevancia en un contexto de mercado cada vez más exigente y consciente de la salud, donde la demanda de alimentos libres de aditivos sintéticos continúa en aumento (Rios-Mera et al., 2021).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El aceite vegetal de semilla de pijuayo (*Bactris gasipaes*) demostró ser una fuente lipídica importante, alcanzando un rendimiento del 20.52%, lo cual lo posiciona como una materia prima de alto valor para su aplicación en productos alimenticios. Su perfil de ácidos grasos se caracterizó por un predominio de compuestos saturados, como los ácidos láurico y mirístico, seguido de ácidos grasos monoinsaturados, principalmente ácido oleico. La fracción minoritaria estuvo compuesta por los ácidos grasos poliinsaturados, mediante la presencia del ácido linoleico.

La inclusión del aceite en concentraciones moderadas (0.01 % y 0.1 %) no generó cambios significativos en la composición proximal de las hamburguesas de trucha. Sin embargo, a una concentración más alta (1 %), se observaron modificaciones como un aumento del contenido de carbohidratos y una ligera disminución del contenido proteico y de humedad.

El análisis de oxidación lipídica indicó que en concentración moderada de aceite de semilla de pijuayo (0.1%) no afectan negativamente la estabilidad oxidativa del producto, siendo similar al antioxidante sintético (eritorbato de sodio).

Desde el punto de vista sensorial, todos los tratamientos fueron bien aceptados por los consumidores, sin diferencias significativas con el tratamiento control, lo que valida la viabilidad del uso del aceite como sustituto del eritorbato de sodio en hamburguesa de trucha. Si bien el tratamiento con mayor concentración (T5) mostró una ligera tendencia a menor aceptación, en general se mantuvo dentro de niveles de aceptabilidad moderada a alta.

5.2.Recomendaciones

Se recomienda que, en investigaciones futuras, realizadas por estudiantes e investigadores, se evalúe directamente la capacidad antioxidante del aceite de semilla de pijuayo mediante ensayos específicos como DPPH, ABTS o FRAP, con el fin de confirmar cuantitativamente su efecto en la formulación de alimentos. Asimismo, es pertinente profundizar en el análisis de los compuestos bioactivos presentes, tales como los tocoferoles, por su papel clave en la prevención de la oxidación lipídica.

A nivel industrial, se sugiere considerar el aceite de semilla de pijuayo como un ingrediente alternativo en la elaboración de productos pesqueros, validando previamente su desempeño en condiciones de procesamiento y almacenamiento a gran escala para asegurar su viabilidad tecnológica.

Finalmente, en el ámbito sensorial, se recomienda que futuras evaluaciones incluyan atributos específicos como color, jugosidad, textura y perfil aromático, lo que permitirá obtener una caracterización más completa del impacto del aceite en la calidad sensorial del producto final.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (2005). Official methods of analysis (18th ed.). Rockville, Maryland: Association of Official Analytical Chemists.

AOCS. (1990). Official method Cd 19-90: Thiobarbituric acid value. *In* Official methods and recommended practices of the AOCS (15th ed.). American Oil Chemists' Society.

Alzagat, A. A., & Alli, I. (2002). Protein–lipid interactions in food systems: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 53(3), 249–260. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09637480220132850>

Atolani, O., Omere, J., Otuechere, C. A., y Adewuyi, A. (2012). Antioxidant and cytotoxicity effects of seed oils from edible fruits Antioxidant Cytotoxicity Fatty acids Seed oils. www.jadweb.org

Cahoon, E. B., Shockey, J. M., Dietrich, C. R., Gidda, S. K., Mullen, R. T., & Dyer, J. M. (2007). Engineering oilseeds for sustainable production of industrial and nutritional feedstocks: Solving bottlenecks in fatty acid flux. *Current Opinion in Plant Biology*, 10(3), 236–244. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369526607000404>

Choudhary, B., Khandwal, D., Gupta, N. K., Patel, J., & Mishra, A. (2023). Nutrient Composition, Physicobiochemical Analyses, Oxidative Stability and Antinutritional Assessment of Abundant Tropical Seaweeds from the Arabian Sea. *Plants*, 12(12), 2302. <https://doi.org/10.3390/plants12122302>

Donayre Linares, G. I., y Montalván Vásquez, J. L. (2019). Composición nutricional, capacidad antioxidante, compuestos fenólicos totales y β -caroteno en pulpa cruda y cocida de dos variedades de *Bactris gasipaes* H.B.K. (pijuayo) [Tesis profesional, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana]. Repositorio RENATI. <http://repositorio.unapikitos.edu.pe/handle/20.500.12737/6466>

Fan, L., & Eskin, N. A. M. (2015). The use of antioxidants in the preservation of edible oils. En F. Shahidi (Ed.), *Handbook of antioxidants for food preservation* (pp. 373–388). Woodhead Publishing. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781782420897000154?via%3Dihub>

FAO. (2003). *Energía alimentaria: métodos de análisis y factores de conversión. Informe de un taller técnico* (Documento de la FAO sobre alimentación y nutrición N° 77). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. <https://www.fao.org/3/y5022e/y5022e00.htm>

Figueirêdo, B. C., Trad, I. J., Mariutti, L. R. B., y Bragagnolo, N. (2014). Effect of annatto powder and sodium erythorbate on lipid oxidation in pork loin during frozen storage. *Food Research International*, 65, 137–143. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.07.016>

Hammami, B., Ghannay, S., Arraouadi, S., et al. (2025). Fatty acid profiling and bioactive potential of date palm (*Phoenix dactylifera*) seed oil: Antioxidant, antimicrobial, and α -glucosidase inhibitory activities. *Discover Applied Sciences*, 7, 318. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42452-025-06780-1>

Harkat, H., Bousba, R., Benincasa, C., Atrouz, K., Gültekin-özgüven, M., Altuntaş, Ü., Demircan, E., Zahran, H. A., y Özçelik, B. (2022). Assessment of Biochemical Composition and Antioxidant Properties of Algerian Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) Seed Oil. *Plants*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/plants11030381>

Ichihara K. y Fukubayashi Y. 2010. Preparation of fatty acid methyl esters for gas-liquid chromatography. *J Lipid Res.* 2010 Mar; 51(3):635-40.

Jaih, A. A. M., Abdul Rahman, R., Abdull Razis, A. F., Ariffin, A. A., Al-Awaadh, A. A., y Suleiman, N. (2019). Fatty acid, triacylglycerol composition and antioxidant properties of date seed oil. *International Food Research Journal*, 26(2), 517–527. <https://www.researchgate.net/publication/333058488>

López Farfán, E. J., & Chinguel Velasquez, Y. C. (2024). Calidad sensorial y proximal de filetes de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) alimentadas con dietas balanceadas incluyendo ensilado a base de residuos hidrobiológicos [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio institucional UNJ. <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/792>

Loreto, C. B. (2010). Determinación de la pérdida de calidad funcional, química, sensorial y microbiológica del belly de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) durante su conservación en refrigeración. Chile: Repositorio Académico de la universidad de Chile. Retrieved from <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/115625>

McKeon, T. A., Hayes, D. G., Hildebrand, D. F., & Weselake, R. J. (2016). Chapter 1 - Introduction to industrial oil crops. En T. A. McKeon, D. G. Hayes, D. F. Hildebrand, & R. J. Weselake (Eds.), *Industrial oil crops* (pp. 1–13). AOCS Press. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781893997981000014>

Monteschio, J. O., de Vargas Junior, F. M., Alves da Silva, A. L., das Chagas, R. A., Fernandes, T., Leonardo, A. P., et al. (2021) Efecto del aceite esencial de copaiba (*Copaifera officinalis* L.) como conservante natural en la oxidación y la vida útil de hamburguesas de oveja. PLoS ONE 16(3): e0248499. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0248499>

Munekata, P. E., Barba, F. J., Pateiro, M., Lucini, L., Domínguez, R., y Lorenzo, J. M. (2020). Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: an overview. *Current Opinion in Food Science*, 31, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.003>

Nawirska-Olszańska, A., Kita, A., Biesiada, A., Sokół-Łętowska, A., y Kucharska, A. Z. (2013). Characteristics of antioxidant activity and composition of pumpkin seed oils in 12 cultivars. *Food Chemistry*, 139(1–4), 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.009>

Patinho, I., Saldaña, E., Selani, M. M., Teixeira, A. C. B., Menegali, B. S., Merlo, T. C., Contreras-Castillo, C. J. (2021). Original burger (traditional) or burger with mushroom addition? A social representation approach to novel foods. *Food Research International*, 147, 110551. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110551>

Patton, B. (2018). Evaluation Of Celery Powder And Cherry Powder As Alternatives To Sodium Nitrite And Sodium Erythorbate In Restructured Beef Jerky. <https://asu-ir.tdl.org/server/api/core/bitstreams/f68c6da6-3406-44b6-abb2-1a880f63ad76/content>

Peryam, D. R., y Pilgrim, F. J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, 9–14.

Pimiento, F. K. L., Varela, V. P. A., & Velandia P. D. A. (2023). Productos y subproductos cárnicos: principales aditivos y sus efectos en la salud humana. Revisión sistemática de literatura. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/entities/publication/815665f9-d858-45ae-b27b-48cc98e41d5c>

Radice, M., Viafara, D., Neill, D., Asanza, M., Sacchetti, G., Guerrini, A., y Maietti, S. (2014). Chemical characterization and antioxidant activity of Amazonian (Ecuador) *Caryodendron orinocense* Karst. and *Bactris gasipaes* kunth seed oils. *Journal of Oleo Science*, 63(12), 1243–1250. <https://doi.org/10.5650/jos.ess14007>

Rios-Mera, J. D. (2025). *El potencial del pijuayo (Bactris gasipaes) como nuevo ingrediente de productos cárnicos y pesqueros*. *Revista Científica Pakamuros*, 13(2), 56-65. <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/662/629>

Rios-Mera, J. D., Saldaña, E., y Contreras-Castillo, C. J. (2021). Strategies for obtaining healthy meat products. In: The food industry: Perceptions, practices and future prospects (pp. 233-250). Brazil: Nova Science Publishers, Inc. Available from <https://novapublishers.com/shop/the-food-industry-perceptions-practices-and-future-prospects/>

Sahari, M. A., Ataii, D. y Hamed, M. (2004). Characteristics of Tea Seed Oil in Comparison with Sunflower and Olive Oils and Its Effect as a Natural Antioxidant. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 81, 585–588. <https://doi.org/10.1007/s11746-006-0945-0>

Saldaña, E., Merlo, T. C., Patinho, I., Rios-Mera, J. D., Contreras-Castillo, C. J., y Selani, M. M. (2021). Use of sensory science for the development of healthier processed meat products: a critical opinion. In Current Opinion in Food Science (Vol. 40, pp. 13–19). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.04.012>

Unad, D. A. U. Y. A. (2019). Evaluación de la capacidad antioxidante del Hidrolato de Caléndula (*Caléndula officinales* L.) y su aplicación como bioconservante en filetes de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*). 10596/25632. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25632>.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía en cada paso, por la fortaleza en los días difíciles y por permitirme culminar esta etapa con determinación y fe.

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Jaén (UNJ), por ser el espacio donde se forjaron mi formación académica y profesional. A la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias y a su cuerpo docente, por su compromiso con la excelencia educativa. En especial, a mis asesores de tesis, Dr. Juan Dario Rios Mera y Dr. Hubert Luzdemio Arteaga Miñano, por su orientación, exigencia constructiva y valioso respaldo durante el desarrollo de este proyecto. Extiendo también mi reconocimiento a todos los docentes que, a lo largo de estos cinco años, compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo significativamente a mi formación.

De igual manera, expreso mi sincero agradecimiento al personal de laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, así como a la UNAP, por las facilidades brindadas en la planta piloto de la Facultad de Industrias Alimentarias y en el laboratorio de la Unidad Especializada de Control de Calidad del Centro de Investigación de Recursos Naturales – CIRNA, en la ciudad de Iquitos.

A mis padres, por ser el pilar incondicional en cada paso de mi vida, por su amor, sacrificio y ejemplo incansable que me impulsaron a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. A mi hermana, por su apoyo constante, comprensión y palabras de aliento que me acompañaron durante todo este camino. Este logro también es de ustedes.

A mis amigos y compañeros, con quienes compartí momentos inolvidables, y que, con su apoyo, afecto, aliento y compañía, contribuyeron de manera significativa a la concreción de este logro.

DEDICATORIA

Gracias a Dios.

por permitirme llegar hasta este momento
culminante en la realización de mis objetivos,
y por poner en mi camino a personas que fueron sostén,
guías y aliento cuando las fuerzas se desvanecían
y las dudas intentaban hacerme retroceder.

Esta investigación va dedicada a mis padres
Ramiro Julca Lozano y Clarisa Alarcón Gonzales;
por ser los guías en el sendero de cada acto que realizamos hoy,
mañana y siempre; y sobrellevar las adversidades
y alcanzar nuestros objetivos.

También a mi hermana y familiares,
por ser inspiración en los momentos difíciles,
por sus palabras, su ejemplo y su amor incondicional,
gracias a los cuales hoy puedo ver concretados
los sueños que un día trace con esperanza.

Atte.

Yadit Mireli Julca Alarcón

ANEXOS

Evidencias de los tesistas de la ejecución de los objetivos de la tesis

Anexo 1. *Proceso de extracción del aceite de semilla de pijuayo.*

Figura 14.

Recepción de los frutos de pijuayo



Figura 15.

Pelado del pijuayo cocido.



Figura 16.

*Semillas de pijuayo (*Bactris gasipaes*) utilizadas en el proceso de extracción de aceite.*



Figura 17.

Las almendras de pijuayo



Figura 18.

Almendras deshidratadas.



Figura 19.

Extracción de aceite



Figura 20.

Aceite extraído



Anexo 2. *Proceso de elaboración de las hamburguesas de filetes de trucha.*

Figura 21.

Filete de trucha.



Figura 22.

Extracción de piel en los filetes de trucha



Figura 23.

Extracción de espinas que pueda haber en los filetes de trucha



Figura 24.

Hamburguesa de trucha



Anexo 3. Evidencia de la determinación proximal de las hamburguesas

Figura 25.

Determinación de proteínas.



Figura 26.

Preparación del cartucho con la muestra de hamburguesa, para la determinación de grasa.



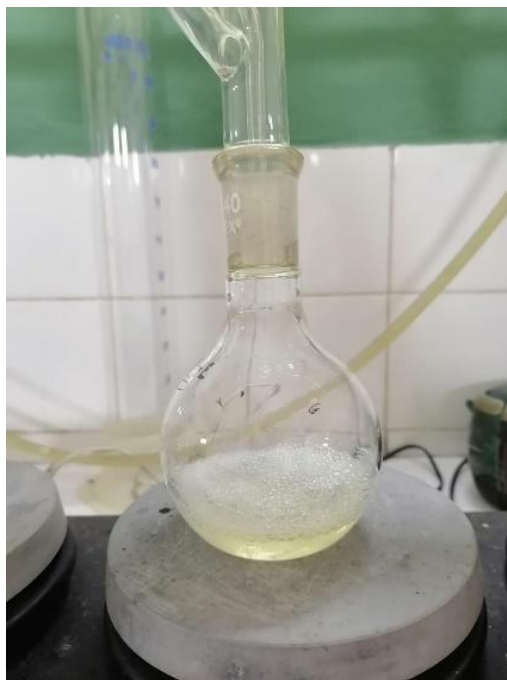
Figura 27.

Determinación de cenizas de la hamburguesa



Figura. 28.

Determinación de grasas en hamburguesas.



Anexo 4. Análisis de oxidación en las hamburguesas.

Figura 29.

Pesado de los reactivos



Figura 30.

Determinación del análisis de oxidación de las hamburguesas de trucha.



Figura 31.

Filtrado de las muestras



Figura 32.

Muestras en baño maría



Figura 33.

Enfriado de las muestras



Figura 34.

Homogenizado de las muestras



Figura 35.

Muestras ya homogenizadas

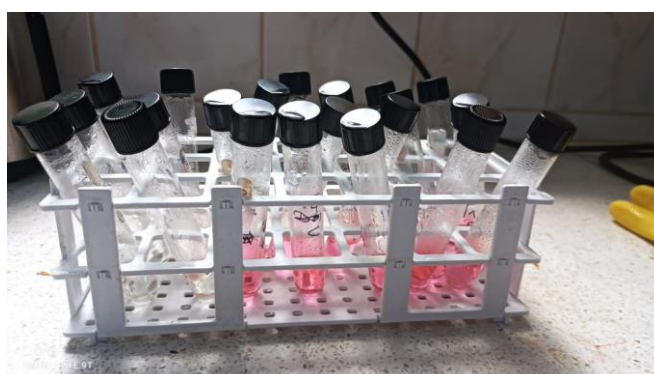
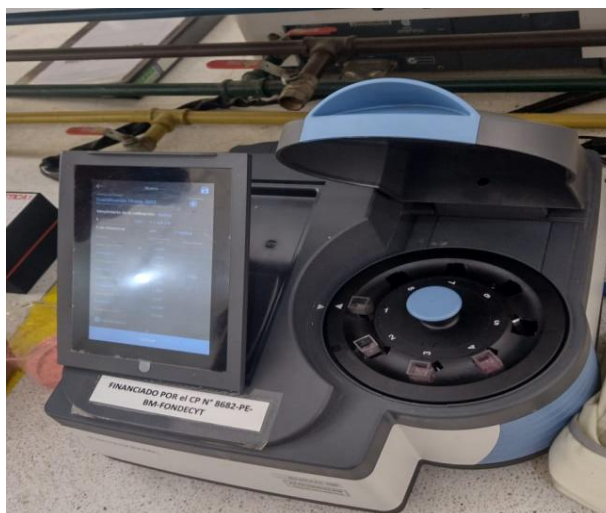


Figura 36.

Lectura de muestras.



Anexo 5. Evidencias del análisis sensorial

Figura 37.

Cocción de las hamburguesas



Figura 38.

Degustación de las muestras de hamburguesas.



Figura 39.

Ficha de consentimiento para los consumidores

CONSENTIMIENTO LIBRE E INFORMADO

Título de la investigación: Aceite vegetal de semilla de pijuayo (*Bactris gasipaes*) como sustituto de eritorbato de sodio en hamburguesa de trucha.

Justificación: Esta investigación tiene como finalidad aprovechar las semillas que normalmente suele ser un subproducto del consumo del fruto del pijuayo, mediante la extracción del aceite de la almendra de la semilla de pijuayo, el cual puede tener actividad antioxidante. Por lo tanto, en este estudio se pretende evaluar si la capacidad antioxidante del aceite de la almendra de pijuayo es comparable al antioxidante sintético (eritorbato de sodio), utilizando hamburguesa de trucha, que, debido al alto contenido de proteínas y lípidos, son muy susceptibles a la oxidación durante su almacenamiento. Con los resultados de esta investigación se pretende generar impacto en la industria de alimentos que cada vez más viene buscando alternativas naturales de aditivos.

Objetivo: Extraer aceite de la semilla de pijuayo (*Bactris gasipaes*) y evaluar la capacidad antioxidante en hamburguesa de trucha, al mismo tiempo medir la aceptabilidad de los consumidores.

Material y métodos: El análisis consiste en medir la aceptabilidad de hamburguesa de trucha utilizando escala hedónica semiestructurada de 9 puntos, variando de me disgustó extremadamente hasta me gustó extremadamente. Los tratamientos a ser evaluados constan de diversas proporciones de adición de aceite de almendra de pijuayo, y su comparación con antioxidante sintético y sin adición de antioxidante.

Población participante del estudio: Voluntarios mayores de 18 años pertenecientes a la comunidad universitaria.

Riesgo: Las muestras pueden ser perjudiciales para los consumidores alérgicos a la carne de pescado. La investigación no ofrece ningún tipo de riesgo para los consumidores de pescado o productos pesqueros.

Beneficios: El participante no se beneficiará directamente del estudio, sino que los datos generados serán relevantes para caracterizar el producto y comprender el comportamiento del consumidor.

Privacidad: Los resultados obtenidos serán divulgados en congresos y artículos, sin embargo, la identidad de todos los participantes será confidencial, por lo que no se divulgará información personal sensible. El investigador garantiza dar respuestas a cualquier pregunta o aclarar cualquier pregunta sobre los procedimientos, riesgos, beneficios y otros asuntos relacionados con la investigación e incluso entregará una copia del “CONSENTIMIENTO LIBRE E INFORMADO” a cada participante. También será responsable de resolver cualquier problema que surja durante la prueba sensorial.

La participación es voluntaria y puede retirar su consentimiento y dejar de participar en la investigación en cualquier momento sin más consecuencias. El participante no asumirá ningún costo por participar en la investigación.

CONSENTIMIENTO DE PARTICIPACIÓN DE LA PERSONA COMO SUJETO

Yo _____, acepto participar en el estudio: “Aceite vegetal de semilla de pijuayo (*Bactris gasipaes*) como sustituto de eritorbato de sodio en hamburguesa de trucha”. Fui debidamente informado por el investigador sobre los procedimientos involucrados en el mismo, así como los posibles riesgos y beneficios derivados de mi participación. Se me ha asegurado la confidencialidad de la información y que puedo retirar mi consentimiento en cualquier momento.

Firma del sujeto: _____

Firma del investigador responsable: _____

Si necesita información adicional sobre la investigación, póngase en contacto con los investigadores responsables: Yadit Mireli Julca Alarcón (yadit.julca@est.unj.edu.pe - 927207813), Juan Dario Rios Mera (juan.rios@unj.edu.pe - 953 227 588), Hubert Luzdemio Arteaga Miñano (hubert.arteaga@unj.edu.pe - 994692016) .

Dirección: Carretera Jaén - San Ignacio KM 24 - Sect. Yanuyacu – Jaén.

Figura 40.

Ficha de análisis sensorial

**ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD DE HAMBURGUESA DE TRUCHA
CON ACEITE DE SEMILLAS DE PIJUAYO**

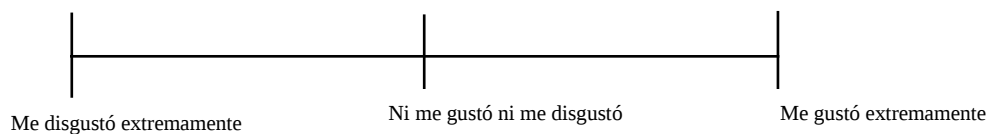
Bienvenido al análisis sensorial de aceptabilidad de hamburguesa de trucha con aceite de semillas de pijuayo. Se le entregarán muestras de hamburguesa de trucha para evaluar la aceptación. Por favor, lea atentamente las instrucciones antes de realizar la evaluación.

Por cada muestra será entregada una ficha de evaluación. Al finalizar una muestra, por favor consuma agua y galleta de agua para limpiar el paladar. Al finalizar la evaluación, será entregado una ficha para llenado de algunos datos de interés.

Nombre y Apellidos:

Código de muestra: _____

Por favor indique con una **línea vertical** cuanto le gustó utilizando la escala de aceptación que varía de “me disgustó extremamente” hasta “me gustó extremamente”.



Muchas gracias.

Por favor, responda a las siguientes preguntas:

Nombre _____ y _____ Apellidos: _____

Sexo: M____/ F____/ Prefiero no declarar_____

Edad: _____

Frecuencia de consumo de filetes de trucha:

- | | | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|--------------|
| ☐ | Cada 15 días | ☐ | 1-3 veces por semana | ☐ | 1 vez al mes |
| ☐ | Raramente | ☐ | 4-6 veces por semana | ☐ | Diariamente |

Anexo 6. Análisis de datos de la composición proximal de las hamburguesas

Tabla 4.

Supuestos del análisis de humedad

Test	Prueba	Estadístico	p
Normalidad	Shapiro-Wilk	W=0.96424	0.7656
Homogeneidad de varianza	Bartlett	$K^2 = 4.2141$ gl=4	0.3778

Nota: Los análisis estadísticos se realizaron utilizando las pruebas de Shapiro-Wilk para evaluar la normalidad y Bartlett para verificar la homogeneidad de varianzas. Un valor de p mayor a 0.05 indica el cumplimiento del supuesto correspondiente. Por lo tanto, los datos de humedad cumplen con los criterios necesarios para aplicar el análisis de varianza (ANVA), al no presentar desviaciones significativas respecto a la normalidad ni diferencias entre las varianzas de los tratamientos.

Tabla 5.

Supuestos del análisis de cenizas

Test	Prueba	Estadístico	p
Normalidad	Shapiro-Wilk	W = 0.94351	0.4286
Homogeneidad de varianza	Bartlett	$K^2 = 3.3624$ gl=4	0.4991

Nota: Los datos de cenizas cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), por lo que es válido aplicar el análisis de varianza (ANVA).

Tabla 6.

Supuestos del análisis de proteínas

Test	Prueba	Estadístico	p
Normalidad	Shapiro-Wilk	W = 0.92815	0.256
Homogeneidad de varianza	Bartlett	$K^2 = 1.2312$ gl=4	0.8729

Nota: Los datos de proteínas cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), por lo que es válido aplicar el análisis de varianza (ANVA) sin necesidad de ajustes o transformaciones.

Tabla 7.*Supuestos del análisis de grasas*

Test	Prueba	Estadístico	p
Normalidad	Shapiro-Wilk	W = 0.94769	0.4889
Homogeneidad de varianza	Bartlett	K ² = 7.7143 gl=4	0.1026

Nota: Los datos de grasas cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), por lo que es válido aplicar el análisis de varianza (ANVA) sin necesidad de ajustes o transformaciones.

Tabla 8.*Supuestos del análisis de carbohidratos*

Test	Prueba	Estadístico	p
Normalidad	Shapiro-Wilk	W = 0.92259	0.2109
Homogeneidad de varianza	Bartlett	K ² = 5.2379 gl=4	0.2638

Nota: Los datos de carbohidratos cumplen con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza ($p > 0.05$), por lo que es válido aplicar el análisis de varianza (ANVA) sin necesidad de realizar ajustes o transformaciones.

Tabla 9.*Análisis de la varianza de humedad*

FV	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	3.594	0.8985	10.15	0.00151**
Residuales (Error)	10	0.885	0.0885		
Total	14	4.479			

Código de significancia: *** (0.001), ** (0.01), * (0.05)

Tabla 10.*Análisis de la varianza de cenizas*

FV	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	1.126	0.2814	0.702	0.608
Residuales (Error)	10	4.008	0.4008		
Total	14	5.134			

Código de significancia: *** (0.001), ** (0.01), * (0.05)

Tabla 11.*Análisis de la varianza de proteínas*

FV	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	5.467	1.3669	24.3	3.95e-05***
Residuales (Error)	10	0.562	0.0562		
Total	14	6.029			

Código de significancia: *** (0.001), ** (0.01), * (0.05)

Tabla 12.*Análisis de la varianza de grasas*

FV	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	0.6158	0.1539	1.054	0.428
Residuales (Error)	10	1.4610	0.1461		
Total	14	2.0768			

Código de significancia: *** (0.001), ** (0.01), * (0.05)

Tabla 13.*Análisis de la varianza de carbohidratos*

FV	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	16.682	4.171	15.47	0.000276***
Residuales (Error)	10	2.696	0.270		
Total	14	19.378			

Código de significancia: *** (0.001), ** (0.01), * (0.05)

Tabla 14.*Tukey de humedad*

Tratamientos	Humedad	Grupos
T1	76.75	a
T4	76.28	a
T2	76.24	a
T3	76.17	a
T5	75.25	b

Tabla 15.*Tukey de cenizas*

Tratamientos	Cenizas	Grupos
T3	2.47	a
T2	2.22	a
T5	1.86	a
T1	1.85	a
T4	1.74	a

Tabla 16.*Tukey de proteínas*

Tratamientos	Proteínas	Grupos
T1	18.06	a
T4	17.77	ab
T2	17.38	bc
T3	17.00	c
T5	16.34	d

Tabla 17.*Tukey de grasas*

Tratamientos	Grasas	Grupos
T4	3.58	a
T2	3.50	a
T3	3.44	a
T5	3.32	a
T1	3.00	a

Tabla 18.*Tukey de carbohidratos*

Tratamientos	Carbohidratos	Grupos
T5	3.23	a
T3	0.91	b
T2	0.65	b
T4	0.63	b
T1	0.34	b

Anexo 7. Análisis de datos de la oxidación lipídica (TBARS)

Figura 41. Curva de calibración para la determinación de oxidación lipídica (TBARS) en hamburguesa de trucha

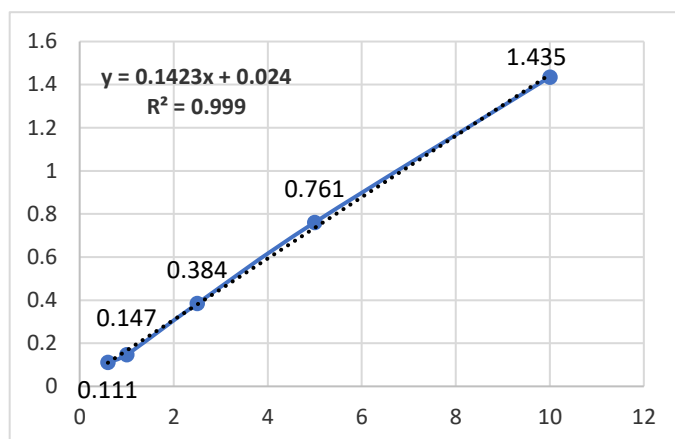


Tabla 19.

Supuestos del análisis TBARS

Test	Prueba	Estadístico	p
Normalidad	Shapiro-Wilk	W = 0.97428	0.4097
Homogeneidad de varianza	Bartlett-Tratamientos	$K^2 = 0.98267$ gl=4	0.9124
	Bartlett-Bloque	$K^2 = 0.73594$ gl=2	0.6921
	Bartlett-Día	$K^2 = 0.36085$ gl=2	0.8349
	Bartlett-Tratamientos*Día	$K^2 = 14.451$ gl=14	0.4167

Tabla 20.

Análisis de varianza del análisis TBARS

FV	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	4	0.20952	0.05238	5.195	0.002660
Días	2	3.34392	1.67196	165.828	0.000000
Tratamientos*Días	8	0.05307	0.00663	0.658	0.723305
Residuales (Error)	30	0.30247	0.01008		
Total	44	3.90899			

Tabla 21.*Tukey del análisis TBARS por tratamientos*

Tratamientos	TBARS	Grupos
T1	0.895	a
T3	0.861	a
T5	0.836	a
T4	0.829	a, b
T2	0.695	b

Tabla 22.*Tukey del análisis TBARS por días de almacenamiento*

Días	TBARS	Grupos
14	1.0561	a
7	0.9730	a
0	0.4408	b

Anexo 8. Análisis de datos del análisis sensorial de las hamburguesas

Tabla 23.

Supuestos para el análisis sensorial

Test	Prueba	Estadístico	p
Normalidad	Shapiro-Wilk	W = 0.96632	5.8x10-8
Homogeneidad de varianza	Bartlett	K ² = 1.7288 gl=4	0.7855

Nota: Al no tener los datos de aceptabilidad un comportamiento normal no cumple con el supuesto, por lo que debe aplicarse estadística no paramétrica, en este caso la Prueba de Kruskal-Wallis.

Tabla 24.

Kruskal-Wallis del análisis sensorial

Tratamientos	N	Suma de rangos	Rango medio
T1	80	18108.00	226.3500
T2	80	15562.50	194.5313
T3	80	15609.00	195.1125
T4	80	16345.00	204.3125
T5	80	14575.50	182.1937

Kruskal-Wallis test: H (4, N= 400) =6.484125 p =.1658

Al ser $p < 0.05$ no se tiene diferencia significativa entre los tratamientos

Anexo 9. Datos obtenidos en la tesis

Tabla 25.

Datos de la composición proximal de las hamburguesas

Tratamientos	Repetición	Humedad	Cenizas	Proteínas	Grasas	Carbohidratos
T1	1	76.57	2.17	18.23	2.83	0.20
T1	2	76.83	1.67	17.97	3.10	0.43
T1	3	76.86	1.71	17.99	3.07	0.38
Promedio		76.75	1.85	18.06	3.00	0.34
T2	1	76.11	1.56	17.13	3.57	1.62
T2	2	76.40	2.28	17.68	3.44	0.20
T2	3	76.21	2.83	17.34	3.50	0.13
Promedio		76.24	2.22	17.38	3.50	0.65
T3	1	76.20	2.57	16.91	2.84	1.48
T3	2	76.32	1.57	17.36	3.88	0.87
T3	3	76.00	3.27	16.74	3.61	0.39
Promedio		76.17	2.47	17.00	3.44	0.91
T4	1	76.03	2.21	17.88	3.39	0.49
T4	2	76.85	0.77	17.54	3.88	0.96
T4	3	75.95	2.24	17.90	3.46	0.45
Promedio		76.28	1.74	17.78	3.58	0.63
T5	1	75.53	1.68	16.11	3.89	2.79
T5	2	75.36	1.71	16.45	2.72	3.77
T5	3	74.86	2.20	16.46	3.35	3.13
Promedio		75.25	1.86	16.34	3.32	3.23

Tabla 26.*Datos de la aceptación sensorial de las hamburguesas*

Consumidor	T1	T2	T3	T4	T5
1	5.57	6.32	4.71	7.17	7.17
2	7.82	6.42	7.5	5.35	4.82
3	7.6	6.32	3.96	6	6.42
4	4.17	4.82	3.96	1.07	5.89
5	4.28	4.92	4.6	4.17	6.1
6	7.82	7.71	5.03	6.85	3.21
7	7.28	5.14	4.5	6.96	5.89
8	6.85	7.17	7.6	6.1	6.64
9	6.21	6.24	4.71	5.25	5.14
10	6.14	5.71	5.29	6.03	5.18
11	7.3	7.94	7.09	7.07	7.28
12	3.42	4.92	3.92	4.81	4.5
13	4.82	5.57	4.5	7.71	6.21
14	4.5	4.5	9	9	1.07
15	4.5	9	4.5	9	7.17
16	8.03	3.85	5.67	6.85	7.82
17	7.6	3.96	6.85	8.25	6.75
18	6.64	7.82	4.71	5.71	8.89
19	4.5	4.92	4.5	4.92	5.14
20	8.46	6.32	6.21	5.78	7.5
21	4.5	5.57	4.71	4.81	5.57
22	8.78	5.03	6.75	7.28	8.46
23	4.28	5.03	4.71	4.82	4.5
24	6.85	5.03	7.92	7.07	7.92
25	6.42	7.17	5.25	7.71	8.46
26	5.78	6.75	8.25	5.35	5.03
27	7.6	8.25	4.71	4.17	5.35
28	9	4.71	5.03	9	4.92
29	6.64	7.92	7.39	7.17	7.17
30	7.17	8.03	4.5	3.42	6.53

31	4.6	6.1	7.07	5.89	4.92
32	7.92	7.92	4.82	7.28	7.5
33	4.6	4.6	5.03	7.17	3.75
34	8.14	6.42	7.5	7.82	6.42
35	3.1	4.17	3.53	3.96	4.82
36	4.71	4.07	5.57	3.64	5.03
37	4.82	4.92	6.21	4.28	5.14
38	0	0	4.5	0	4.5
39	9	0	4.5	4.5	4.5
40	6.85	5.35	8.14	6.64	8.14
41	6.53	5.46	4.5	4.5	4.92
42	5.89	6.1	7.07	4.92	3.42
43	7.82	5.78	6.75	5.14	6.21
44	4.6	4.5	4.6	4.5	0
45	3.42	6.85	4.6	4.6	6
46	4.71	5.35	9	8.03	6.53
47	4.71	7.92	9	8.03	6
48	5.57	6	5.89	3.42	3.85
49	6.21	5.35	5.14	5.89	4.71
50	7.28	4.82	6.42	8.14	3.53
51	3.75	8.03	6.64	5.14	3.1
52	8.14	3.42	7.92	3.75	7.07
53	6.85	1.71	8.25	9	4.82
54	6.85	1.71	8.25	9	4.82
55	6.32	8.67	7.82	7.6	6.1
56	5.57	3.96	1.6	4.82	3.21
57	4.6	8.75	6.75	5.89	4.82
58	6.96	6.85	6.75	8.03	6.75
59	9	7.92	9	6.42	8.67
60	8.57	8.78	8.67	8.67	8.89
61	7.07	4.92	7.71	6.85	5.89
62	5.14	6.64	6.53	6.64	5.35
63	6.32	6.1	5.67	6.96	6.75

64	6.42	8.03	8.03	7.82	7.92
65	8.14	7.71	5.46	7.28	8.78
66	5.46	4.92	4.5	4.5	3.96
67	8.46	6.42	3.21	5.14	4.5
68	6.21	4.71	5.25	4.5	4.5
69	8.67	3.1	7.07	8.81	4.5
70	8.78	4.82	0.21	0.21	4.5
71	8.14	6.42	6.21	7.28	6.96
72	8.67	8.03	7.71	7.28	8.46
73	6.42	3.96	5.78	6.21	3.21
74	8.78	7.28	4.28	5.46	7.82
75	8.25	6.85	4.5	3.42	2.46
76	5.89	8.03	5.25	2.03	6.53
77	4.92	6.42	8.35	5.03	3.85
78	3.42	6	4.92	5.35	6
79	8.14	1.39	5.14	5.14	5.03
80	7.71	5.03	7.5	8.46	5.57
Promedio	6.36	5.77	5.91	5.95	5.67

Tabla 27.*Datos de la oxidación lipídica (TBARS) de las hamburguesas*

Tratamientos	Repetición	Día	TBARS
T1	1	0	0.46
T1	2	0	0.466
T1	3	0	0.436
T1	1	7	1.135
T1	2	7	1.068
T1	3	7	1.032
T1	1	14	1.002
T1	2	14	1.255
T1	3	14	1.2
T2	1	0	0.388
T2	2	0	0.169
T2	3	0	0.316
T2	1	7	0.841
T2	2	7	0.86
T2	3	7	0.821
T2	1	14	0.809
T2	2	14	1.035
T2	3	14	1.014
T3	1	0	0.401
T3	2	0	0.381
T3	3	0	0.608
T3	1	7	1.015
T3	2	7	0.873
T3	3	7	1.181
T3	1	14	0.967
T3	2	14	1.079
T3	3	14	1.246
T4	1	0	0.544
T4	2	0	0.581
T4	3	0	0.445

T4	1	7	0.914
T4	2	7	0.948
T4	3	7	1.035
T4	1	14	0.846
T4	2	14	1.044
T4	3	14	1.112
T5	1	0	0.42
T5	2	0	0.43
T5	3	0	0.567
T5	1	7	0.917
T5	2	7	0.91
T5	3	7	1.045
T5	1	14	1.023
T5	2	14	1.117
T5	3	14	1.093

Anexo 10. *Consentimientos informados obtenidos de los consumidores*

