

REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA

PAKAMUROS

Enero - Marzo 2024

Volumen 12 - N° 1





Una publicación de la Universidad Nacional de Jaén
Marzo 2024 | Vol. 12. Número 1 | E-ISSN:2252-3240 | ISSN: 2306-9805
DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj/12012024>

Comité Científico

Director

Dr. Alfredo Lázaro Ludeña Gutiérrez

Editor

Dr. Ernesto Hernández Martínez

Miembros

Dr. Julio Mauricio Vidaurre Ruiz, Universidad Nacional Agraria La Molina
Dr. Eli Morales Rojas, Universidad Nacional Intercultural Fabiola Salazar Leguía de Bagua
Dr. Jorge Díaz Dumont, Universidad Nacional de Tayacaja, Perú.
Dr. Ernesto Alonso Paiva Peredo, Universidad Tecnológica Del Perú S.A.C
Dr. García Cedrón David Carmelo, Universidad Privada César Vallejo - Trujillo
Dr. Eneida Vieyra Peña, Universidad Nacional de Tumbes, Perú.
Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas

Equipo de edición y publicación

Edición y maquetación

Lic. Lina Lesli Ruiz Navarrete, Universidad Nacional de Jaén

Traducción

Lic. Zenaida Sánchez Cubas, Universidad Nacional de Jaén

Responsable del Proceso Editorial

Ing. Sandra Eloisa Pasapera Campos, Universidad Nacional de Jaén

Responsable del Open Journal System (OJS)

Dr. Lenin Quiñones Huatangari, Universidad Nacional de Jaén

Tópicos aceptados por la revista

Ingeniería
Salud
Educación

Descargo de responsabilidad: El Director, los Editores y la Universidad Nacional de Jaén no se hacen responsables de los errores, omisiones, inconsistencias involuntarias por parte de los autores o de las consecuencias derivadas del uso de la información contenida en esta revista; los puntos de vista y las opiniones expresadas no reflejan necesariamente los del El Director, los Editores y la Universidad Nacional de Jaén, y la publicación de anuncios no constituye ninguna aprobación por parte del Director, los Editores y la Universidad Nacional de Jaén de los productos anunciados. Los autores asumen la responsabilidad legal y moral de las ideas expresadas en los artículos. El editor no será legalmente responsable en caso de reclamaciones de indemnización.

Página web de la revista: Para las instrucciones de envío, suscripción y demás información, visite: <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros>

Imagen de portada: ©Yelena Yemchuk de Getty Images Pro: www.gettyimages.com.mx

EDITORIAL

SOBRE LA LEY DE SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

El Reglamento de la Ley N° 31315, Ley de Seguridad Alimentaria y Nutricional, aprobado por D. S. N° 003-2024-MIDAGRI de 26/02/2024, dispone en el Art. 12 sobre Lineamientos de acción para promover los sistemas alimentarios sostenibles, inciso f) que se debe “Fortalecer la articulación entre las entidades, la academia y todas las instituciones públicas y privadas que hacen investigación, desarrollo e innovación en temas que coadyuvan hacia la mejora de la seguridad alimentaria y nutricional, a cargo de todos los ministerios involucrados en la seguridad alimentaria y nutricional”; precisamente estos ministerios nos detalla el artículo 9, de los cuales se mencionarán a los ministerios que están relacionados a nuestras cinco carreras profesionales impartidas en la Universidad Nacional de Jaén, como son al Ministerio del Ambiente para promover la conservación y uso sostenible de los recursos naturales, diversidad biológica y áreas naturales protegidas, al Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego para impulsar acciones para la producción de alimentos, al Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social para a través de los programas sociales y prestaciones sociales coadyuven a la seguridad alimentaria, al Ministerio, al Ministerio de Energía y Minas para la electrificación y consecuente producción, procesamiento y almacenamiento de alimentos, al Ministerio de la Producción para fomentar actividades en torno pesquería, acuicultura, industria, micro y pequeña empresa, al Ministerio de Salud para la vigilancia en materia de inocuidad de los alimentos destinados al consumo humano y procesados industrialmente, al Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento para promover una vivienda digna y servicios de agua potable que permitan actividades productivas, y para finalizar a los Gobiernos Regionales y Locales para generar una cultura de seguridad alimentaria; con este marco normativo la presente edición presenta con mucho beneplácito y complacencia a una diversidad de artículos alineados a la política nacional de seguridad alimentaria comentada..



Dr. Ernesto Hernández Martínez
Editor de la Revista Multidisciplinaria
Pakamuros.
Docente Investigador de la
Universidad Nacional de Jaén-Perú
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3839-3244>

CONTENIDO

| | |
|--|------------|
| ARTÍCULOS ORIGINALES | 5 |
| Agua ozonizada e Industria Alimentaria: Evaluación antimicrobiana en la desinfección de filetes de trucha arco iris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) | 5 |
| Potencial proteico de harina de grillo (<i>Acheta domesticus</i>) como una alternativa sostenible para el consumo humano | 16 |
| Análisis microbiológico y sensorial de filetes de tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>) con recubrimiento bioactivo incorporando aceite esencial de orégano (<i>Origanum vulgare</i>) | 27 |
| Efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado de láminas de pituca (<i>Colocasia esculenta</i>) en la calidad de la harina | 39 |
| Enterobacteriaceae (Orden Enterobacterales), <i>Pseudomonas aeruginosa</i> y <i>Acinetobacter</i> spp productoras de carbapenemasas aisladas de pacientes hospitalizados en UCI durante la pandemia de COVID-19, 2020. | 52 |
| Efecto de las variedades/clones y tiempo de fermentación en la calidad sensorial del chocolate de taza | 65 |
| Nivel de conocimiento y consumo de la quinua, kiwicha, maca y soja en estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén | 78 |
| Estabilización microbiológica de leche fresca de vaca (<i>Bos taurus</i>) por pre tratamiento ultrasónico y tratamiento térmico de baja temperatura | 91 |
| Efecto de los fructoligosacáridos (FOS) del tipo inulina del yacón en las características fisicoquímicas y sensoriales del pan | 105 |
| Estrés académico en estudiantes escolarizados en zona rural peruana durante la pandemia por COVID 19: estresores, síntomas y estrategias de afrontamiento | 119 |
| COMUNICACIÓN BREVE..... | 128 |
| Oportunidades y retos para el cacao fino de aroma peruano | 128 |

ARTÍCULOS ORIGINALES

Agua ozonizada e Industria Alimentaria: Evaluación antimicrobiana en la desinfección de filetes de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Ozonated water and Food Industry: Antimicrobial evaluation in the disinfection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets.

Sandra Pasapera-Campos¹ *, Greycy Ventura-Chávez¹ , Hans Minchán-Velayarce¹ , Christian Rivera-Salazar¹ , Juan Ticona-Yujra² 

RESUMEN

Los productos hidrobiológicos son altamente perecibles, es por ello que se desarrolla esta investigación con el objetivo de evaluar la carga microbiana en la desinfección de filetes de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) respecto a *Staphylococcus aureus*, mesófilos aerobios, *Salmonella sp* y *Escherichia coli*, sumergiendo a distintos tiempos (30, 60 y 90 s) y concentración (0.5, 1.5 y 2.5 ppm). Se efectuó análisis microbiológico los días 1, 8, 15, y 22 de refrigeración (4 °C), controlando el pH según AOAC 981.12 (1990). El diseño experimental fue factorial 3O x 3T, con tres repeticiones por tratamiento. Se usó R Project para efectuar el ANOVA y pruebas de Tukey. Los resultados revelaron que el tratamiento con agua ozonizada, especialmente utilizando 2.5 ppm de ozono y 30 segundos de inmersión (O3T1), mostró un efecto antimicrobiano significativo contra *Staphylococcus aureus*, mantuvo los niveles de mesófilos aerobios por debajo del límite mínimo y evitó el desarrollo de *Salmonella sp* por cada 25 g de filete y *Escherichia coli* por cada 10 g de filete. En conclusión, los resultados demuestran que el uso de ozono juega un papel crucial tanto en la estabilización del pH como en la disminución significativa de las cargas microbianas examinadas.

Palabras claves: Microbiología, ozono, *Oncorhynchus mykiss*

ABSTRACT

Hydrobiological products are highly perishable, which is why this research was carried out with the objective of evaluating the microbial load in the disinfection of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets with respect to *Staphylococcus aureus*, aerobic mesophiles, *Salmonella sp* and *Escherichia coli*, submerging at different times (30, 60 and 90 s) and concentrations (0.5, 1.5 and 2.5 ppm). Microbiological analysis was performed on days 1, 8, 15, and 22 of refrigeration (4 °C), controlling pH according to AOAC 981.12 (1990). The experimental design was 3O x 3T factorial, with three replicates per treatment. R Project was used to perform ANOVA and Tukey's tests. The results revealed that treatment with ozonated water, especially using 2.5 ppm ozone and 30 seconds of immersion (O3T1), showed a significant antimicrobial effect against *Staphylococcus aureus*, maintained the levels of aerobic mesophiles below the minimum limit and prevented the development of *Salmonella sp* per 25 g of fillet and *Escherichia coli* per 10 g of fillet. In conclusion, the results demonstrate that the use of ozone plays a crucial role in both stabilizing pH and significantly decreasing the microbial loads examined.

Keywords: Microbiology, ozone, *Oncorhynchus mykiss*.

*Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: spasaperac@unj.edu.pe; greycyventura@gmail.com; hans.minchan@unj.edu.pe; christian.rivera@unj.edu.pe

² Empresa Privada Ecofriendly Engineers S.A.C., Perú. Email: juan.ticona.yujra@unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la actividad acuícola, económicamente se ha globalizado con una perspectiva de crecimiento muy importante. El Perú es un potencial cultivador y generador de productos de derivados hidrobiológicos, ya que se posee los recursos acuícolas y climatológicos adecuados para la producción de *Oncorhynchus mykiss* (Tantaleán, 2014). Múltiples países europeos y latinoamericanos emplean ozono (O₃) para prevenir la contaminación con bacterias, mohos, virus en varios tipos de alimentos como quesos, pescados, carnes, huevos, frutas, pudiéndose así prolongar su tiempo de conservación (Sanjuás, 2012).

Los pescados y productos hidrobiológicos en general son altamente perecibles, lo que conlleva a la industria alimentaria a buscar métodos de conservación para estos productos. Entre estos métodos están la aplicación de ozono en la manipulación y lavado del pescado, ya que evita el desarrollo de microorganismos patógenos causantes del daño de estos alimentos perecederos (Top Ozono, 2021). Por esta razón, se han desarrollado investigaciones en esta área de interés, destacando el estudio de Espinosa (2015), que exploró el impacto de sumergir filetes de dorada (*Sparus aurata*) en agua ozonizada a varias concentraciones (0.35, 0.50, y 0.75 mg L⁻¹) por un lapso de 10 minutos, así como a una concentración de 0.30 mg L⁻¹ durante periodos de 20 y 40 minutos. Los resultados fueron que concentraciones menores a 0.75 mg L⁻¹ no fueron suficiente para disminuir la carga microbiana en filetes de dorada. Así mismo, Medeiros y Gonçalves (2016), sumergieron muestras enteras y filetes de tilapia en agua fría (11 °C) sin ozono (control) y con ozono (0.5, 1.0, 1.5 ppm) durante 0, 5, 10 y 15 minutos. Los hallazgos revelaron que la tilapia entera, tras ser sumergida en una solución de 1.5 ppm, experimentó una reducción del 88.25% en su carga microbiana después de 15 minutos de exposición. Respecto a los filetes, los tratamientos con concentraciones de 1 y 1.5 ppm resultaron en disminuciones del 77.2% y 79.49%, respectivamente.

De manera similar, Karamah et al. (2019) trataron carne de atún con agua ozonizada, sumergiendo por 40, 80, 120 minutos en concentraciones de ozono de 0.3 mg/L y 0.24 mg/L. posteriormente conservaron en refrigeración a 8 °C durante 7 días. Después de este intervalo, la evaluación de los resultados mostró que un mayor tiempo de contacto y una mayor concentración de ozono se correlacionan con una menor tasa de deterioro en la calidad del atún, logrando una eliminación de microorganismos del 66.7%. Se observó también que el valor de pH disminuye a 5.58 tan pronto como el atún entra en contacto con el agua ozonizada.

En Jaén, Ecofriendly Engineers SAC, una empresa privada, se especializa en el procesamiento y venta de productos hidrobiológicos, incluyendo la trucha arco iris. Sin embargo, enfrentan una desventaja en su flujo de procesamiento debido a la falta de desinfección de los filetes. Actualmente, esta empresa no realiza la desinfección debido a la falta de conocimiento sobre la metodología adecuada a emplear. Por esta razón, se llevó a cabo la presente investigación con el objetivo de evaluar la carga microbiana en la desinfección de filetes de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) respecto a *Staphylococcus aureus*, mesófilos aerobios, *Salmonella* sp y *Escherichia coli*. Este estudio resultará beneficioso para todas las empresas del sector interesadas en mejorar sus procesos de desinfección.

MATERIALES Y MÉTODOS

La cosecha de trucha arco iris se realizó en las piscigranjas del centro de acuicultura “El Diamante”, ubicado en el distrito de Chirinos, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, las coordenadas del distrito son 5°18'18”S 78°54'00”O. El procesamiento primario para la obtención de filetes y la desinfección con agua ozonizada fue realizado en las instalaciones de la empresa privada Ecofriendly Engineers SAC. Los análisis microbiológicos se realizaron en laboratorios de la Escuela Profesional de Tecnología Médica (Química, Tecnología Médica y Biología) de la Universidad Nacional de Jaén. La muestra fue 80 kg de filetes, se realizó un muestreo por conveniencia, descartando a aquellas truchas con signos de deterioro y aquellas que no cumplían con el peso (250 g – 350 g) y tamaño (29 cm – 32 cm) ideal para filetes (INACAL, 2019).

El proceso experimental empieza con la recepción de truchas frescas en un recipiente plástico con hielo para mantener la cadena de frío. El eviscerado se realizó meticulosamente con cuchillos de acero inoxidable, extrayendo las vísceras y las agallas, con el uso de guantes quirúrgicos. Posteriormente, las truchas fueron lavadas con agua potable para eliminar cualquier residuo (sangre). En la etapa de fileteado, se realizaron cortes precisos para obtener filetes de alta calidad, eliminando la cabeza, aleta caudal y costillas, siguiendo los protocolos de limpieza y seguridad alimentaria de la empresa. Para la etapa de desinfección, se sumergieron los filetes en agua ozonizada a una concentración de 0.5, 1.5 y 2.5 ppm, por 30, 60 y 90 segundos para cada concentración. Después, los filetes de trucha fueron colocados en canastillas limpias y desinfectadas, y posteriormente se sometieron a un proceso de aireado durante 10 minutos para eliminar el exceso de agua. Luego, fueron transferidos a una congeladora doméstica a 4°C para mantener la cadena de frío hasta ser envasados en bolsas de polietileno y sellados individualmente utilizando una máquina empacadora selladora. Cada paquete, que contenía aproximadamente 8 filetes con un peso de 400 a 550 g, fue rotulado indicando el tratamiento correspondiente y el número de

repetición (I, II, III repetición). Finalmente, los paquetes fueron almacenados en una congeladora exclusiva para la investigación, a una temperatura de 4°C, hasta su análisis microbiológico posterior.

Los criterios microbiológicos se basaron en la Norma Técnica Peruana 041.001.Pescado fresco (INACAL, 2019), analizándose cuatro microorganismos: Recuento de mesófilos aerobios, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* sp y el control fisicoquímico (pH) al primer, octavo, quinceavo y veintidosavo día de refrigerado. Este parámetro fisicoquímico se realizó de acuerdo con el método AOAC 981.12.(1990). El diseño experimental es de tipo factorial 3O x 3T, lo que implica 3 niveles de ozono (O) y 3 niveles de tiempo (T), con tres repeticiones para cada tratamiento, esto se puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Interacción de las variables independientes, según diseño experimental

| Concentración Ozono, ppm (O) | Tiempo de exposición en inmersión, segundos. (t) | | |
|------------------------------------|--|-------------------------------|-------------------------------|
| | T ₁ | T ₂ | T ₃ |
| O ₁ | O ₁ T ₁ | O ₁ T ₂ | O ₁ T ₃ |
| O ₂ | O ₂ T ₁ | O ₂ T ₂ | O ₂ T ₃ |
| O ₃ | O ₃ T ₁ | O ₃ T ₂ | O ₃ T ₃ |

Leyenda:

O : Concentración de ozono

O₁: Ozono a 0.5 ppm

O₂: Ozono a 1.5 ppm

O₃: Ozono a 2.5 ppm

T : Tiempo de inmersión

T₁: 30 segundos

T₂: 60 segundos

T₃: 90 segundo

Adicionalmente, se incorporó una muestra control que no estuvo expuesta a ninguna variable independiente, pero que fue objeto de análisis microbiológicos de manera semanal.

RESULTADOS

La Figura 1 revela que, a partir del octavo día, el pH de la muestra control disminuye, situándose por debajo del umbral mínimo aceptable, similar a lo observado con el tratamiento O1T1 en el día veintidós. Por otro lado, los niveles de pH de los demás tratamientos se mantienen dentro de los límites considerados como aceptables.

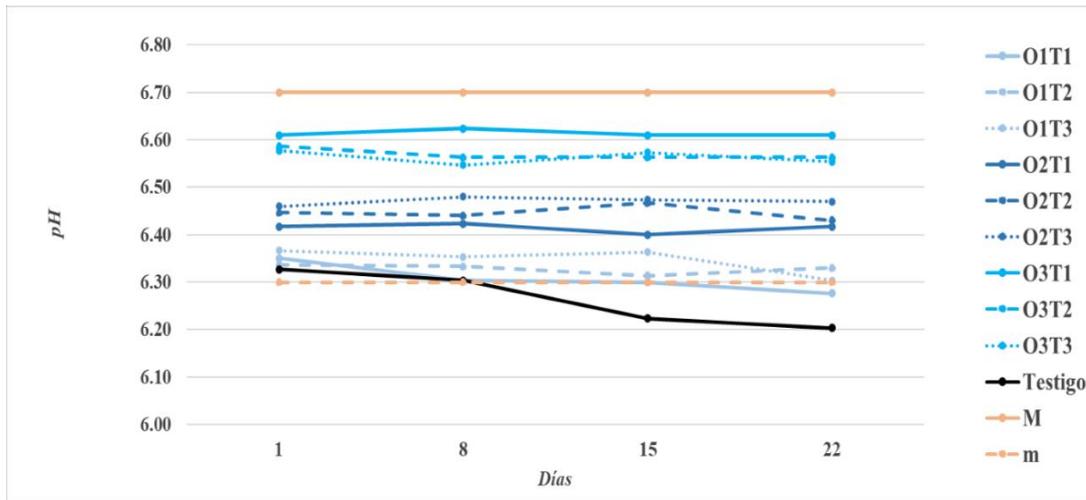


Figura 1. Registro de pH de los filetes en todos los días de evaluación

Nota: M representa el máximo nivel de pH y m indica el mínimo nivel de pH, siendo la zona aceptable (Suárez et al., 2007)

En la Figura 2, se observa que todos los tratamientos y la muestra Testigo van disminuyendo la carga microbiana conforme van pasando los días. Para el último día de evaluación se puede ver que todos los tratamientos se localizan dentro de los límites establecidos, a excepción de la muestra Testigo.

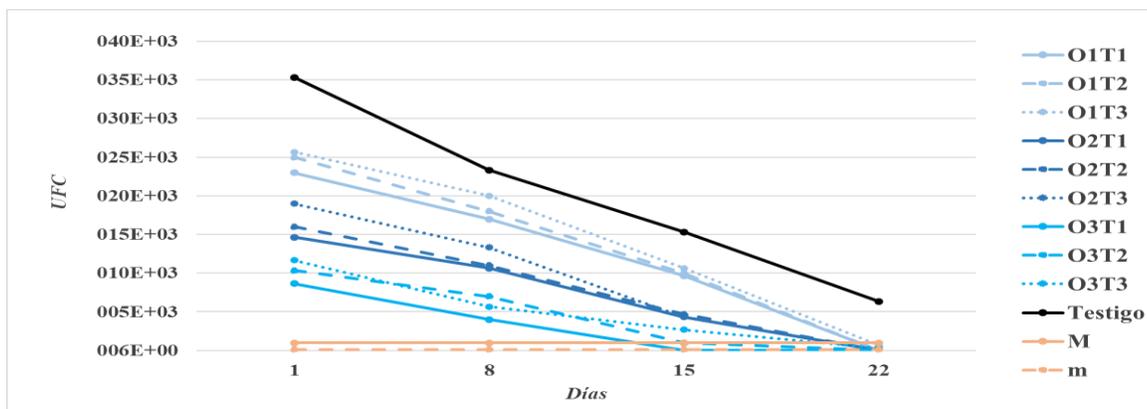


Figura 2. Registro del desarrollo de *Staphylococcus aureus* en todos los días de evaluación

Nota: M representa el máximo nivel de UFC/g y m indica el mínimo nivel de UFC/g, siendo la zona aceptable (Suárez et al., 2007)

En la Figura 3, se muestra que, desde el día uno hasta el día veintidós, la presencia de este microorganismo se ha encontrado por debajo de los límites establecidos en todos los tratamientos, incluyendo el testigo; siendo los tratamientos O3T1, O3T2 y O3T3 los que presentaron menor actividad.

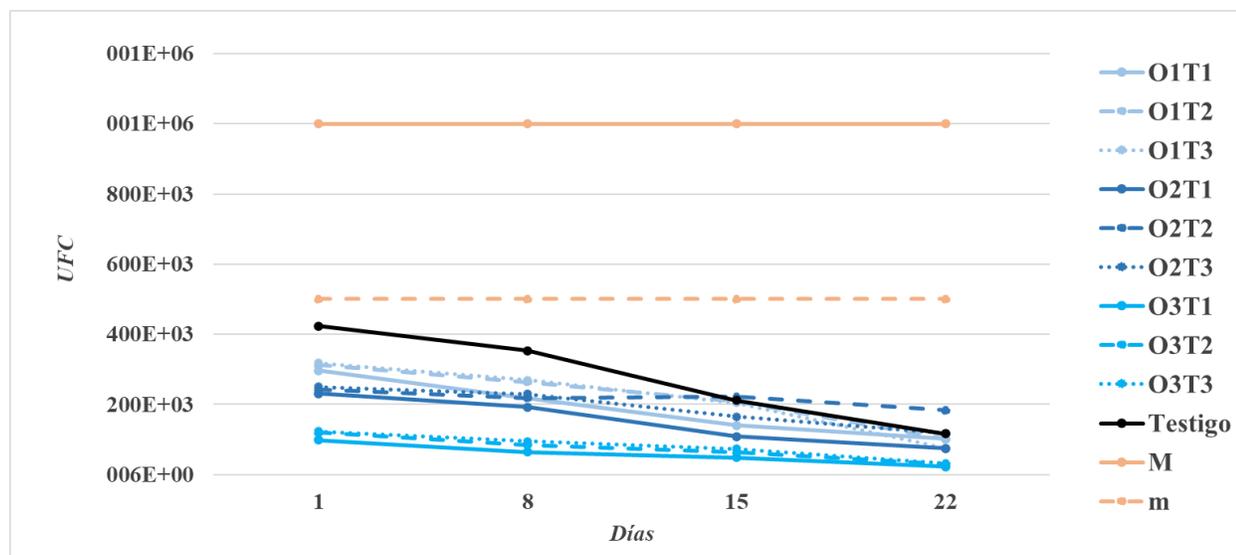


Figura 3. Registro del desarrollo de Mesófilos aerobios en todos los días de evaluación. Nota: M representa el máximo nivel de UFC/g y m indica el mínimo nivel de UFC/g, siendo la zona aceptable (Suárez et al., 2007)

Los microorganismos *Salmonella sp* y *Escherichia coli*, no fueron sometidos a un análisis estadístico ya que reportaron ausencia y 0 UFC/g en placas, respectivamente. Los demás indicadores pasaron a un análisis de varianza, considerándose un nivel de significancia del 5%.

En la Tabla 2 se presentan los valores de pH, destacando el tratamiento O3T1 por tener un nivel de pH significativamente más alto en comparación con los demás tratamientos. Por otro lado, la muestra testigo muestra los valores más bajos de pH, diferenciándose de manera significativa del resto de los tratamientos.

Tabla 2. Prueba de Tukey: Agrupaciones de los tratamientos de acuerdo con los valores de pH

| Tratamientos | Promedio | Grupos |
|--------------|-------------|----------|
| O3T1 | 6.61 | a |
| O3T2 | 6.57 | b |
| O3T3 | 6.56 | b |
| O2T3 | 6.47 | c |
| O2T2 | 6.45 | c d |
| O2T1 | 6.41 | d |
| O1T3 | 6.35 | e |
| O1T2 | 6.33 | e |
| O1T1 | 6.31 | e |
| Testigo | 6.26 | f |

En la Tabla 3, se observa el comportamiento de *Staphylococcus aureus*, donde los tratamientos O3T1, O3T2 y O3T3 muestran valores similares, indicando la menor carga microbiana. Mientras tanto, la muestra Testigo representa el extremo opuesto, ya que se diferencia significativamente de los demás tratamientos al presentar los niveles más altos de *Staphylococcus aureus*.

Tabla 3. Agrupación de tratamientos basada en los niveles de *Staphylococcus aureus*, según Prueba de Tukey

| Tratamientos | Promedio | Grupos | | |
|--------------|----------|--------|---|-----|
| O3T1 | 3.17E+03 | a | | |
| O3T2 | 4.58E+03 | a | b | |
| O3T3 | 5.08E+03 | a | b | |
| O2T1 | 7.42E+03 | | b | c |
| O2T2 | 7.92E+03 | | b | c |
| O2T3 | 9.17E+03 | | c | d |
| O1T1 | 1.24E+04 | | | d e |
| O1T2 | 1.33E+04 | | | e |
| O1T3 | 1.43E+04 | | | e |
| Testigo | 2.01E+04 | | | f |

En la Tabla 4 se muestra que los tratamientos O3T1, O3T2 y O3T3 muestran la menor carga microbiana de mesófilos aerobios, mientras que la muestra Testigo es la que muestra los valores más altos, distinguiéndose de manera significativa de los otros tratamientos.

Tabla 4. Agrupación de tratamientos según los niveles de Mesófilos Aerobios, según Prueba de Tukey.

| Tratamientos | Promedio | Grupos | | |
|--------------|----------|--------|---|---|
| O3T1 | 5.87E+04 | a | | |
| O3T2 | 7.48E+04 | a | | |
| O3T3 | 8.11E+04 | a | | |
| O2T1 | 1.52E+05 | | b | |
| O1T1 | 1.89E+05 | | b | c |
| O2T3 | 1.91E+05 | | b | c |
| O2T2 | 2.17E+05 | | | c |
| O1T3 | 2.17E+05 | | | c |
| O1T2 | 2.22E+05 | | | c |
| Testigo | 2.76E+05 | | | d |

DISCUSIÓN

El pH es un factor crítico para determinar la calidad del pescado. Según Suárez et al. (2007) el proceso de ablandamiento del pescado comienza durante las primeras 24 horas de almacenamiento en refrigeración. Durante la investigación, se monitoreó el pH, cuyos resultados se presentan en la Figura

1. Destaca que los tratamientos con ozono a concentraciones de 2.5 y 1.5 ppm mantuvieron valores destacados a lo largo de todo el periodo de evaluación. Asimismo, se nota que el tratamiento O1T1 y la muestra control se posicionaron cerca del límite mínimo permitido desde el primer día. Al llegar al octavo día, ambos descienden a un pH de 6.3, marcando el inicio del deterioro del filete de trucha en la muestra control, deterioro que se acentúa con el paso de los días. Suárez et al. (2007) indican que el pH del músculo de un pescado inmediatamente después de la captura es cercano a 7 y conforme pasan los días va descendiendo a valores de 6.5 o inferiores, datos que respaldan a los obtenidos en esta investigación. No obstante, la Red de Seguridad Alimentaria Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (2020) señala que el pH, por sí mismo, no determina la frescura ni la calidad del pescado. Con todo ello, se concluye que el ozono mantiene el pH en los filetes de trucha arco iris, sin embargo, faltan más parámetros fisicoquímicos para indicar que la muestra Testigo, aun por debajo del 6.3, esté deteriorada.

El ozono, reconocido por su poder oxidante, es un biocida muy efectivo (Pérez-Calvo, 2019), empleado en diversos alimentos (verduras, frutas y pescado) (Dobeic, 2017), es capaz de reducir o inhibir mohos, virus, bacterias, levaduras y parásitos incluso en bajas concentraciones (Saroei et al., 2019), sin embargo su eficacia puede variar con el tiempo de inmersión, estado fisiológico del cultivo, temperatura, pH del medio y humedad (Yousef et al., 1999). En este estudio, todos los tratamientos reportaron colonias de *Staphylococcus aureus* por encima del máximo nivel (10^3 UFC/g) según la NTP 041.001.2019. Pescado fresco. al primer y octavo día de evaluación, sin embargo, el tratamiento O3T1 (2.5 ppm de ozono por 30 s) mostró la menor cantidad de colonias (9×10^3 UFC/g), mientras que la muestra Testigo, la que reportó la mayor cantidad (35×10^3 UFC/g). Desde el día quince, dos de los tratamientos se ubicaron dentro del rango aceptable, específicamente el tratamiento O3T1 y O3T2, con 0 UFC/g y 103 UFC/g, respectivamente. Para el día veintidós, todos los tratamientos, a excepción de la muestra control, se encontraban dentro del área considerada como aceptable. Estos hallazgos son consistentes con los resultados obtenidos por Cosemar Ozono (2005), quienes observaron una reducción de la carga microbiana en mejillones tratados con ozono a una concentración de 0.75 ppm durante 10 minutos.

Medeiros y Gonçalves (2013) sugieren que a concentraciones mayores de 2.5 ppm pueden mejorar la calidad del pescado refrigerado, y Parra-Córdova et al. (2020) indican que a una concentración de 2.5 ppm de ozono 15 minutos lograron 10^1 UFC/g de *Staphylococcus aureus* en filetes de pescado Dorado, cumpliendo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE: INEN 183:2013. Se concluye que el tratamiento

con ozono a una concentración de 2.5 ppm durante 30 segundos logró eliminar aproximadamente un 74% del crecimiento de microorganismos en filetes de trucha arco iris. A pesar de no alcanzar los criterios de aceptabilidad según la norma NTP 041.001.2019 para pescado fresco, el tratamiento O3T1 se destacó por su efectividad contra este microorganismo.

En la investigación, los mesófilos aerobios fueron empleados como indicadores de la contaminación global. Se detectó que el tratamiento con agua ozonizada tuvo un impacto positivo, manteniendo todas las muestras, incluso la muestra Testigo, por debajo del umbral mínimo estipulado (5×10^5 UFC/g), conforme a los estándares de la NTP 041.001.2019. Sin embargo, la muestra Testigo destacó por ubicarse casi al límite máximo permitido (4.23×10^5 UFC/g). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Medeiros y Gonçalves (2016), quienes emplearon 0.5 ppm de ozono por 15 minutos reduciendo en su mayoría los *mesófilos aerobios* en tilapia del Nilo; y con Zhao et al. (2015) pero sumergiendo durante 30 minutos. Se concluye que el tratamiento O3T1 fue el que registró menores unidades formadoras de colonias, logrando reducir a un 77% de UFC/g en filetes de trucha.

En este estudio no se registró crecimiento de *Salmonella sp* y *Escherichia coli*, en ningún tratamiento, ni en la muestra testigo. Al igual que Tomita et al. (2010), no reportó presencia de coliformes fecales en sus filetes de merluza, y Periago et al. (2017), reportando ausencia en *Salmonella sp*.

CONCLUSIONES

El agua ozonizada demostró ser eficaz como agente antimicrobiano contra *Staphylococcus aureus*, especialmente el tratamiento O3T1 (2.5 ppm de ozono y 30 s de inmersión), respecto a mesófilos aerobios, mantuvo a todos los tratamientos por debajo del límite mínimo según la NTP 041.001.2019. Pescado fresco. Para *Salmonella sp* por cada 25 g de filete de trucha arco iris y *Escherichia coli* por cada 10 g de filete de trucha, ninguno de los tratamientos mostró desarrollo de unidades formadoras de colonias (UFC).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Association of Official Analytical Chemists. (1990). *Official Methods of Analysis* (15.^a ed.).
- Cosemar Ozono. (2005). *Tratamiento con ozono en cocedero de mejillón*.
- Dobeic, M. (2017). Ozone as a disinfectant in the food industry. En *Scientific and professional section* (4.^a ed.).
- Espinosa, M. (2015). *Envasado, conservación y desarrollo de nuevos productos de dorada (Sparus aurata)*. Universidad de Murcia.

- INACAL. (2019). *Norma Técnica Peruana 041.001. Pescado fresco. Requisitos*.
- Karamah, E., Ilmiyah, A., y Ismanintyas, N. (2019). The application of ozonated water to maintain the quality of tuna meat: The effect of contact time, contact temperature and ozone dosage. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1, 11. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012004>
- Medeiros, A., y Gonçalves, A. (2013). Potencialidade do uso de água ozonizada no processamento de peixes. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 2(1), 15-28. <https://doi.org/10.2312/ActaFish.2014.2.1.15-28>
- Medeiros, A., y Gonçalves, A. (2016). Effect of aqueous ozone on microbial and physicochemical quality of Nile tilapia processing. *Journal of Food Processing and Preservation*, 7. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13298>
- Parra-Córdova, J., Acosta-Garcés, J., Escobar-Segovia, K., y Palacios-Ponce, S. (2020). *Conservation process design of fresh fish using ozone as preservative agent* (18.^a ed.). <https://doi.org/10.18687>
- Pérez-Calvo, M. (2019). Special case of ozone (physicochemical properties, onsite generation technology). *Gases in Agro-food Processes*, 65-74. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812465-9.00006-2>
- Periago, M., Santaella, M., Martínez-Graciá, C., Navarro-González, I., y Puche, C. (2017). *Indicadores de calidad sanitaria y del deterioro en filetes de dorada (Spaurus Aurata) refrigerados sometidos a un tratamiento de agua ozonizada y sal de glicina*. 58, 45-58.
- Red de Seguridad Alimentaria Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. (2020). *Relevamiento de aspectos técnicos de pH y otros parámetros de calidad establecidos por Brasil para el ingreso de productos pesqueros congelados. Valores de referencia para merluza común (Merluccius hubbsi)*.
- Sanjuás Rey, M. (2012). *Aplicación de sistemas avanzados para la mejora de la calidad de productos marinos refrigerados de interés comercial*. Universidad de Santiago de Compostela.
- Sarooei, S. J., Abbasi, A., Shaghaghian, S., y Berizi, E. (2019). Effect of Ozone as a Disinfectant on Microbial Load and Chemical Quality of Raw Wheat Germ. *Ozone: Science and Engineering*, 41(6), 562-570. <https://doi.org/10.1080/01919512.2019.1642181>

- Suárez, H., De Francisco, A., Beirão, L., Pardo, S., y Cortés, M. (2007). Pérdida de textura post mortem de la carne de pescado durante el almacenamiento en frío. *Acta Biológica Colombiana*, 12(1), 3-18.
- Tantaleán, R. (2014). *Proyecto de inversión para la instalación de una piscigranja de truchas en el Centro Poblado Menor El Campamento en la provincia de Chota, Cajamarca, Perú*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Tomita, R., Furlan, E., Rodrigues, C., Lemos, M., y Moron, T. (2010). *Utilização do ozônio como agente sanitizante no processamento do pescado*. 15.
- Top Ozono. (2021). *Aplicación del ozono en la manipulación de pescado*. <https://topozono.com/aplicaciones-del-ozono/aplicacion-del-ozono-en-la-manipulacion-de-pescado-y-marisco/>
- Yousef, A., Kim, J.-G., y Dave, S. (1999). Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *Journal of Food Protection*, 62(9), 1071-1087. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-62.9.1071>
- Zhao, Y., Yang, X., Li, L., Hao, S., Wei, Y., Cen, J., y Lin, H. (2015). Chemical, microbiological, color and textural changes in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets sterilized by ozonated water pretreatment during frozen storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12746>

ARTÍCULO ORIGINAL

Potencial proteico de harina de grillo (*Acheta domesticus*) como una alternativa sostenible para el consumo humano

Protein potential of cricket (*Acheta domesticus*) flour as a sustainable alternative for human consumption

César Morillo¹ * y Patricia Villegas¹ 

RESUMEN

El crecimiento demográfico global, el incremento de demanda de proteínas y la reducción tierras agrícolas, la producción sostenible de carne es un desafío para las próximas décadas. Por ello esta investigación busca desarrollar harina de grillo (*Acheta domesticus*), como alternativa para el consumo humano evaluando su capacidad proteica, convirtiéndose la entomofagia como la alimentación del futuro. Los grillos fueron recolectados en los meses de enero a abril por su abundancia debido a las constantes lluvias, criados en cautiverio y sacrificados en su estado adulto para la elaboración de harina. La FAO señala que los insectos ofrecen proteínas y nutrientes de alta calidad, superando en calidad a la carne y el pescado. Los resultados indicaron que la harina de grillo tiene un valor proteico de 67.66 %, cenizas 4.73%, fibra 11.60 %, grasas 1.17 % y carbohidratos 14.84 %, en comparación con otras fuentes proteicas ya sea de origen animal o vegetal, muestra una amplia superioridad. Con respecto a la calidad microbiológica la harina reporta “ausencia” de *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, levaduras y mohos. Los resultados microscópicos de carga helmíntica y entomológica fueron “ausencia” concluyendo que el producto innovador harina de insectos presenta un alto contenido proteico y calidad microbiológica aceptable.

Palabras clave: *Acheta domesticus*, harina, contenido proteico.

ABSTRACT

The global population growth, the increase in protein demand and the reduction of agricultural land, the sustainable production of meat is a challenge for the next decades. Therefore, this research seeks to develop cricket (*Acheta domesticus*) flour as an alternative for human consumption by evaluating its protein capacity, making entomophagy the food of the future. The crickets were collected from January to April because of their abundance due to the constant rains, bred in captivity and slaughtered in their adult state for the production of flour. FAO points out that insects offer high quality proteins and nutrients, surpassing meat and fish in quality. The results indicated that cricket meal has a protein value of 67.66%, ash 4.73%, fiber 11.60%, fat 1.17% and carbohydrates 14.84%, in comparison with other protein sources of either animal or vegetable origin, shows a wide superiority. Regarding microbiological quality, the flour reports “absence” of *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, yeasts and molds. The microscopic results of helminthic and entomological load were “absence”, concluding that the innovative insect flour product has a high protein content and acceptable microbiological quality.

Keywords: *Acheta domesticus*, flour, protein content.

*Autor de correspondencia

¹ Instituto de Educación Superior Tecnológico Público “Enrique López Albuja”, Perú. Email: mcruzcg@iestpela.edu.pe; vsuclupepr@iestpela.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Según la investigación efectuada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, el consumo de insectos se asocia con ventajas para la salud, ya que ayuda a prevenir ciertas enfermedades y fortalece el sistema inmunológico. Por otro lado, el consumo de insectos y productos derivados conllevan riesgos mínimos para salud, en relación con la microbiología del insecto y patógenos que pudieran ser transmisibles a los humanos (FAO, 2014). Los insectos están constituidos principalmente por proteínas y grasa, son inocuos, y algunos presentan propiedades funcionales, como péptidos antimicrobianos, lo que los hace ser una alternativa viable para la alimentación de humanos y animales (Avendaño et al, 2020). Durante el período 2016-2017, Suiza, país no integrante de la Unión Europea, promulgó la primera legislación en el mundo occidental que autoriza el consumo de insectos por parte de los seres humanos y establece las pautas para su producción. Transformada en ley el día 6 de abril de 2017 bajo el nombre “Les insectes comme denrée alimentaire” (Los insectos como producto alimentario), explicaba que los insectos: *Tenebrio molitor* (en estado larva), *Acheta domesticus* (grillo común, en estado adulto) y *Locusta migratoria* (langosta en estado adulto) en formato harina, deshidratado o entero podían ser consumidos por humanos, siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones (López, 2019).

En la actualidad, los cambios en la dinámica de alimentación a nivel mundial están influenciados por factores sociales, económicos y ambientales. Estos cambios se reflejan en el consumo de ciertos alimentos, como la carne, que se ve afectado debido a su impacto ambiental, ya que su producción genera considerables emisiones de gases de efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global. Este contexto impulsa la búsqueda de nuevas alternativas alimenticias que proporcionen una fuente sustancial de proteínas, aminoácidos y otros nutrientes, similares a los encontrados en la carne. La entomofagia, o consumo de insectos, se presenta como una opción prometedora para el futuro, ya que muchos insectos comestibles son ricos en proteínas, grasas, fibra, nitrógeno no proteico y cenizas. Por ejemplo, el grillo, que contiene entre un 27% y un 76% de proteína, es un ejemplo de insecto con un alto valor nutricional. El uso en forma de harina para la producción de alimentos se ha venido expandiendo en algunas regiones como América, se ha descrito que pueden aportar a los productos proteínas de alto valor nutricional y propiedades antioxidantes (Uribe y Morales, 2022).

La harina de grillo ya se produce y comercializa en Europa, y su uso está autorizado para la alimentación animal según el Reglamento 2021/1372 del 17 de agosto de 2021, que modifica el anexo IV del

Reglamento (CE) N° 999/2001 del Parlamento Europeo y del Consejo. Este reglamento levanta la prohibición de alimentar a los animales de granja no rumiantes, a excepción de los animales de peletería, con proteínas derivadas de animales.

La harina de grillo, según estudios realizados en los países mencionados, destaca por su notable valor nutricional, especialmente debido a su elevado contenido en entomoproteínas, es decir, proteínas derivadas de los insectos. En términos de composición, 100 g de harina de grillo contienen aproximadamente 76 g de proteína, 11.4 g de hidratos de carbono libres de azúcares, y proporcionan una mayor cantidad de energía en comparación con otras harinas. Además, posee minerales esenciales como hierro, calcio, magnesio, manganeso, cobre, selenio, zinc y fósforo. También contiene vitaminas como la B2, B12 y ácido fólico (Quijano, 2021).

El consumo de proteínas a partir de fuentes alimenticias naturales o procesadas en la población peruana es limitado debido a su elevado costo háblese de carne de vacuno, cerdo o pescado. En la canasta familiar la primera fuente de proteína en una dieta diaria es la harina de trigo consumida a través del pan, luego en el almuerzo se consumen fuentes proteicas vegetales como menestras o leguminosas, en total no alcanza en su mayoría el consumo mínimo de proteína diario.

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en 1985, la ingesta diaria recomendada de proteínas es de 0.75 gramos por kilogramo de peso corporal por día. Por ejemplo, una persona que pesa 70 kg debería consumir aproximadamente 52.5 gramos de proteínas al día. En promedio, se sugiere que los hombres consuman alrededor de 55 gramos al día y las mujeres alrededor de 45 gramos al día para mantener una dieta saludable y equilibrada. Estas cantidades pueden ser alcanzadas mediante la incorporación diaria de lácteos como leche, yogur y queso, así como carnes magras tanto rojas como blancas, y huevos. Con el objetivo de explorar nuevas fuentes proteicas alimenticias, como los insectos, esta investigación considera al grillo (*Acheta domesticus*) para evaluar su contenido proteico. La harina de grillo ha ganado popularidad en productos destinados al consumo humano en los últimos años, ya que se ha comenzado a procesar a escala mediana. Sobre varios productos cabe destacar las malteadas proteicas que la cadena de hamburguesas estadounidense Wayback burgers está elaborando con harina de grillos; bebida que contiene una carga proteica de 24 g de proteína en un vaso de 20 onzas con sabores como Oreo o carne seca y chocolate (Blanco y Giraldo, 2016).

Los objetivos de la presente investigación es determinar el contenido de proteínas de la harina de grillo como demás nutrientes que pueda contener, así como también, determinar el nivel de calidad microbiológica de la harina. En el ítem materiales y métodos encontrará el desarrollo de las etapas que

llevaron a la obtención del producto final: selección de la materia prima, crianza y procesamiento de la harina. En los resultados se evidencia el contenido nutricional y microbiológico de la harina, así como el análisis comparativo con otras fuentes alimenticias. Se propone como hipótesis que la obtención de harina a partir del grillo (*Acheta domestica*) tendrá un mayor contenido proteico que las demás fuentes proteicas de consumo común.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación tiene un enfoque Cuantitativo – Cuasi experimental, de tipo Exploratoria – Descriptiva.

Como hipótesis se considera que la obtención de harina a partir del grillo (*Acheta domestica*) tendrá un mayor contenido proteico que las demás fuentes alimenticias proteicas de consumo común.

La crianza se ha llevado en las instalaciones del IESTP ELA de la provincia de Ferreñafe, departamento de Lambayeque. Se consideró una población de 1000 unidades de grillos adultos de ambos sexos, de ellos se extrajo una muestra de 450 unidades para la elaboración de harina.

Para una correcta crianza de grillos, se dispuso la confección de 06 jaulas hechas con malla de metal de 3/8". El tamaño fue de 50 x 50 x 50cm. En un primer momento las 06 jaulas se dispusieron para la crianza y reproducción de los 60 grillos, 10 grillos por cada jaula. Visto las circunstancias de adaptabilidad al cautiverio, la merma de la colonia fue de un 30%. en el primer mes, 10% en el segundo y a partir del tercer mes se estabilizó la población. Dicha circunstancia se aprovechó para reubicar los grillos restantes en 03 jaulas.

Recipientes pequeños de plástico con paredes bajas que sirvieron para colocar el alimento y el agua. Fueron colocados en el momento de la instalación de la colonia. Recipientes pequeños de material plástico en forma rectangular con paredes relativamente altas que sirvieron para la puesta de los huevos y posterior incubación de estos. Estos fueron colocados en las jaulas 20 días después de instalados los grillos.

En el fondo de las jaulas se acondicionó material de cartón descartable porta huevos, los que sirvieron con frecuencia como protección contra inclemencias del medio ambiente y para la cópula respectiva de los grillos. Se realizó cotidianamente la retirada de los grillos muertos del fondo de las jaulas, debido a la adaptación al medio de cautiverio. Los grillos, conscientes de la limitación de recursos en su entorno, tienen estrategias para reducir al máximo la competencia en espacios reducidos y acceder así a los recursos disponibles.

El sustrato preparado para los recipientes que recibieron los huevos de grillo hembra fue elaborado a base de vermiculite entre 1 y 2 cm. de espesor, tierra agrícola sin pesticida, debajo de este sustrato se colocó arena. El sustrato estuvo siempre levemente húmedo, para facilitar a la grilla hembra la puesta de los huevos a través de su estilete mediante un órgano llamado ovipositora.

Estos recipientes con los huevos fueron separados y colocados en las jaulas restantes, para lograr su eclosión y el nacimiento de las minúsculas crías de grillo (ninfas) de este modo quedaron protegidos del canibalismo que emplean los grillos contra su propia especie. La ausencia de humedad puede ocasionar la desecación de los huevos, impidiendo su eclosión, mientras que un exceso de humedad puede propiciar la aparición de moho y resultar en la muerte de los jóvenes grillos.

Elaboración de harina:

Se describen las operaciones:

En la recepción se recibieron 295 g de grillos en 475 individuos registrando un peso individual aproximado de 0.62 g por cada grillo. Se verificaron que todos estén vivos y sin presencia de otros insectos, si se evidencia individuos muertos se produce a la separación de ellos. Una vez pasada la selección los grillos pasan a congelación a una temperatura de -5°C por tiempo de una hora, esto con el fin de provocar la muerte de los insectos.

Luego los insectos se lavaron con abundante agua clorada por un tiempo de 3 minutos. Para eliminar el exceso de agua pasan por un tamiz. La operación de secado se a cabo en la estufa de laboratorio, los grillos se expanden en bandejas y son secados a una temperatura de 80°C a un tiempo de 18 horas.

Para la molienda se empleó un molido de tornillo sin fin, realizando 2 pasadas. Se tamiza para separar partículas sólidas que no hayan podido ser molidas. Se realizó un segundo secado a 80°C por 3 horas en la estufa hasta llegar a una humedad del 14 %. El producto final es pesado, envasado y rotulado obteniendo 109 g de harina considerando un rendimiento del 36.9 %.

Análisis fisicoquímicos.

Se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química de la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. El método usado por este Laboratorio es el recomendado por la AOAC (Association of Official Agricultural Chemists, 1995) que brinda las marchas

analíticas que se deben seguir. En este caso se utilizaron las siguientes marchas: humedad: 930.15; proteína: 981.10; grasa: 960.39 y cenizas: 920.153 (Arango et al, 2004).

Análisis microbiológicos.

La Ley suiza da ciertas luces respecto a los insectos procesados en harinas, snacks y deshidratados definiendo los microorganismos a estudiar y los límites para cada uno de ellos: *Salmonella* (no debe hallarse en 25g de producto), *Listeria monocytogenes* (<100UFC/g durante toda la vida útil del alimento. En caso de no poder ser demostrado, no debe haber presencia de *Listeria monocytogenes* en 25 g de producto), Aerobios mesófilos (igual o menor a 10⁶ UFC/g), Enterobacterias (igual o menor a 100 UFC/g), *Staphylococcus aureus* (coagulasa positiva, igual o menor a 100 UFC/g) y *Bacillus cereus* (igual o menor a 100 UFC/g) (López, 2019).

Los ensayos microbiológicos se llevaron a cabo Laboratorio de Microbiología – Pabellón de Microbiología y Parasitología de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. El ensayo microbiológico: Pretratamiento de la Muestra en caldo nutritivo y siembra microbiana en agar nutritivo y agar Sabouraud. Carga Helmíntica: Observación microscópica para determinación de huevos, larvas, quistes y adultos de helmintos parásitos en el producto, y la Carga Entomológica: Observación microscópica para determinación de huevos, larvas o adultos de insectos contaminantes en el producto.

RESULTADOS

Con respecto a la alimentación se utilizaron cereales como avena, trigo molido, polvillo de arroz, verduras y hojas frescas de plántulas de maíz, los que fueron colocados en recipientes plásticos de baja altura, llanos. Resultó crucial retirar siempre los alimentos antiguos antes de reponerlos, lo que contribuyó a prevenir la propagación de enfermedades dentro de la colonia. Además, los restos de alimentos pueden generar malos olores en las jaulas. El agua fresca y renovada no faltó jamás en la colonia. Para el agua se empleó recipiente bajo o llano.

La colonia se inició con 60 grillos, 6 jaulas y 10 grillos en cada jaula. Debido al alto porcentaje de canibalismo y la dificultad de adaptación al cautiverio, al comienzo del tercer mes se observó que las hembras comenzaron a depositar huevos en pequeños recipientes con una capa superficial de tierra. Estos huevos tenían un tamaño similar a pequeños bastones, parecidos a la mitad de un grano de arroz alargado. Con el recipiente sembrado de huevos, éste se trasladó a la jaula de crianza para su posterior incubación, este ambiente mantuvo una temperatura de 26°, y el sustrato se mantuvo húmedo todo el tiempo.

Del crecimiento de los grillos, con edad aproximada de 7 semanas, tamaño de 5 mm. Se tendrá en cuenta la endogamia, por lo que pasados los cinco o seis meses serán reemplazados algunos grillos. Mantenimiento en cautividad y reproducción. Garibay (2007) explica el método zootécnico para la cría intensiva del grillo *A. domesticus* y considera los siguientes componentes. La ubicación para la crianza debe contar con servicios básicos como agua corriente, energía eléctrica y drenaje. Otros servicios útiles incluyen teléfono, computadora personal e internet. Es fundamental mantener en reserva elementos como jaulas, agua purificada, alimento, y hojas de control. En cuanto a la temperatura, el rango manejado en la crianza de grillos osciló entre un mínimo de 22°C y un máximo de 26.9°C.

Los análisis fisicoquímicos realizados en el laboratorio a la harina de grillo se muestran los resultados en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos de la harina de grillo

| <i>Método</i> | <i>Unidad de medida</i> | <i>Resultado</i> | <i>Método</i> |
|----------------------|-------------------------|------------------|---------------------|
| <i>Humedad</i> | <i>%</i> | <i>14,45</i> | <i>Gravimétrico</i> |
| <i>Ceniza</i> | <i>%</i> | <i>4,73</i> | <i>Gravimétrico</i> |
| <i>Proteínas</i> | <i>%</i> | <i>67,66</i> | <i>Kjendahl</i> |
| <i>Fibra</i> | <i>%</i> | <i>11,60</i> | <i>Gravimétrico</i> |
| <i>Grasa</i> | <i>%</i> | <i>1,17</i> | <i>Soxhlet</i> |
| <i>Carbohidratos</i> | <i>%</i> | <i>14,84</i> | <i>---</i> |

Los análisis microbiológicos de la Tabla 2 son basados a la R.M 591- 2008/MINSA. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Dentro del grupo de alimentos VI. Granos de cereales y leguminosas, quenopodiáceas y derivados (harinas y otros) (DIGESA, 2008).

Tabla 2. Ensayo microbiológico de harina de grillo

| Código de muestra | Método* | Determinación de Bacterias Patógenas | Determinación de Levaduras y Mohos | Observación microscópica** | Observación microscópica*** | Conclusión |
|-------------------|--------------------------------------|--|--|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|
| Muestra 001-016-A | Muestra 10 g. de harina de grillo | <i>Salmonella sp.</i> AUSENTE <i>Escherichia Coli</i> AUSENTE | Levaduras contaminantes AUSENTES Mohos ccontaminantes productores de micotoxinas AUSENTES | Carga Helmíntica AUSENTE | Carga Entomológica AUSENTE | Límites aceptables |
| Muestra 002-016-B | Muestra 10 g. de harina de grillo | <i>Salmonella sp.</i> AUSENTE <i>Escherichia coli</i> AUSENTE | Levaduras contaminantes AUSENTES Mohos contaminantes productores de micotoxinas AUSENTES | Carga Helmíntica AUSENTE | Carga Entomológica AUSENTE | Límites aceptables |

* Pretratamiento de la muestra en caldo nutritivo y siembra microbiana en agar nutritivo y agar sabouroud.

**Para determinación de huevos, larvas, quistes y adultos de helmintos parásitos en el producto.

*** Para determinación de huevos, larvas o adultos de Insectos contaminantes en el producto.

DISCUSIONES

De la crianza en cautiverio Aspilcueta et al. (2023) indican que la cría de grillos es una práctica sostenible que requiere menos recursos naturales en comparación con la producción de carne tradicional. Los grillos demandan una menor cantidad de agua, espacio y alimentos en comparación con otras fuentes de proteínas, y además generan menos emisiones de gases de efecto invernadero.

De la Tabla 1, donde resalta su alto contenido proteico con un 67.66%, Según Toro (2017), la harina de grillo (*Acheta domesticus*) presenta un notable contenido proteico que varía entre el 56% y el 65%. Sus proteínas se distinguen por contener todos los aminoácidos esenciales, los cuales el cuerpo no puede producir por sí mismo y, por lo tanto, deben obtenerse a través de la alimentación. En cuanto a la digestibilidad y asimilación de la proteína de la harina de grillo, Álvarez (2019) señala que esta es considerablemente mayor que la de la proteína de la carne. La harina de grillo, en peso seco, aporta entre un 65% y un 70% de proteína pura, en comparación con la carne, que solo proporciona entre un 17% y un 40% de proteína. Además, el hecho de que la harina no contenga gluten facilita su digestión.

La harina también posee 11.6% de fibra, siendo esta esencial para la correcta digestión en los seres humanos. También posee alto contenido de carbohidratos 11.84% y en grasa posee 1.17%. De acuerdo con Portillo y Edwin (2017), indican que la harina de grillo posee un elevado contenido de ácidos grasos poliinsaturados omega 3 y omega 6, los cuales contribuyen a la reducción del colesterol total. Y Álvarez et al (2020) indican que la cantidad de grasa de la harina de grillo está entorno al 10-16% (sobre materia seca) y su perfil lipídico presenta aspectos muy favorables desde el punto de vista de la nutrición humana, dado que la mayoría de los ácidos grasos son insaturados, siendo mayoritarios los poliinsaturados.

De acuerdo con el Ministerio de Salud (2017) informa que el contenido de proteínas (g. proteína/100 g.) de la harina fortificada de trigo es de 10.5 g., de la caballa 19.5 g, del pescado bonito y tollo es de 23.8 y 19.5 g. respectivamente, y de la carne de cerdo, res y pollo es de 14.4 g., 21.3 g y 21.4 g respectivamente. Siendo la harina de grillo superior a las anterior mencionadas con 67. por cada 100 g de muestra.

Como indica Milian y Rivas (2020), la harina de grillo puede ser clasificada como harina fortificada debido a su contenido proteico, que alcanza un 36.93%. Esto supera significativamente los requisitos establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano, el cual menciona valores máximos de 7% de proteína.

De acuerdo al análisis proximal de proteína realizado por Portillo y Edwin (2017), determinaron que el 60% de su composición consiste en proteína cruda. Según las normativas del Reglamento Técnico Centroamericano, un alimento. se clasifica como alto en proteínas si alcanza el 50% de contenido proteico. Esta característica coloca a la harina de grillo en una posición competitiva en el mercado de suplementos con alto contenido proteico.

La R.M 591- 2008/MINSA, menciona con respecto a salmonella su “ausencia” por cada 25 g. de muestra y para *Escherichia coli* 10^5 UFC/g de muestra en productos de harinas y otros. De acuerdo con los resultados de la Tabla 2 en los dos muestreos presenta ausencia tanto de *Salmonella* sp. como de *Escherichia coli* (DIGESA, 2008).

De acuerdo a Palop et al (2018) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos mencionan que por el momento no existen criterios microbiológicos definidos para los insectos destinados a consumo humano, pero parece conveniente el desarrollo de criterios específicos aplicables a este tipo de alimentos teniendo en cuenta el tipo de producto, procesado y otros factores que puedan afectar a su calidad y seguridad microbiológica, por ello la investigación toma como referencia los indicadores microbiológicos que indica la R.M 591- 2008/MINSA (DIGESA, 2008). Con respecto a

la carga helmíntica (determinación de huevos, larvas, quistes y adultos) y entomológica (determinación de huevos, larvas o adultos de insectos contaminantes en el producto), los ensayos microbiológicos arrojaron ausencia en ambas observaciones microscópicas.

CONCLUSIONES

Se ha obtenido como resultado de la innovación tecnológica harina de grillo (*Acheta domesticus*) con una humedad del 14.45%. Para ello se ha empleado 475 individuos (295 g.) para obtener 109 g. de harina con un rendimiento del 36.9%. Los análisis nutricionales muestran que la harina de grillo tiene un valor proteico de 67.66%, cenizas 4.73%, fibra 11.60, grasas 1.17% y carbohidratos 14.84%. Con respecto a los ensayos para determinar la calidad microbiológica e inocuidad da como resultado “ausencia” de *Salmonella sp.*, *Escherichia Coli*, levaduras y mohos. La observación microscopia de presencia de carga helmíntica y entomológica muestran “ausencia” concluyendo que el producto presenta calidad microbiológica aceptable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, P., Mateo, J., y Giráldez, J. (2020). Harina de grillo *Acheta domesticus*: composición lipídica y posibilidades sobre su modificación por medio de la dieta. BISTUA Revista de la Facultad de Ciencias Básicas, 18(2), 38-43.
- Álvarez, A. (2019). Desarrollo y evaluación de barras con alto contenido proteico con incorporación de harina de grillo.
- Arango, G., Vergara, R., y Mejía, H. (2004). Análisis composicional, microbiológico y digestibilidad de la proteína de la harina de larvas de *Hermetia illuscens* L (Diptera: stratiomyiidae) en Angelópolis-Antioquia, Colombia. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 57(2), 2491-2500.
- Aspilcueta, L., Ciuffardi, L., Gamboa, S., Reátegui, S., y Suarez, D. N. (2023). Plan de negocios para comercialización y distribución de barras proteicas de harina de grillo. [Universidad Científica del Sur].
- Avendaño, C., Sánchez, M., y Valenzuela, C. (2020). Insectos: son realmente una alternativa para la alimentación de animales y humanos. Revista chilena de nutrición, 47(6), 1029-1037.
- Blanco, D. A., y Giraldo, D. (2016). Desarrollo de una barra tipo granola a base de harina de grillo *Acheta domesticus* como principal [Universidad de la Salle].

- DIGESA, (2008). R.M 591- Ministerio de Salud – 2008. Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.
- FAO, (2014). Aprovechar el potencial de los insectos para la alimentación animal.
- FAO, (1985). Energy and protein requirements: Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. In Technical Report Series (WHO) (No. 724). World Health Organization.
- Garibay, R. (2007). Zootecnia del grillo (Doctoral dissertation, Tesis. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de medicina veterinaria y zootecnia, Morelia).
- López, D. (2019). Factibilidad técnica y económica para la comercialización y producción de un snack en base a harina de insectos.
- Milian, R., y Rivas-Flores, A. (2020). Prototipo agroindustrial de harina de *Acheta domestica* (Orthoptera: Gryllidae) para consumo humano. *Revista Agrociencia*, 3(16), 81-90.
- Ministerio de Salud (2017). Tabla Peruana de Composición de alimentos. Lima: Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud
- Palop, A., Rodríguez, D., Santos, J. Á., Conchello, M. P., Daschner, Á., González, E., y Cámara, M. (2018). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición (AECOSAN) en relación a los riesgos microbiológicos y alergénicos asociados al consumo de insectos (No. ART-2018-116100).
- Portillo, R., y Edwin, O. (2017). Estimación piloto de los costos en la producción y proceso de harina de grillo (*Acheta domestica*), como fuente de proteína para dieta humana, en la finca Santa Marta, Morazán, El Salvador.
- Quijano, L. (2021). Plan de negocio para el cultivo y procesamiento de harina de grillo (*Acheta domestica*) como fuente de proteína para dieta humana.
- Toro, C. (18 de junio de 2017). Bondades de la harina de grillos. <https://www.arthrofood.co/single-post/2017/06/28/Esto-es-lo-que-dicen-losexpertossobre-la-harina-de-grillo>.
- Uribe, J. y Morales, K. (2022). Revisión sistemática del uso de harina de grillo *Acheta domestica* como ingrediente en productos alimenticios.

ARTÍCULO ORIGINAL**Análisis microbiológico y sensorial de filetes de tilapia (*Oreochromis niloticus*) con recubrimiento bioactivo incorporando aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*)****Microbiological and sensory analysis of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets with bioactive coating incorporating oregano (*Origanum vulgare*) essential oil**

Esmeralda Aguilar¹ , Ana Guamuro¹ , Hans Minchán-Velayarce¹ , Sandra Pasapera-Campos¹  y Juan Ticona² 

RESUMEN

Los productos derivados del pescado, son fuentes ricas en nutrientes, sin embargo, son altamente susceptibles a la alteración y el deterioro. Este estudio evaluó el efecto microbiológico, sensorial y en el pH, de un recubrimiento bioactivo incorporando aceite esencial de orégano (al 0, 2, 3 y 4 %) en filetes de tilapia refrigerado, a 4° C durante 1, 4, 7 y 11 días. Se utilizó un diseño factorial 4Ax4B, A: Concentración de aceite esencial y B: tiempo de almacenamiento en días, con tres repeticiones. Se emplearon la prueba de Friedman y Kruskal–Wallis. Los filetes tratados con recubrimiento y aceite esencial mostraron ausencia/25 g de *Salmonella sp.*, con niveles de aerobios mesófilos (2×10^5 UFC/g), aerobios psicrófilos totales (7×10^3 UFC/g), anaerobios psicrófilos facultativos totales (3.18×10^4 UFC/g), *Escherichia coli* (8 UFC/g) y *Staphylococcus aureus* (4×10^2 UFC/g); todos ellos dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica N° 071-MINSA/DIGESA. Los filetes recubiertos mostraron características sensoriales superiores en comparación con los no tratados, manteniendo un pH entre 6.28-6.4, hasta el día siete con un 4% de aceite esencial. Se concluye que estos resultados y su aplicación constituyen una alternativa prometedora para la industria de procesamiento primario de esta especie.

Palabras clave: Recubrimiento bioactivo, aceite esencial, orégano, tilapia.

ABSTRACT

Fish products are rich sources of nutrients; however, they are highly susceptible to alteration and spoilage. This study evaluated the microbiological, sensory and pH effects of a bioactive coating incorporating oregano essential oil (0, 2, 3 and 4 %) on refrigerated tilapia fillets at 4°C for 1, 4, 7 and 11 days. A 4Ax4B factorial design was used, A: concentration of essential oil and B: storage time in days, with three replicates. Friedman and Kruskal–Wallis tests were used. The fillets treated with coating and essential oil showed absence/25 g of *Salmonella sp.*, with levels of mesophilic aerobes (2×10^5 CFU/g), total psychrophilic aerobes (7×10^3 CFU/g), total facultative psychrophilic anaerobes (3.18×10^4 CFU/g), *Escherichia coli* (8 CFU/g) and *Staphylococcus aureus* (4×10^2 CFU/g); all within the limits established by Technical Standard No. 071-MINSA/DIGESA. The coated fillets showed superior sensory characteristics compared to untreated fillets, maintaining a pH between 6.28-6.4, up to day seven with 4% essential oil. It is concluded that these results and their application constitute a promising alternative for the primary processing industry of this species.

Keywords: Bioactive coating, essential oil, oregano, tilapia.

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: anaguamuro@gmail.com; aguilarpaquirachin@gmail.com; hans.minchan@unj.edu.pe; sanloica22@gmail.com

² Empresa Privada Ecofriendly Engineers S.A.C, Perú. Email: juan.ticona.yujra@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El pescado y los productos pesqueros son altamente nutritivos, es la principal fuente natural de ácidos grasos n-3 (Perea et al., 2008), pero también su velocidad de degradación es más elevada que la de otros tipos de carnes, especialmente por la exposición a altas temperaturas y prácticas de manipulación inadecuadas (Oliveira et al., 2001). A esta problemática se suma la migración de envases, donde los productos pesqueros son envasados con materiales que contienen policarbonatos, resinas epoxi y bisfenol A (BPA), cuya presencia implica riesgos para la salud humana desarrollando enfermedades como el cáncer, diabetes, problemas neurológicos y cardiovasculares (Flores, 2019). Donde Solano-Doblado et al. (2018) indica que una opción para combatir la migración de envases es emplear recubrimientos comestibles incorporando aceites esenciales de plantas los que actuarán como barreras bioactivas.

Por esta razón, varios investigadores están buscando alternativas de conservación para este tipo de carnes, como el estudio realizado por Guerrero et al. (2015) determinando que la incorporación de aceites esenciales como el orégano mejoran las características sensoriales del producto cárnico, además de otorgar poder antioxidante y antimicrobiano. Moraes-Lovison et al. (2017) indica que el uso del aceite esencial de orégano en productos cárnicos tiene resultados prometedores en cuanto a la prevención de la oxidación y control microbiológico, debido a que en su composición contiene carvacrol y timol, responsables del alto poder antioxidante y antimicrobiano (Tomiotto-Pellissier et al., 2022), capacidad antifúngica y antiviral (Matiucci et al., 2023). Pandia (2020) obtuvo biopelículas a partir de la gelatina extraída de la piel de perico en la que incorporó extracto de orégano, aplicando sobre filetes de trucha para evaluar sus características fisicoquímicas y microbiológicas durante su almacenamiento en refrigeración. Pandia, observó que las biopelículas que contenían 2, 4, 6 y 8 % de extracto de orégano mostraron actividad antimicrobiana sobre *Staphylococcus aureus* y *Proteus vulgaris*; mientras que las biopelículas con 6 y 8 % de extracto de orégano inhibieron el crecimiento de *Enterococcus faecalis* y *Salmonella enterica*. Sólo la biopelícula con 8 %, inhibió el crecimiento de *Shigella spp.* Concluyó que los filetes recubiertos con 2 % de extracto de orégano mantienen la aceptabilidad durante 8 días y los filetes recubiertos con 4 y 6 %, mantienen la aceptabilidad hasta los 11 días durante su almacenamiento en refrigeración de la trucha.

En la ciudad de Jaén y alrededores, una especie comúnmente comercializada es la tilapia (*Oreochromis niloticus*), a menudo no alcanza los estándares de calidad necesarios y llega al mercado en estado de descomposición afectando su aceptación (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2014). Con lo expuesto anteriormente, se consideró necesario evaluar la calidad microbiológica y sensorial de filetes de tilapia

(*Oreochromis niloticus*) con recubrimiento que incorpora aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) manipulando tres concentraciones (2, 3 y 4 %), realizando pruebas al primer, cuarto, séptimo y onceavo día de refrigeración (4° C).

MATERIALES Y MÉTODOS

Todas las etapas de proceso, desde la obtención de los filetes de tilapia (recepción 1, transporte, recepción 2, enfriamiento, desescamado, eviscerado y descabezado, fileteado, lavado y escurrido), la preparación de los recubrimientos y el almacenamiento en refrigeración (por 1, 4, 7 y 11 días) se realizaron en las instalaciones de la empresa privada Ecofriendly Engineers S.A.C; los análisis microbiológicos y registros de pH fueron tercerizados a la empresa Peruinka Industrias S.A. ambas empresas situadas en la ciudad de Jaén. La población estuvo constituida por tilapias con un peso promedio de 500 g, capturadas de la piscigranja La Tilapia, ubicada en la misma ciudad. La muestra estuvo constituida 25kg de tilapia, obteniendo filetes de 100 a 120 g.

Los porcentajes de los componentes (9 % de gelatina, 0.84 % de CMC y 1.69 % de bicarbonato de sodio, 1.12 % de glicerina) para la elaboración de los recubrimientos con 3 concentraciones (2%, 3%, 4%) de aceite esencial de orégano (con R.S C6000115N-VCIVAC, producido y envasado por Inversiones Arcadius E.I.R.L. RUC 20533022384) se basaron en 300ml de agua. Se disolvieron todos los componentes en 300 ml de agua a una temperatura de 45° C, seguido la adición de aceite esencial de orégano y su homogenización, para luego proceder a un enfriado entre 5 a 10 minutos.

Obtenidos los recubrimientos bioactivos, se aplicaron sobre los filetes de tilapia cubriéndolos completamente. Posteriormente, los filetes de tilapia fueron refrigerados a una temperatura de 4°C por 1, 4, 7 y 11 días hasta llevarse a cabo el control de pH, microbiológicos (Aerobios mesófilos, aerobios psicrófilos totales, anaerobios psicrófilos facultativos totales, *Salmonella sp*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*) y sensorial, que contó con un panel de 30 panelistas no entrenados, evaluando: aspecto general, textura y olor, de 0 a 3 puntos de calificación (Romero, 2015). También se incluyó una muestra testigo que consistía en filetes de tilapia sin recubrimiento bioactivo pero que fueron sometidos a todos los análisis correspondientes.

El estudio fue de tipo experimental, con un diseño factorial 4Ax4B (donde A representa la concentración de aceite esencial de orégano y B el tiempo de almacenamiento), utilizando un diseño completamente al azar con dos factores, cada uno con cuatro niveles y tres repeticiones.

Tabla 1. Número de tratamientos de acuerdo al diseño experimental

| Factor A: Concentración de aceite esencial de orégano | Factor B: Tiempo de almacenamiento | | | |
|---|------------------------------------|---------|---------|---------|
| | DÍA1 | DÍA2 | DÍA3 | DÍA4 |
| T1 | T1_DIA1 | T1_DIA2 | T1_DIA3 | T1_DIA4 |
| T2 | T2_DIA1 | T2_DIA2 | T2_DIA3 | T2_DIA4 |
| T3 | T3_DIA1 | T3_DIA2 | T3_DIA3 | T3_DIA4 |
| T4 | T4_DIA1 | T4_DIA2 | T4_DIA3 | T4_DIA4 |

Leyenda:

A: Porcentaje de aceite esencial

T1: Muestra testigo, sin recubrimiento

T2: Recubrimiento con aceite esencial de orégano al 2%

T3: Recubrimiento con aceite esencial de orégano al 3%

T4: Recubrimiento con aceite esencial de orégano al 4%

B: Tiempo de almacenamiento

DIA 1: Primer día de almacenamiento

DIA 4: Cuarto día de almacenamiento

DIA 7: Séptimo día de almacenamiento

DIA 11: Onceavo día de almacenamiento

RESULTADOS

Determinación de pH de los filetes de tilapia con recubrimiento bioactivo durante el almacenamiento en refrigeración.

En la Figura 1 se muestra el promedio de pH de cada tratamiento en cada uno de los días de evaluación.

Se puede apreciar que el pH para el tratamiento T1 incrementa en los días siete y once, alcanzando un valor de 7, logrando diferenciarse del resto de tratamientos. Asimismo, se observa que el tratamiento T4 presenta el menor nivel de pH en todos los días de evaluación, excepto en el día 4, en el que el tratamiento T2 muestra el menor pH, alcanzando un valor de 6.2.

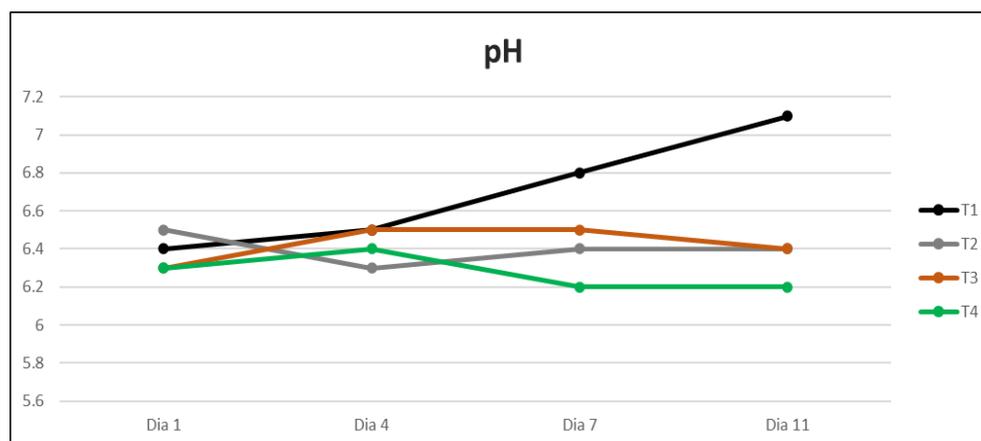


Figura 1. Evolución de los niveles de pH de los tratamientos a lo largo de los días de evaluación

Después de llevar a cabo la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, se confirma que existen diferencias significativas en los niveles de pH entre los tratamientos. Posteriormente se aplicó el test de comparaciones múltiples de Wilcoxon para determinar en qué tratamientos se dan dichas diferencias, cuyos resultados se observan en la Tabla 2, donde T4 y T2 conforman el grupo con menor nivel de pH, mientras que T3 y T1 forman el grupo de tratamientos con mayor nivel de pH.

Tabla 2. Grupos homogéneos de tratamientos, conformados para los valores de pH

| Indicador | Tratamientos | Valor promedio | Grupos | |
|-----------|--------------|----------------|--------|---|
| pH | T4 | 6.28 | a | |
| | T2 | 6.40 | a | b |
| | T3 | 6.43 | b | c |
| | T1 | 6.70 | c | |

Evaluación de la actividad antimicrobiana del recubrimiento bioactivo en filetes de tilapia durante el almacenamiento en refrigeración.

La figura 2 muestra los resultados del análisis microbiológico de los tratamientos, con valores promedio de indicadores microbiológicos para cada tratamiento en diferentes días de evaluación, junto con los límites definidos por la Norma Técnica Sanitaria N° 071 -MINSA/DIGESA que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo (DIGESA, 2003). Además, se observa que, en cuanto a aerobios mesófilos, los tratamientos T3 y T4 mantienen niveles constantes por debajo de los límites establecidos, mientras que T2 muestra niveles superiores en el día 11; y T1 en los días 7 y 11. En cuanto a los aerobios psicrófilos totales, T2, T3 y T4 permanecen constantes, por debajo de los límites, mientras que T1 supera los límites a partir del día 4. Respecto a anaerobios psicrófilos facultativos totales se mantienen dentro de los límites en todos los tratamientos, con T1 acercándose al límite máximo a partir del día 4. Para *Escherichia coli*, todos los tratamientos están por debajo del límite superior, destacando T4 como el único tratamiento que se mantuvo por debajo del límite inferior en todos los días de evaluación. Por último, en cuanto a *Staphylococcus aureus*, T3 y T4 cumplen con los límites establecidos en todos los días evaluados, mientras que T1 supera los límites en todos los días de evaluación y T2 lo hace solo en el último día.

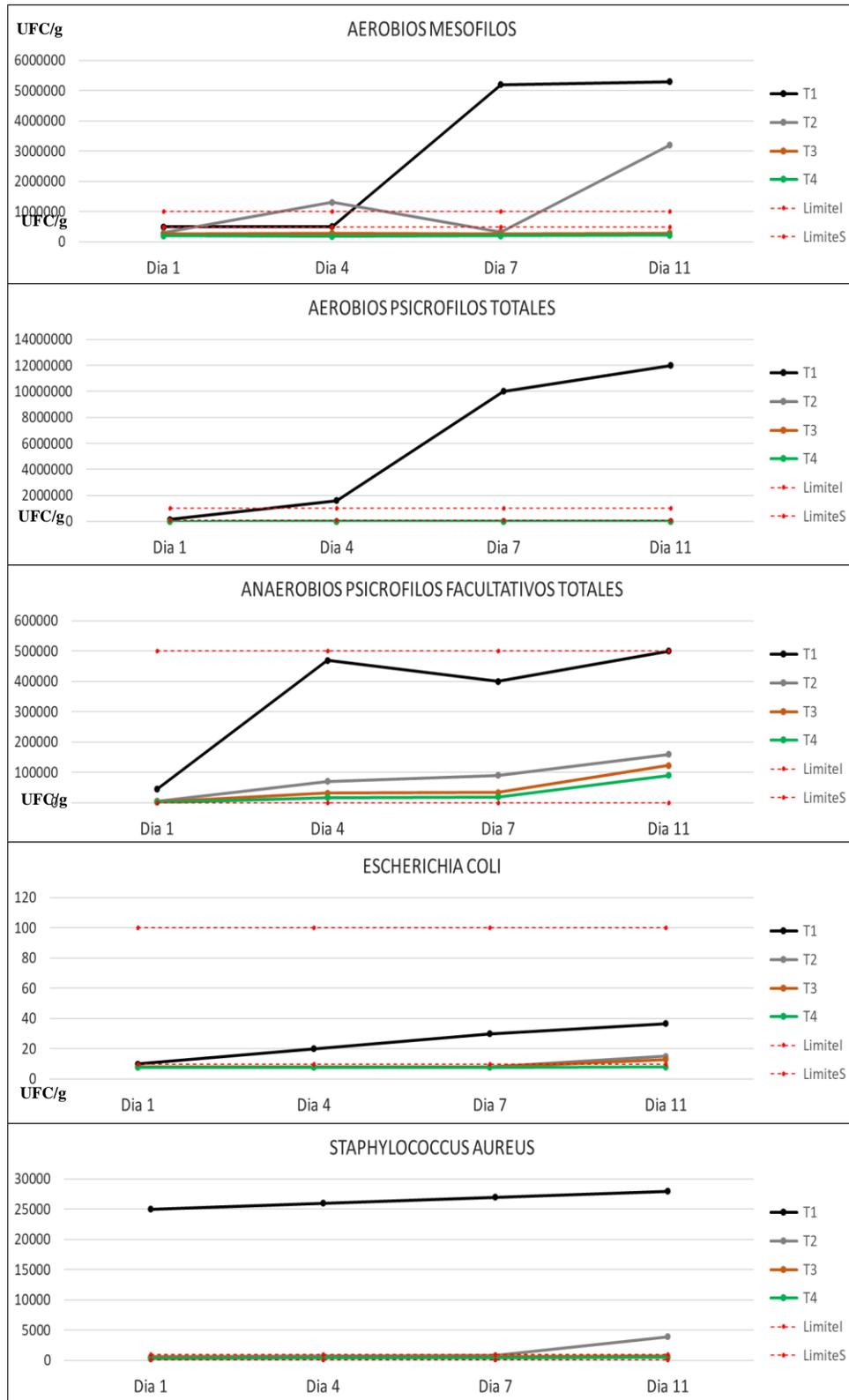


Figura 2. Evaluación microbiológica de los tratamientos, en cada día de evaluación.

Confirmando que existen diferencias significativas entre los tratamientos empleando la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis se realizó el test de comparaciones múltiples de Wilcoxon presentados en la tabla 3. En promedio, el tratamiento T4 muestra los niveles más bajos de actividad antimicrobiana, agrupándose con T2 y T3 en el indicador de *Escherichia coli*, mientras que T1 muestra consistentemente los niveles más altos de actividad microbiológica en todos los indicadores.

Tabla 3. Grupos homogéneos de tratamientos

| Indicador | Tratamientos | Valor promedio | Grupos |
|---|--------------|----------------|--------|
| Aerobios mesófilos | T4 | 200,000 | a |
| | T3 | 285,000 | b |
| | T2 | 1,285,000 | c |
| | T1 | 2,877,500 | d |
| Aerobios psicrófilos totales | T4 | 7,000 | a |
| | T3 | 9,167 | b |
| | T2 | 11,000 | c |
| | T1 | 5,937,500 | d |
| Anaerobios psicrófilos facultativos totales | T4 | 31,842 | a |
| | T3 | 48,033 | b |
| | T2 | 81,250 | c |
| | T1 | 353,750 | d |
| <i>Escherichia coli</i> | T4 | 8 | a |
| | T3 | 9 | a |
| | T2 | 10 | a |
| | T1 | 24 | b |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | T4 | 400 | a |
| | T3 | 575 | b |
| | T2 | 1,500 | c |
| | T1 | 26,500 | d |

Análisis sensorial de los filetes de tilapia durante 1, 4, 7 y 11 días de almacenamiento.

En la Figura 3 se puede apreciar que la evaluación sensorial de cada tratamiento en el primer día presenta los mejores resultados para los tres atributos evaluados, así como también que en cada uno de los días evaluados el tratamiento T4 es el que obtiene los mejores resultados en los tres atributos; notándose más esta diferencia en los días siete y once de almacenamiento. Por el contrario, el tratamiento testigo (T1) obtuvo el menor resultado sensorial en los tres atributos, en cada uno de los días de evaluación.

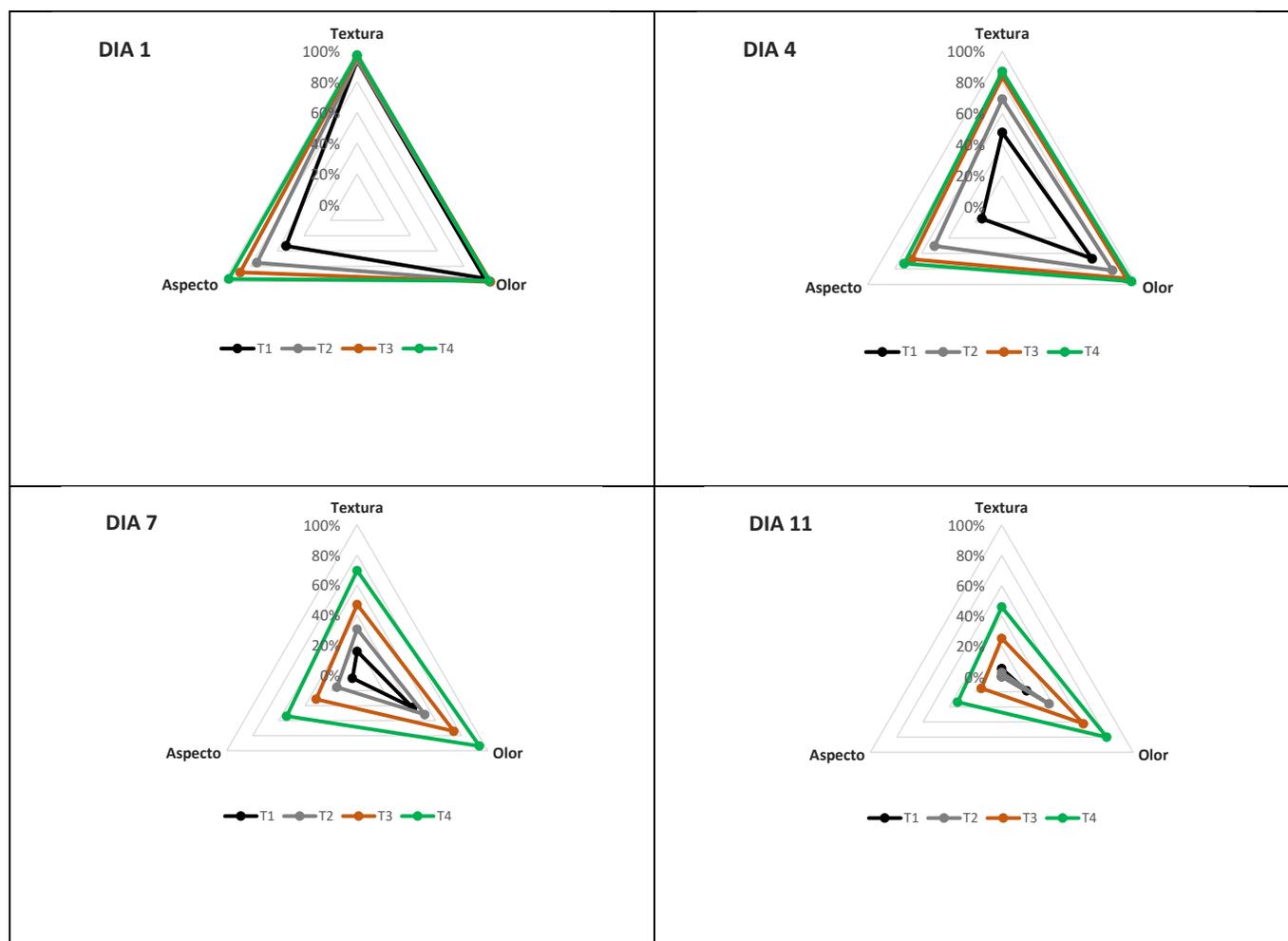


Figura 3. Perfil sensorial de los tratamientos según los atributos, en cada día de evaluación.

Después de confirmar la diferencia significativa entre tratamientos, se procede a realizar la prueba de comparaciones múltiples de Friedman. En la Tabla 4 se presentan los resultados de dicha prueba, donde se observa que, para el atributo aspecto sobresalen los tratamientos T4_DIA 1, T3_DIA 1, T2_DIA 1, T4_DIA 4 y T3_DIA 4; para el atributo olor, los tratamientos T3_DIA 1, T2_DIA 1, T4_DIA 1, T4_DIA 4, T1_DIA 1, T4_DIA 7, T3_DIA 4 Y T2_DIA 4; y para el atributo textura, los tratamientos T4_DIA 1, T3_DIA 1, T2_DIA 1, T1_DIA 1, T4_DIA 4, T3_DIA 4 y T4_DIA 7.

Tabla 4. Grupos homogéneos de tratamientos, conformados para cada atributo sensorial

| Características | Tratamiento | Suma Rangos | Promedio Rangos | Grupos |
|-----------------|-------------|-------------|-----------------|---------|
| Aspecto | T4_DIA 1 | 465.00 | 15.50 | a |
| | T3_DIA 1 | 436.00 | 14.53 | a b |
| | T2_DIA 1 | 390.50 | 13.02 | a b c |
| | T4_DIA 4 | 382.00 | 12.73 | a b c |
| | T3_DIA 4 | 363.00 | 12.10 | a b c |
| | T4_DIA 7 | 311.00 | 10.37 | b c d |
| | T1_DIA 1 | 308.00 | 10.27 | b c d |
| | T2_DIA 4 | 296.50 | 9.88 | c d |
| | T4_DIA 11 | 229.00 | 7.63 | d e |
| | T3_DIA 7 | 217.50 | 7.25 | d e f |
| | T3_DIA 11 | 158.50 | 5.28 | e f g |
| | T2_DIA 7 | 144.00 | 4.80 | e f g |
| | T1_DIA 4 | 143.00 | 4.77 | e f g |
| | T1_DIA 7 | 90.00 | 3.00 | f g |
| | T1_DIA 11 | 73.00 | 2.43 | g |
| | T2_DIA 11 | 73.00 | 2.43 | g |
| Olor | T3_DIA 1 | 398.50 | 13.28 | a |
| | T2_DIA 1 | 394.00 | 13.13 | a b |
| | T4_DIA 1 | 389.50 | 12.98 | a b |
| | T4_DIA 4 | 373.00 | 12.43 | a b |
| | T1_DIA 1 | 370.50 | 12.35 | a b |
| | T4_DIA 7 | 360.00 | 12.00 | a b |
| | T3_DIA 4 | 353.00 | 11.77 | a b c |
| | T2_DIA 4 | 274.00 | 9.13 | a b c d |
| | T4_DIA 11 | 264.00 | 8.80 | b c d |
| | T3_DIA 7 | 224.50 | 7.48 | c d e |
| | T1_DIA 4 | 186.50 | 6.22 | d e f |
| | T3_DIA 11 | 164.00 | 5.47 | d e f g |
| | T2_DIA 7 | 121.50 | 4.05 | e f g |
| | T1_DIA 7 | 97.50 | 3.25 | e f g |
| | T2_DIA 11 | 70.50 | 2.35 | f g |
| | T1_DIA 11 | 39.00 | 1.30 | g |
| Textura | T4_DIA 1 | 415.50 | 13.85 | a |
| | T3_DIA 1 | 413.50 | 13.78 | a |
| | T2_DIA 1 | 399.50 | 13.32 | a b |
| | T1_DIA 1 | 396.50 | 13.22 | a b |
| | T4_DIA 4 | 363.50 | 12.12 | a b |
| | T3_DIA 4 | 347.50 | 11.58 | a b c |
| | T4_DIA 7 | 304.50 | 10.15 | a b c d |
| | T2_DIA 4 | 282.50 | 9.42 | b c d |
| | T1_DIA 4 | 228.50 | 7.62 | c d e |
| | T3_DIA 7 | 219.00 | 7.30 | c d e |
| | T4_DIA 11 | 210.00 | 7.00 | d e |
| | T2_DIA 7 | 148.50 | 4.95 | e f |
| | T3_DIA 11 | 125.50 | 4.18 | e f |
| | T1_DIA 7 | 104.50 | 3.48 | e f |
| | T1_DIA 11 | 66.00 | 2.20 | f |
| | T2_DIA 11 | 55.00 | 1.83 | f |

DISCUSIÓN

En la determinación de pH, se observa que la muestra testigo incrementó de 6.4 a 7.1, mientras que los tratamientos del grupo con 4 % de aceite esencial de orégano (T4) descendieron de 6.3 a 6.2. Carrillo & Audisio (2007) señalan que el pH del pescado es neutro, pero que luego de su muerte disminuye a 6.2 para luego subir a 6.7, favoreciendo el desarrollo microbiano y la inestabilidad del filete de pescado. Estos resultados coinciden con los hallazgos de Pandia (2020), quien observó un aumento de pH de 6.13 a 6.26 en los filetes de tilapia sin recubrimiento, mientras que aquellos con recubrimiento bioactivo de aceite esencial de orégano al 4 % redujeron su pH de 6.13 a 6.07, mitigando el incremento del pH. Esto confirma que el aumento de pH es un indicador directo de la calidad de pescado, y que el uso de aceite esencial de orégano controla el aumento de pH.

Los análisis microbiológicos de todos los tratamientos mostraron ausencia/25 g de *Salmonella sp* en todos los días evaluados. Los niveles de microorganismos como Aerobios Mesófilos, Aerobios Psicrófilos totales, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y Anaerobios psicrófilos facultativos totales estuvieron dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Sanitaria N° 071 - MINSA/DIGESA que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano (DIGESA, 2003), excepto la muestra testigo (T1). Pandia (2020) encontró resultados similares y observó que el recuento de *Escherichia coli*, en la muestra testigo, superó los valores máximos establecidos y los tratamientos con recubrimiento se encontraron por debajo del límite mínimo. Además, Huang et al. (2018) descubrieron que los aceites esenciales, como el orégano, tomillo y anís estrellado, tienen efectos antimicrobianos en los filetes de carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idella*). Por lo tanto, el estudio concluye que la adición de recubrimientos incorporando aceite esencial de orégano (2, 3 y 4%) a filetes de tilapia inhibe el crecimiento para los microorganismos: aerobios mesófilos, aerobios psicrófilos totales, anaerobios psicrófilos facultativos totales, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

En el análisis sensorial, los tratamientos que sobresalen en todos los atributos evaluados son T4_DIA1, T4_DIA4 y T4_DIA11, correspondientes al grupo que contenía 4 % de aceite esencial de orégano. Estos resultados se alinean con investigaciones previas, como la de Wu et al. (2014), que demostraron que una película con 4 % de aceite esencial de orégano extendió la vida útil del músculo de pescado almacenado a 4 °C; Ojagh et al. (2010), quienes encontraron que recubrimientos con aceite esencial de canela sobre

trucha mejoraron su calidad hasta por 7 días; Pelaes et al. (2021), respaldan que los recubrimientos con aceites esenciales mejoran la calidad y aceptabilidad sensorial de filetes de tilapia.

CONCLUSIONES

El estudio concluye que los filetes de tilapia con recubrimiento incorporando aceite esencial de orégano en concentraciones al 2, 3 y 4% presentaron resultados superiores en todos los análisis y días evaluados. El uso de aceite esencial de orégano controla el aumento de pH en todos los grupos de filetes con recubrimiento bioactivo. En los análisis microbiológicos sobresale el grupo con 4% de aceite esencial de orégano (T4) mostrando ausencia/25g de *Salmonella*, aerobios mesófilos (2×10^5 UFC/g), aerobios psicrófilos totales (7×10^3 UFC/g), anaerobios psicrófilos facultativos totales (3.18×10^4 UFC/g), *Escherichia coli* (8 UFC/g) y *Staphylococcus aureus* (4×10^2 UFC/g), manteniéndose dentro de los límites establecidos por la norma; y obtuvieron características sensoriales favorables en comparación con los filetes de tilapia sin recubrimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Carrillo, L., & Audisio, C. (2007). *Manual de Microbiología de Los Alimentos PDF*. Pdfcoffee.Com. <https://pdfcoffee.com/manual-de-microbiologia-de-los-alimentos-pdf-pdf-free.html>
- DIGESA. (2003). *Norma Técnica Sanitaria N° 071—MINSA/DIGESA “Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano”*.
- Flores, G. (2019). Mecanismo carcinogénico asociado a la exposición al Bisfenol A. *Revista Costarricense de Salud Pública*, 28(1), 96-104.
- Guerrero, A., Carvalho, C., Madrona, G., Cestari, L., Scapin, M., & Nunes do Prado, I. (2015). Envases alternativos biodegradables y activos con aceites esenciales para productos cárnicos. *Eurocarne: La revista internacional del sector cárnico*, 238 (Julio-Agosto), 45-52.
- Huang, Z., Liu, X., Jia, S., Zhang, L., & Luo, Y. (2018). The effect of essential oils on microbial composition and quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during chilled storage. *International Journal of Food Microbiology*, 266, 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.11.003>
- Matiucci, M., Dos Santos, I., Da Silva, N., Dos Santos, P., Oliveira, G. G., Santos, S., Dos Santos, E., Said, R., Ferreira, J., Sartório, A., Ferreira, T. A., Oliveira, O., Alcalde, C., Rodrigues, M., & Feihmann, A. (2023). Use of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) processing residues in the production of pâtés with the addition of oregano (*Origanum vulgare*) essential oil. *PLOS ONE*, 18(12), 21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0296106>

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2014). *Manual básico sobre procesamiento e inocuidad de productos de la acuicultura*.
- Moraes-Lovison, M., Marostegan, L., Peres, M., Menezes, I., Ghiraldi, M., Rodrigues, R., Fernandes, A., & Pinho, S. (2017). Nanoemulsions encapsulating oregano essential oil: Production, stability, antibacterial activity and incorporation in chicken pâté. *LWT*, 77, 233-240. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.11.061>
- Ojagh, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. *Food Chemistry*, 120(1), 193-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.006>
- Oliveira, C., Dragonetti, J., & Friss, C. (2001). *Deterioro del pescado: Guía didáctica*. <http://hdl.handle.net/1834/1999>
- Pandia, S. E. (2020). *Obtención de películas comestibles empleando gelatina de pescado con extracto de orégano, y utilización como recubrimiento en filetes de trucha*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4345>
- Pelaes, A., Guerrero, A., Guarnido, P., Cordeiro, I., Olleta, J., Blasco, M., Nunes do Prado, I., Maggi, F., & Campo, M. del M. (2021). Effect of active-edible coating and essential oils on lamb patties oxidation during display. *Foods*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/foods10020263>
- Perea, A., Gómez, E., Mayorga, Y., & Triana, C. Y. (2008). Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo regional en Bucaramanga, Colombia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 91-97.
- Romero, P. (2015). *Cata de alimentos en hostelería (5.0)*. https://books.google.com.pe/books?id=27pWDwAAQBAJ&pg=PA18&dq=tipos+de+jueces+para+pruebas+sensoriales&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjE64rcz_D2AhWolZUCHXSIAPeQ6AF6BAgJEA#v=onepage&q=tipos+de+jueces+para+pruebas+sensoriales&f=false
- Solano-Doblado, L., Alamilla-Beltrán, L., Jiménez-Martínez, C., Solano-Doblado, L., Alamilla-Beltrán, L., & Jiménez-Martínez, C. (2018). Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 21. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.153>
- Tomiotto-Pellissier, F., Da Silva, B., Márcia, V., Marques, A., Quasne, A., Ricci, B., Dolce, P., Della, G., Lazarin-Bidóia, D., Silva, T., Gonçalves, M., Takayama, R., Nakazato, G., Costa, I., Conchon-Costa, I., Miranda-Sapla, M., & Pavanelli, W. (2022). The cytotoxic and anti-leishmanial activity of Oregano (*Origanum vulgare*) essential oil: An in vitro, in vivo, and in silico study. *Industrial Crops and Products*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115367>
- Wu, J., Ge, S., Liu, H., Wang, S., Chen, S., Wang, J., Li, J., & Zhang, Q. (2014). Properties and antimicrobial activity of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) skin gelatin-chitosan films incorporated with oregano essential oil for fish preservation. *Food Packaging and Shelf Life*, 1(2), 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.04.004>

ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto de la temperatura y velocidad de aire de secado de láminas de pituca (*Colocasia esculenta*) en la calidad de la harina

Effect of temperature and air speed of drying pituca (*Colocasia esculenta*) sheets on flour quality

Jhon Sempertegui¹, Blin Cubas¹, Adán Díaz¹, Hubert Arteaga¹

RESUMEN

Se investigó el impacto de la temperatura y la velocidad del aire en el secado de láminas de pituca (*Colocasia esculenta*). Las muestras, de 1,5 mm de espesor, se sometieron a un secador de bandejas a tres temperaturas (45, 50 y 55 °C) y tres velocidades de aire (2.5, 3.0 y 3.5 m/s). Tras moler las láminas secas, se analizaron las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la harina de pituca. Los hallazgos indicaron que las curvas de secado se ajustaron al modelo exponencial propuesto por Herdenson y Pabis, con un coeficiente de determinación superior al 96%. El tratamiento óptimo, T9, empleó una temperatura de 55 °C y una velocidad de 3.5 m/s. Mostró una humedad crítica de 1.53 g/g de pituca seca, una humedad de equilibrio de 0.9 g/g de pituca seca, y un tiempo crítico de 20 minutos. Los valores de cenizas, humedad, aerobios mesófilos, mohos y levaduras se registraron en 3.37%, 8.04%, 9.90×10^3 UFC/g, y 2.40×10^3 UFC/g respectivamente, con ausencia de *Escherichia coli*. Con temperaturas y velocidades de aire más altas, se obtuvieron las mejores calificaciones sensoriales. En conclusión, estos parámetros resultan en una calidad superior para la harina de pituca en términos cinéticos, fisicoquímicos y sensoriales.

Palabras clave: Pituca, cinética de secado, calidad de harina, recuento microbiológico, características sensoriales.

ABSTRACT

The impact of temperature and air velocity on the drying of pituca (*Colocasia esculenta*) sheets was investigated. The samples, 1.5 mm thick, were subjected to a tray dryer at three temperatures (45, 50 and 55 °C) and three air velocities (2.5; 3.0 and 3.5 m/s). After grinding the dried sheets, the physicochemical, microbiological and sensory properties of the pituca flour were analyzed. The findings indicated that the drying curves conformed to the exponential model proposed by Herdenson and Pabis, with a coefficient of determination greater than 96%. The optimum treatment, T9, used a temperature of 55 °C and a speed of 3.5 m/s. It showed a critical moisture of 1.53 g/g dry pituca, an equilibrium moisture of 0.9 g/g dry pituca, and a critical time of 20 minutes. Values for ash, moisture, mesophilic aerobes, molds and yeasts were recorded at 3.37%, 8.04%, 9.90×10^3 CFU/g, and 2.40×10^3 CFU/g respectively, with absence of *Escherichia coli*. At higher temperatures and air velocities, the best sensory ratings were obtained. In conclusion, these parameters result in superior quality for pituca flour in kinetic, physicochemical and sensory terms.

Keywords: Pituca, drying kinetics, flour quality, microbiological count, sensory properties

*Autor de correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: jhon.sempertegui@est.unj.edu.pe, blin.cubas@est.unj.edu.pe, adiazr@unj.edu.pe, hubert.arteaga@unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La pituca (*Colocasia esculenta*) es un tubérculo ancestral que se originó en Asia y se expandió a diversas regiones del mundo, donde se le conoce con diferentes nombres como, eddo, dasheen, taro o cocoyam (Cuenca y Moncada, 2020). El Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI) sugiere que la pituca posiblemente se originó en la región Indo-malaya y se propagó hacia el este de Asia, África y las Islas del Pacífico antes de llegar a América. En Perú, se la conoce con diversos nombres como pituca, aratrima, taro, michutsi, malanga, mafafa, chonque, papa china y witina. (MIDAGRI, 2023 y Aybar, 2022). Hay tres variedades de pituca: la variedad “negra” se caracteriza por mostrar una coloración rosada en la base de su hoja, la variedad “blanca” se distingue principalmente por su tonalidad amarillenta clara y, por último, la variedad “morada” o japonesa que presenta pigmentos de color morado en el cormo (Trujillo, 2022).

En la región Cajamarca la producción de pituca en el año 2021 aumentó, alcanzando un total de 1614 toneladas, lo que evidencia, que es un producto de consumo frecuente (MIDAGRI, 2021), al respecto Aybar (2022) señala que en Tingo María el 5% se destina al mercado y el 95% a consumo propio. La pituca (*Colocasia esculenta*), en otros países se industrializa en harinas, snacks, purés y subproductos como pan, galletas, budines; pero en el Perú su consumo mayoritario es sancochado, como acompañante de muchas comidas, guisos y fritos (Carbajal, 2019), por ello es necesario generar derivados de la Pitua, entre ellos harina de Pituca, que puede utilizarse para diversos fines. Sin embargo, es preciso encontrar las condiciones de secado que permiten conservar sus propiedades nutricionales y sensoriales.

El proceso de secado tiene el propósito de reducir el contenido de agua para conservar las propiedades nutricionales de los alimentos (Calle y Aparicio, 2011). El proceso de secado ofrece ventajas como la reducción de costos de transporte, simplificación en la manipulación de la materia prima y eliminación de la necesidad de refrigeración y conservantes adicionales. Una forma de realizar el secado es utilizando secadores de bandejas con aire caliente forzado, en el que pueden controlarse tanto la temperatura como velocidad del aire (Ruiz, 2016). El seguimiento de la cinética de secado de laminas de pituca, permitirá determinar parámetros importantes como la humedad crítica, tiempo crítico y la humedad de equilibrio (Velásquez, 2017) parámetros que permitan determinar la mejor condición de secado, complementado con las características fisicoquímicas y sensoriales de la harina de pituca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los tubérculos de pituca (*Colocasia esculenta*) se obtuvieron del mercado Roberto Segura en la Provincia de Jaén, Región Cajamarca, y se trasladaron al Laboratorio de Tecnología de Alimentos (UNJ) para su procesamiento. Se produjo harina de pituca mediante secado con aire caliente forzado de láminas de pituca, seguido de molienda y tamizado fino para obtener el producto final deseado. La harina para su posterior análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial. Se determinó la humedad bajo de acuerdo a la NTP 205.037:1975, las cenizas según la PRT-701.02-2011; para los análisis microbiológicos fueron considerados la norma nacional NTS N° 071-MINSA/DIGESA V.01. (Ministerio de Salud, 2008) y se llevaron a cabo en los Laboratorios de Postcosecha y Química de la Facultad de Ingeniería de Ciencias Agrarias (FICA) de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM) de Amazonas; el análisis sensorial se realizó con la escala hedónica de cinco puntos para los atributos apariencia, color, olor y sabor que se realizó en el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos (UNJ).

El diseño experimental completamente al azar (DCA) se estableció con un arreglo factorial de 3A x 3B, donde A representaba las temperaturas del aire (45 °C, 50 °C, 55 °C) y B representaba las velocidades del aire forzado (2.5 m/s, 3.0 m/s, 3.5 m/s), generando 9 tratamientos con tres repeticiones cada uno, totalizando 27 unidades experimentales.

La cinética de secado se ajustó al modelo exponencial similar al Modelo de Henderson y Pabis mediante regresión no lineal, utilizando el coeficiente de determinación (R^2) como medida estadística.

Para examinar las características fisicoquímicas, se empleó un análisis de varianza (ANOVA) y se realizó la prueba de Tukey para detectar diferencias significativas entre los tratamientos, utilizando un nivel de significancia del 5%. Para las características sensoriales, se aplicó el test de Friedman, seguido de la prueba de comparación de medias de Friedman para identificar diferencias entre los tratamientos.

RESULTADOS

Proceso de secado de láminas de pituca (*Colocasia esculenta*)

En la Figura 1, a) se muestra las curvas del proceso de secado de pituca (*Colocasia esculenta*) a 45 °C. muestra el comportamiento de la humedad residual a lo largo del tiempo de secado a tres velocidades de aire (2, 2.5 y 3 m/s), junto con sus modelos exponenciales correspondientes. Se nota que la velocidad de 3.5 m/s exhibe la pendiente más pronunciada ($m = -0.025$), lo que sugiere que la humedad disminuye más rápidamente en comparación con las otras velocidades. Además, se observa que la humedad de equilibrio para los tres procesos de secado es de 0.12 g de agua/g de pituca seco. Por otro lado, la humedad crítica para las tres curvas es de 1.25, 1.29 y 1.26 g de agua/g de pituca seco, alcanzándose a los 45, 50 y 35 minutos para las velocidades de 2.5, 3.0 y 3.5 m/s, respectivamente. Además, la etapa de velocidad de secado constante (representada por la línea naranja) se observa desde el inicio del proceso de secado hasta que se alcanza la humedad crítica (Y_c) en las curvas de velocidad de secado para las tres velocidades de aire a una temperatura de 45°C. Después, inicia la etapa de velocidad de secado decreciente (línea azul), que se extiende hasta alcanzar la humedad de equilibrio (Y_{eq}). Este último punto indica el final de la disminución de la humedad residual durante el proceso.

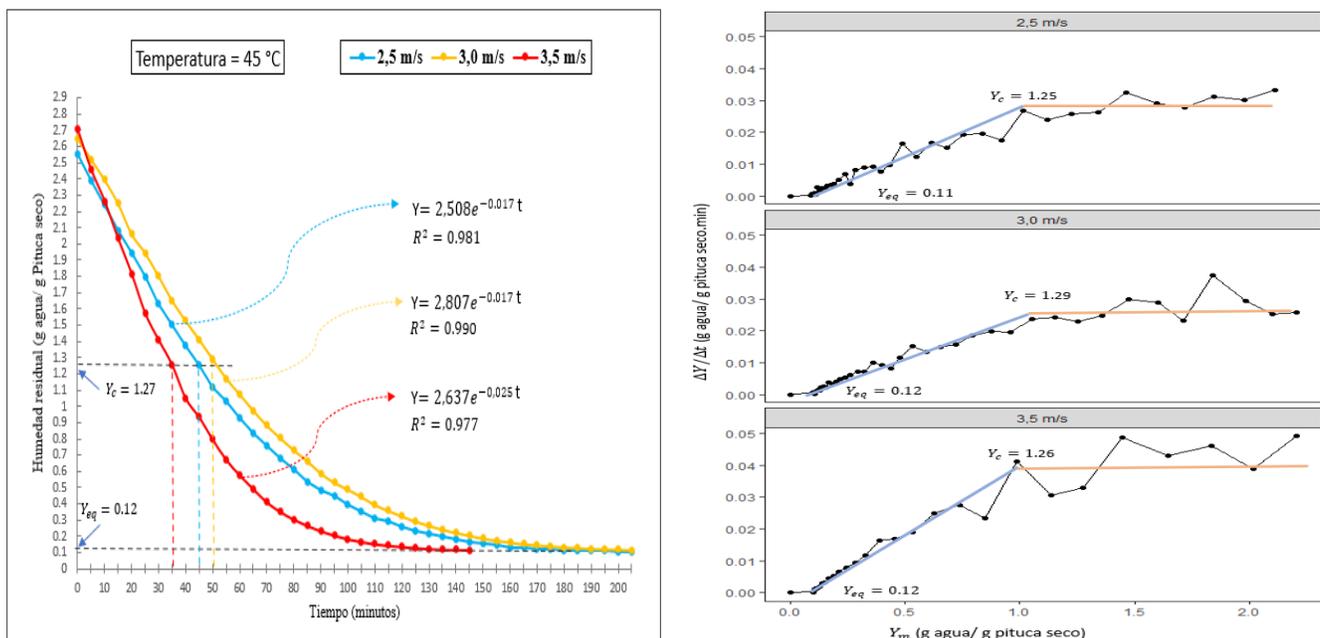


Figura 1. Curvas de secado a 45 °C con velocidades de aire forzado de 2.5, 3.0 y 3.5 m/s, a) Humedad residual vs tiempo, b) Velocidad de secado vs humedad residual

En la Figura 2 se muestran las curvas del proceso de secado de Pituca (*Colacasia esculenta*) a 50 °C, donde a) corresponde al comportamiento de la humedad residual durante el tiempo de secado a tres velocidades de aire (2.0, 2.5 y 3.0 m/s), con sus respectivos modelos exponenciales; se evidencia que tienen una pendiente similar ($m = -0.019$) para las tres velocidades. Se observa que la humedad de equilibrio para los tres procesos de secado es de 0.10 g de agua por gramo de pituca seco, mientras que la humedad crítica en las tres curvas es de 1.40, 1.42 y 1.33 g de agua por gramo de pituca seca, alcanzándose a los 30 minutos para la velocidad de 2.5 m/s y a los 25 minutos para las velocidades de 3.0 y 3.5 m/s. En cuanto a las curvas de velocidad de secado a una temperatura de 50°C, la fase de velocidad de secado constante (representada por la línea naranja) se extiende desde el inicio del proceso hasta alcanzar la humedad crítica (Y_c). Posteriormente, comienza la fase de velocidad de secado decreciente (línea azul), que concluye al alcanzar la humedad de equilibrio (Y_{eq}), marcando así el fin del proceso de reducción de humedad residual.

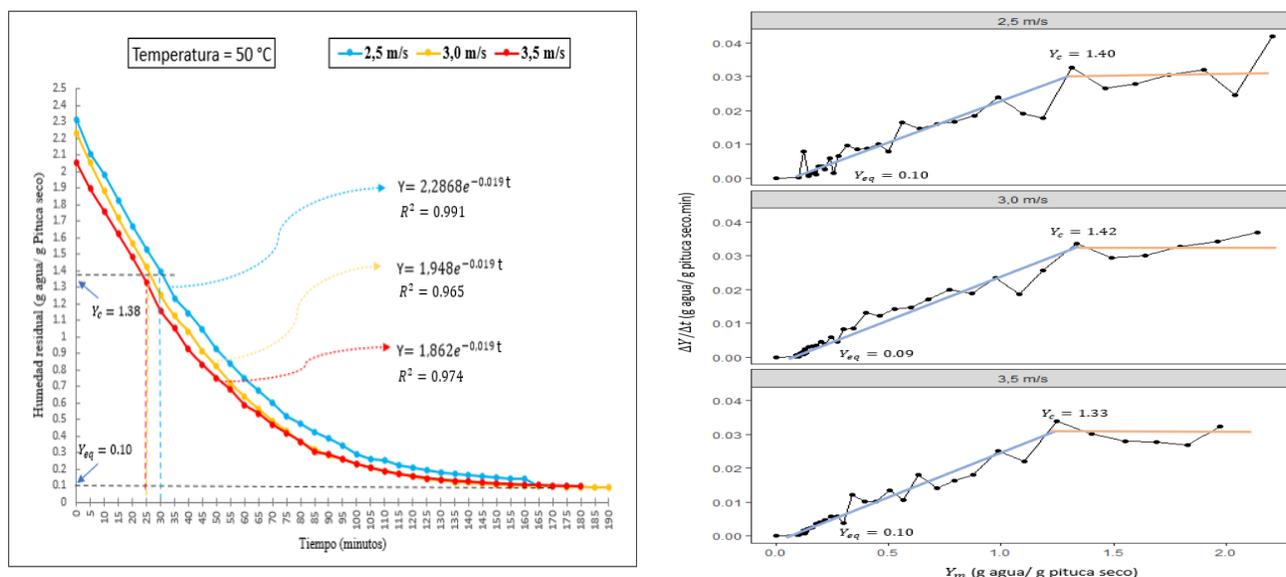


Figura 2. Representación de las curvas de secado a 50 °C con velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s, a) Humedad residual vs tiempo, b) Velocidad de secado vs humedad residual

El comportamiento del proceso de secado de láminas de pituca (*Colacasia esculenta*) a 55 °C se presenta en la Figura 3, donde a) corresponde al comportamiento de la humedad residual durante el tiempo de secado a tres velocidades de aire (2.0, 2.5 y 3.0 m/s), con sus respectivos modelos exponenciales. Se destaca que la mayor disminución de humedad se registra en los procesos de secado a 2.5 y 3.5 m/s, evidenciando la mayor pendiente de decrecimiento ($m = -0.024$), según los modelos de regresión ajustados. La humedad de equilibrio para los tres procesos es de 0.09 g de agua por gramo de pituca seco;

mientras que la humedad crítica se alcanza a los 20 minutos, con valores de 1.53, 1.40 y 1.66 g de agua por gramo de pituca seco para las velocidades de 2.5, 3.0 y 3.5 m/s, respectivamente. Respecto a las curvas de velocidad de secado a una temperatura de 55°C, se observa la fase de velocidad de secado constante (línea naranja) desde el inicio hasta la humedad crítica (Y_c). Posteriormente, inicia la fase de velocidad de secado decreciente (línea azul), que culmina en la humedad de equilibrio (Y_{eq}), marcando el término del proceso de reducción de humedad residual.

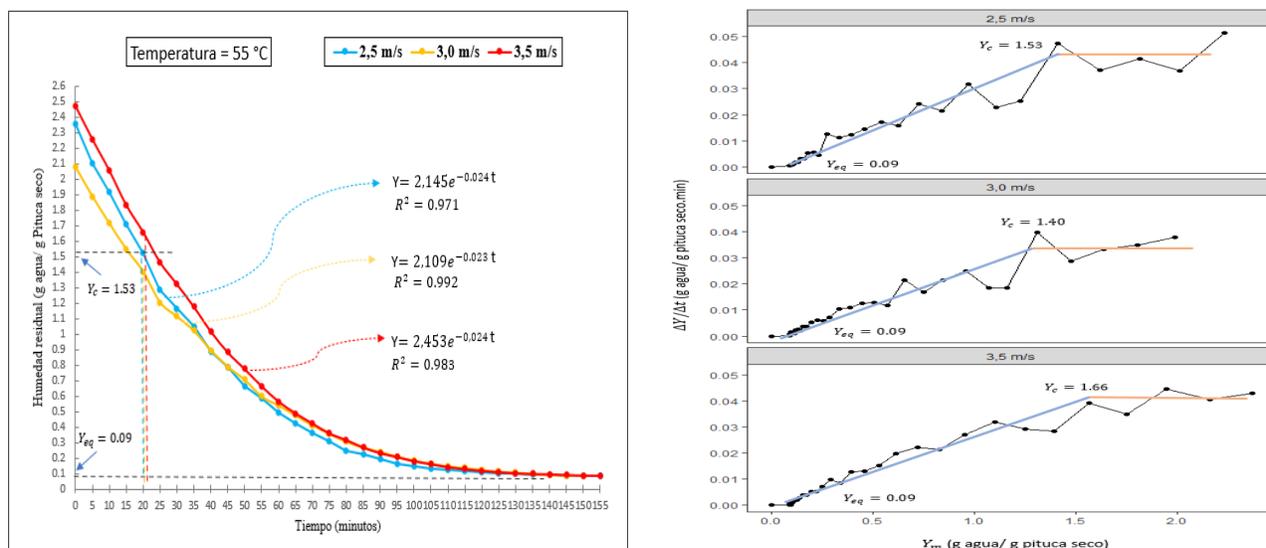


Figura 3. Representación de las curvas de secado a 55 °C con velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s, a) Humedad residual vs tiempo, b) Velocidad de secado vs humedad residual

Características fisicoquímicas de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*)

La humedad inicial de las láminas frescas de pituca varió entre el 68,05 % y el 73,35 % para los nueve tratamientos, con un promedio de 70,99 % y una desviación estándar de +/- 1,62. Esto indica variaciones iniciales significativas entre los tratamientos, lo cual puede influir en la humedad final y el contenido de cenizas. Es crucial considerar estos valores para interpretar adecuadamente los resultados obtenidos.

La Tabla 1 presenta los porcentajes de humedad de la harina de pituca para los nueve tratamientos, oscilando entre 7,95 % y 9,99 %. El análisis de varianza revela la significancia del efecto de la temperatura ($p < 0,05$), mientras que la velocidad del aire no resulta significativa ($p = 0,388$).

Tabla 1. Porcentaje de humedad de la harina y porcentaje de cenizas de la harina de pituca

| Tratamiento | Temperatura | Velocidad de aire | % Humedad | % Cenizas |
|-------------|-------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| (T1) | 45 °C | 2,5 m/s | 9,54± 0,31 ^{ab} | 4,81± 0,29 ^{ab} |
| (T2) | | 3,0 m/s | 9,89± 0,53 ^{ab} | 4,81± 0,21 ^{ab} |
| (T3) | | 3,5 m/ | 9,99± 0,33 ^a | 3,50± 0,24 ^c |
| (T4) | 50 °C | 2,5 m/s | 9,14± 0,24 ^{ab} | 4,52± 0,26 ^b |
| (T5) | | 3,0 m/s | 8,19± 0,40 ^{ab} | 5,63± 0,19 ^a |
| (T6) | | 3,5 m/ | 9,61± 1,28 ^{ab} | 4,10± 0,11 ^{bc} |
| (T7) | 55 °C | 2,5 m/s | 7,95± 0,50 ^b | 4,57± 0,11 ^b |
| (T8) | | 3,0 m/s | 8,25± 0,42 ^{ab} | 4,19± 0,13 ^{bc} |
| (T9) | | 3,5 m/ | 8,04± 0,25 ^{ab} | 3,37± 0,19 ^c |

Cenizas de la harina de Pituca

En la Tabla 1 se presentan los porcentajes de cenizas de la harina de pituca para los nueve tratamientos, variando entre 3,37 % y 5,63 %. El análisis de varianza muestra diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) con un nivel de significancia del 5% tanto por efecto de la temperatura, la velocidad y su interacción. Sin embargo, estos efectos son debidos al efecto de la humedad inicial de las muestras, que permiten tener humedades finales diferenciadas que condiciona el contenido de cenizas en los tratamientos.

Características microbiológicas de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*)

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las características microbiológicas para cada tratamiento estudiado. Se observa la ausencia de *Escherichia coli*, mientras que los recuentos de aerobios mesófilos y mohos y levaduras se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normativa nacional de calidad sanitaria e inocuidad para alimentos (NTS N° 071-MINSA/DIGESA V.01), lo que indica que la harina obtenida es apta para consumo humano.

Tabla 2. Resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*)

| Tratamiento | Microorganismo | | |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | Aerobios mesófilos (UFC/g) | Mohos y levaduras (UFC/g) | <i>Escherichia coli</i> (UFC/g) |
| T1 | 1,23x10 ⁴ | 1,05x10 ⁴ | Ausencia |
| T2 | 1,02x10 ⁴ | 1,02x10 ⁴ | Ausencia |
| T3 | 5,01x10 ³ | 9,60x10 ³ | Ausencia |
| T4 | 8,10x10 ³ | 7,50x10 ³ | Ausencia |
| T5 | 9,90x10 ³ | 7,50x10 ³ | Ausencia |
| T6 | 1,02x10 ⁴ | 6,60x10 ³ | Ausencia |
| T7 | 1,29x10 ⁴ | 5,70x10 ³ | Ausencia |
| T8 | 9,00x10 ³ | 5,10x10 ³ | Ausencia |
| T9 | 9,90x10 ³ | 2,40x10 ³ | Ausencia |
| Límite por gramo | | | |
| Mínimo | 10 ⁴ | 10 ² | Ausencia |
| Máximo | 10 ⁵ | 10 ⁴ | Ausencia |

Características sensoriales de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*)

En la Tabla 3 se presentan los rangos promedio para las características sensoriales evaluadas en la harina de pituca. En cuanto a la apariencia, los tratamientos T7 (a) y T5 (b) muestran diferencias significativas entre sí, siendo T7 el de mayor rango promedio. Para el color, T9 (letra a) y T5 (letra b) presentan diferencias significativas entre sí; siendo el T9 el que obtuvo mayor rango promedio. En cuanto al olor, los tratamientos T7 y T9 (a) son similares entre sí y se diferencian significativamente de los tratamientos T2, T3, T1 y T4 (b). T7 y T9 obtuvieron los puntajes más altos. Finalmente, en cuanto al sabor, los tratamientos T9 (a) y T1 (b) son los únicos con diferencias significativas, siendo T9 el de mayor rango promedio.

Tabla 3. Test de comparaciones múltiples de Friedman para los tratamientos de la harina de pituca (*Colocasia esculenta*), en cada una de las características evaluadas

| Atributo | Tratamiento | (SR) Suma rangos | (PR) Promedio rangos | Grupos |
|------------|-------------|------------------|----------------------|--------|
| Apariencia | (T7) | 461,00 | 5,69 | a |
| | (T9) | 441,50 | 5,45 | a b |
| | (T8) | 419,00 | 5,17 | a b |
| | (T3) | 405,50 | 5,01 | a b |
| | (T4) | 392,50 | 4,85 | a b |
| | (T2) | 388,00 | 4,79 | a b |
| | (T1) | 387,50 | 4,78 | a b |
| | (T6) | 387,50 | 4,78 | a b |
| | (T5) | 362,50 | 4,48 | b |
| Color | (T9) | 469,00 | 5,79 | a |
| | (T8) | 420,50 | 5,19 | a b |
| | (T7) | 416,00 | 5,14 | a b |
| | (T2) | 412,50 | 5,09 | a b |
| | (T3) | 393,00 | 4,85 | a b |
| | (T6) | 389,00 | 4,80 | a b |
| | (T1) | 384,00 | 4,74 | a b |
| | (T4) | 383,50 | 4,73 | a b |
| | (T5) | 377,50 | 4,66 | b |
| Olor | (T7) | 491,50 | 6,07 | a |
| | (T9) | 482,00 | 5,95 | a |
| | (T5) | 437,50 | 5,40 | a b |
| | (T8) | 436,50 | 5,39 | a b |
| | (T6) | 418,00 | 5,16 | a b |
| | (T2) | 356,50 | 4,40 | b |
| | (T3) | 349,00 | 4,31 | b |
| | (T1) | 345,00 | 4,26 | b |
| | (T4) | 329,00 | 4,06 | b |
| Sabor | (T9) | 466,00 | 5,75 | a |
| | (T7) | 449,50 | 5,55 | a b |
| | (T8) | 434,00 | 5,36 | a b |
| | (T5) | 410,50 | 5,07 | a b |
| | (T4) | 404,00 | 4,99 | a b |
| | (T3) | 394,50 | 4,87 | a b |
| | (T6) | 380,50 | 4,70 | a b |
| | (T2) | 354,50 | 4,38 | a b |
| | (T1) | 351,50 | 4,34 | b |

DISCUSIÓN

Basándonos en las Figuras 1, 2 y 3, que muestran las curvas de secado a 45, 50 y 55 °C con velocidades de aire forzado de 2,5; 3,0 y 3,5 m/s, se observa que, a una temperatura constante, un aumento en la velocidad del aire resulta en un tiempo crítico más corto y, por ende, un tiempo de secado reducido. Esto concuerda con lo reportado por Barrena (2011), Soto (2013) y Brahmi (2023) que indican la dependencia con la temperatura, ya que al aumentar la temperatura disminuye el tiempo de secado. De acuerdo con la Figuras 1, 2 y 3 letra “b” correspondientes a la curva de velocidad de secado, a medida que aumenta la temperatura de secado, aumenta la humedad crítica, y disminuye la humedad de equilibrio. Además, al incrementar la velocidad del aire, la humedad de equilibrio permanece constante, señala que el punto de transición del proceso de secado y la humedad de equilibrio no cambian con la velocidad del aire, manteniendo la temperatura constante. Sin embargo, se observa una ligera variabilidad en la humedad crítica encontrada. Es importante destacar que las curvas de velocidad de secado muestran una dispersión de puntos debido a la falta de controles precisos en el secador. Sin embargo, se puede identificar una zona de tendencia constante que indica un comportamiento lineal, seguido de una disminución gradual de la velocidad hasta alcanzar la humedad de equilibrio. El comportamiento observado en la curva de velocidad de secado es similar a lo informado por Ruiz (2016) en el secado de plátano con aire forzado en bandejas. Esto permitió distinguir claramente los períodos de velocidad de secado constante y decreciente para cada temperatura estudiada.

Los valores del porcentaje de humedad de la harina de pituca muestran diferencias significativas únicamente en función de la temperatura ($p < 0,05$). Sin embargo, con un nivel de confianza del 95 %, según el método de comparación de medias Tukey, los tratamientos T3 (45 °C; 3,5 m/s; 9,99 %) y T7 (55 °C; 2,5 m/s; 7,95%) difieren entre sí. Los demás tratamientos presentan comportamientos similares. Según la NTP 205.037:1975, la humedad máxima permitida es del 15%. Todos los tratamientos cumplen con esta norma. Los resultados coinciden con los reportados por Zegarra y Niño (2022), quienes obtuvieron un promedio de 8,71% y señalan que depende del tiempo y la temperatura de secado. Al igual que los promedios obtenidos por Aybar (2022), que reportó resultados del porcentaje de humedad de las harinas extruidas de pituca de la variedad blanca fue de 10,11 % y en la pituca morada de 7,08 %.

Asimismo, en el análisis de varianza para el porcentaje de cenizas se tiene que ambos factores temperatura y velocidad de aire, así como su interacción tienen efecto significativo ($p < 0,05$) aparente sobre esta variable. El método de comparación de medias Tukey a un nivel de confianza del 95% (Tabla 1) indica que se forma dos grupos marcadamente diferentes, T5 (50 °C; 3,0 m/s; 5,63%) y T9 (55 °C; 3,5

m/s; 3,37%). Los demás tratamientos muestran comportamientos similares tanto al T5 como al T9. No se puede afirmar que la temperatura y la velocidad del aire influyan directamente en el porcentaje de cenizas. Estas diferencias podrían atribuirse a las condiciones iniciales de humedad del producto fresco, donde una mayor humedad se asocia con una menor concentración de cenizas y viceversa. El promedio de cenizas obtenido es relativamente mayor a los reportados por Carbajal (2019) que obtuvo porcentajes de cenizas para la harina de pituca de 3,77; 3,78 y 3,95%, al igual que los promedios obtenidos de cenizas fue relativamnete mayor a lo reportados por Bustos y Marapara (2016) que se obtuvo los porcentajes de promedio de cenizas de 3,30%.

En cuanto a la determinación de aerobios mesófilos, el tratamiento T7 (55 °C; 2,5 m/s) registró el valor más alto ($1,29 \times 10^4$ UFC/g), mientras que el tratamiento T3 (45 °C; 3,5 m/s) mostró el valor más bajo ($5,01 \times 10^3$ UFC/g). Para mohos y levaduras, el tratamiento T9 (55 °C; 3,5 m/s) exhibió el menor valor ($2,40 \times 10^3$ UFC/g), mientras que el tratamiento T1 (45 °C; 2,5 m/s) presentó el mayor valor ($1,05 \times 10^4$ UFC/g). Es importante destacar que no se detectó la presencia de *Escherichia coli* en ninguno de los tratamientos. Estos resultados se encuentran dentro del rango establecido por los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para alimentos según la norma nacional NTS N° 071-MINSA/DIGESA V.01. Los resultados obtenidos se asemejan a los reportados por Bustos y Marapara (2016) que reportaron para mohos y levaduras de $2,8 \times 10^2$ UFC/g aerobios mesófilos y ausencia de *Escherichia coli* y concluyeron que la harina de pituca es un producto de buena calidad para consumo humano. Los tratamientos T7 (55 °C; 2,5 m/s), T8 (55 °C; 3,0 m/s) y T9 (55 °C; 3,5 m/s) obtuvieron los puntajes más altos para las características sensoriales de color, olor, sabor, apariencia y textura. En contraste, los tratamientos T4 (50 °C; 2,5 m/s) y T5 (50 °C; 3,0 m/s) obtuvieron los puntajes más bajos. Se observaron diferencias significativas entre todos los tratamientos para apariencia, color, olor y sabor. En general, se puede concluir que el aumento de la temperatura del aire forzado durante el proceso de secado mejora la calidad sensorial de la harina de pituca. Este comportamiento se observa en la Tabla 7, los resultados difieren con lo reportado por Astete (2019) que cuyos datos procesados con la prueba de Friedman, señala que no existen diferencias significativas con respecto al olor y sabor.

CONCLUSIONES

El tratamiento T9, con una temperatura de 55 °C y una velocidad del aire de 3,5 m/s, demostró ser el más efectivo. Este tratamiento exhibió el menor tiempo crítico de 20 minutos y la pendiente más pronunciada de 0,024, lo que se ajusta mejor al modelo de secado de Henderson y Pabis. Además, alcanzó una humedad de equilibrio de 0,9 g agua/g pituca seca, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,983$.

Los porcentajes de humedad de la harina de pituca oscilan entre 7,95 y 9,99 %, mientras que los de cenizas varían entre 3,37 y 5,63 %. El tratamiento T9, con la temperatura y velocidad de aire óptimas, registra 8,04 % de humedad y 3,37 % de cenizas. Se observa que a temperaturas más altas se obtiene menor humedad, y a velocidades de aire y temperaturas más altas se obtienen menores porcentajes de cenizas. Sin embargo, estos resultados podrían deberse más a la humedad inicial de la materia prima que a los efectos directos de temperatura y velocidad del aire.

El conteo de aerobios mesófilos varió entre $5,01 \times 10^3$ y $1,29 \times 10^4$ UFC/g, mientras que para mohos y levaduras fue de $2,40 \times 10^3$ a $1,05 \times 10^4$ UFC/g. Se registró ausencia de *Escherichia coli* en todos los tratamientos. Estos valores cumplen con los criterios microbiológicos de calidad e inocuidad alimentaria según la norma nacional NTS N° 071-MINSA/DIGESA V.01.

Los tratamientos con mejores rangos sensoriales fueron T7 (55 °C; 2,5 m/s) para apariencia y olor, T9 (55 °C; 3,5 m/s) para color y sabor. A mayor temperatura del aire forzado (55 °C), se registraron puntajes sensoriales más altos, evidenciando la influencia de la temperatura y velocidad de aire en la calidad sensorial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Astete, K. (2019). Sustitución parcial de harina de trigo (*triticum aestivum l.*) por la mezcla de harina de sachapapa morada (dioscórea trífida l.) y harina de soya (*glycine max l.*) en la elaboración de panes en pucallpa. Pucallpa-Perú: Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Ucayali.
- Aybar, X. (2022). Caracterización Físicoquímica y Funcional de Harina pre Cocida de dos Variedades de Pituca (*Colocasia esculenta*) Obtenida por Extrusión. Tingo María – Perú: Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias, de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Barrena, G. M. (2011). Modelamiento de la cinética de secado de lúcuma (*Pouteria lucuma*). Tesis Doctoral , Universidad Nacional de Trujillo , Trujillo-Perù. Obtenido de <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8185/Tesis%20DoctoradoX%20-%20Miguel%20Angel%20Barrena%20Gurbill%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Brahmi, F. (Marzo de 2023). Modelado cinético del secado por convección y microondas de cáscaras de papa y sus efectos sobre el contenido y la capacidad de antioxidantes. 18.

- Bustos, G., y Marapara, J. (2016). Parámetros de Secado en Bandeja de Colocasia esculenta (Pituca) para la elaboración de harina y su utilización en Galletas . Iquitos , Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias .
- Calle, B. R., y Aparicio, B. J. (2011). Diseño de una planta de deshidratación de hierbas aromáticas. Guayaquil . Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16919/3/TESIS%20FINAL.pdf>
- Carbajal, D. (2019). Efecto del tiempo de cocción en la reducción de oxalatos en harina de dos variedades de pituca (Colocasia esculenta) . La Merced –Perú : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Escuela de Formación Profesional de Industrias Alimentarias .
- Cuenca, T. M., y Moncada, A. M. (2020). Preparación de un recubrimiento comestible a base de almidon de papa China (*Colocasia Esculenta*) para aplicaciones alimenticias. Universidad Técnica de Machala , Machala. doi:http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15583/1/T-3561_cuenca%20torres%20michelle%20estefania.pdf
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2023). Manual de manejo agronómico de raíces y tubérculos tropicales. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MIDAGRI, M. d. (2021). Producción mensual de pituca, segun región. Obtenido de <https://siea.midagri.gob.pe/portal/publicacion/boletines-diarios?download=1639:agricola-2021>
- Ministerio de Salud. (2008). Norma Sanitaria que establece los crietrios microbiologicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimnetos y bebidas de consumo humano. Lima.
- Ruiz, L. (2016). Diseño de un secador de bandejas para la deshidratación de plátano en la parroquia veracruz del cantón pastaza. Riobamba - Ecuador. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5677/1/96T00337.pdf>
- Ruiz, S. L. (2016). Diseño de un secador de bandejas para la deshidratación de plátano en la parroquia Veracruz del Cantón Pastaza. Riobamba. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/5677/1/96T00337.pdf>
- Soto, R. R. (2013). Influencia de la Temperatura en la Cinética de de Secado, Difusividad Efectiva y Calidad de Laminas de Frutas . Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo , Huancayo. Obtenido de

<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2674/Soto%20Ramos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Trujillo, C. J. (2022). Caracterización morfológica, color, propiedades funcional y térmica de dos variedades de pituca (*Colocasia esculenta* L. Schott) en Tingo Maria. Tingo María . Obtenido de https://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2119/TS_TCJL_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Velásquez, V. V. (2017). Estandarización del Proceso de Secado de Carragenina en la Empresa. Tesis Pregrado , Universidad Austral de Chile , Valdivia - Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fav434e/doc/fav434e.pdf>

Zegarra, O, y Niño, R. (2022). Efecto de la temperatura en el valor de monocapa de Harina de Pituca (*Colocasia Esculenta*) variedad morada mediante la isoterma. Huamachuco-Perù: Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

ARTÍCULO ORIGINAL

Enterobacteriaceae (Orden Enterobacterales), *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter* spp productoras de carbapenemasas aisladas de pacientes hospitalizados en UCI durante la pandemia de COVID-19, 2020.

Enterobacteriaceae (Order Enterobacterales), *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter* spp Carbapenemase producers isolated from patients hospitalized in ICU during the COVID-19 pandemic, 2020.

David García-Cedron¹* y Christian Rivera- Salazar²

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el tipo de carbapenemasa presente en *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter* spp. aisladas de los pacientes hospitalizados en UCI del Hospital IV “Víctor Lazarte Echegaray”, durante la pandemia por COVID-19. Se recolectaron las muestras biológicas de los pacientes hospitalizados en UCI, la identificación y susceptibilidad antimicrobiana se realizó con el sistema automatizado AutoScan-4 y para la identificación del tipo de carbapenemasa se empleó los cassettes RE-SISIT-3 O.K.N K-SET. De un total de 129 cultivos, el 58.9% resultaron ser resistentes al menos a un carbapenémico (meropenem o imipenem), de los cuales 59.2% fueron Enterobacterales, el 26.3%, *Pseudomonas aeruginosa* y el 14.5% *Acinetobacter* spp; al evaluar la presencia de carbapenemasas se encontró que 66 cultivos (51.2%) presentaban carbapenemasas; de los cuales 28 son positivos a KPC (42.4%), 25 a NDM (37.9%) y 13 a OXA-48 (19.7%). Se concluye que la presencia de carbapenemasas en los cultivos microbianos aislados de los pacientes hospitalizado en la unidad de cuidados intensivos supera el 30% reportado en el 2019 a nivel de Sur América.

Palabras clave: Pandemia, COVID-19, Carbapenemasas, resistencia antimicrobiana, Enterobacteriaceae.

ABSTRACT

The present study aimed to determine the type of carbapenemase present in Enterobacterales, *Pseudomonas aeruginosa* and *Acinetobacter* spp. isolated from patients hospitalized in the ICU of Hospital IV “Víctor Lazarte Echegaray”, during the COVID-19 pandemic. In this descriptive, observational and cross-sectional study, biological samples were collected from patients hospitalized in the ICU, processed in the Microbiology Diagnostic Laboratory of Hospital IV “Víctor Lazarte Echegaray”. Antimicrobial identification and sensitivity were performed with the AutoScan-4 automated system, and the RESISIT-3 O.K.N K-SET cassettes were used to identify the type of carbapenemase. Of a total of 129 cultures, 58.9% were found to be resistant to at least one carbapenem (Meropenem or Imipenem), of which 59.2% were Enterobacterales, 26.3% were *Pseudomonas aeruginosa* and 14.5% were *Acinetobacter* spp; when evaluating the presence of carbapenemasas, it was found that 66 cultures (51.2%) presented carbapenemasas; of which 28 are positive to KPC (42.4%), 25 to NDM (37.9%) and 13 to OXA-48 (19.7%). It is concluded that the presence of carbapenemasas in microbial cultures isolated from patient hospitalized in the intensive care unit exceeds the 30% reported in 2019 in South America.

Keywords: Pandemic, COVID-19, Carbapenemasas, antimicrobial resistance, Enterobacteriaceae.

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Cesar Vallejo, Perú. Email: davidgc4@hotmail.com

² Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: christian.rivera@unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La familia Enterobacteriaceae (Orden *Enterobacterales*) está formada por bacilos gramnegativos (BGN) que clínicamente adquieren gran importancia debido a que son causantes de las infecciones intrahospitalarias y de las infecciones que se adquieren en la comunidad, debido a que pueden llegar a causar infecciones en el tracto urinario, tracto respiratorio, torrente sanguíneo y en heridas expuestas (Lepe y Martínez-Martínez, 2022; Struthers, 2018; Chicaiza-Taypanta, 2021; Rojas et al., 2021; Sacsquispe-Contreras y Bailón-Calderón, 2018).

Durante la pandemia del COVID-19, la OPS/OMS, emitió la alerta epidemiológica donde reportan que en Latinoamérica y el Caribe se ha producido un aumento de nuevas mezclas de carbapenemasas en enterobacterales, así mismo menciona que este incremento esta posiblemente relacionado al aumento en el uso descontrolado de antibióticos de amplio espectro en enfermos con COVID-19 (OPS/OMS, 2021). En el Perú, Yañez (2021) reportó que la enfermedad COVID-19 provocó un aumento acelerado en el número de pacientes hospitalizados en las unidades de cuidados intensivos, a la vez, se evidenció el uso irracional de antimicrobianos sin sustento farmacológico, que trajo como consecuencia un incremento en la presencia de microorganismos resistentes a diferentes antimicrobianos (Vinicoff et al., 2022).

El incremento de la resistencia bacteriana se debe a la presencia de unas enzimas denominadas β -lactamasas, las cuales inhiben el mecanismo de acción de los antibióticos β -lactámicos mediante el proceso de hidrolisis del antibiótico (León-Luna et al., 2021; Chicaiza-Tayupanta y Chicaiza-Quishpe, 2021). Dentro de los β -lactámicos, se pueden mencionar a los carbapenémicos, los cuales presentan un amplio espectro de actividad antibacteriana contra microorganismos grampositivos y gramnegativos (Rada et al., 2019), y debido a que son los más eficaces, estos son considerados dentro de los medicamentos en la última línea y más confiable de los fármacos para tratar las infecciones bacterianas, además de ser más seguros que otros fármacos similares pues presentan pocas consecuencias adversas en las personas (Worku et al., 2022).

Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo determinar el tipo de carbapenemasa presente en las *Enterobacterales*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter* spp. aisladas de los pacientes hospitalizados en la Unidad de Cuidados Intensivos del Hospital IV “Víctor Lazarte Echegaray”. Trujillo-Perú, durante la pandemia por COVID-19, 2020.

MATERIALES Y MÉTODOS

La población estuvo constituida por 129 cultivos obtenidos de los pacientes de UCI del Hospital IV “Víctor Lazarte Echegaray”, en los cuales se determinó la resistencia a imipenem o meropenem así como la carbapenemasa presente en cada cultivo. Las muestras biológicas de secreción bronquial, orina aséptica, sangre, catéter venoso central, secreción de herida y otros líquidos biológicos; se recolectaron y procesaron siguiendo los lineamientos del Manual de procedimientos de laboratorio: laboratorios locales I: laboratorios locales II del Ministerio de Salud /Instituto Nacional de Salud (Zurita Macalupú, 2013).

Se seleccionaron las colonias que presentaron crecimiento en las placas con agar Mac Conkey, las cuales posteriormente se identificaron a través del sistema automatizado MicroScan™ AutoScan-4 (Siemens Healthcare Diagnostics Inc. USA); La identificación y susceptibilidad antimicrobiana se realizó en los paneles para bacterias Gram negativas, teniendo en cuenta el panel Neg Entero Combo Panel Type 72 (Siemens Healthcare Diagnostics Inc, EE. UU.) que contiene los carbapenémicos imipenem, meropenem y ertapenem los cuales pueden usarse en el tratamiento de enterobacterias, *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter* spp. presentes en muestras de orina y sistémicas; el procedimiento de identificación y susceptibilidad bacteriana incluye realizar una suspensión bacteriana para inocular 100 uL de la suspensión en los pocillos de los paneles, los cuales fueron incubados durante 16 a 18 horas a 35 °C, siguiendo las indicaciones del Manual de procedimiento para microorganismos gramnegativos. Todos los procedimientos se realizaron de acuerdo con las instrucciones del fabricante que incluye el sistema expert-Alert que utiliza el crecimiento en presencia de cefpodoxima (4 µg/mL) y ceftazidima (1 µg/mL), en las concentraciones recomendadas por The Clinical and Laboratory Standards Institute CLSI donde los resultados de MIC sirvieron como indicador principal o de alerta de estar frente a Extended spectrum β-lactamase (ESBL) (Zurita Macalupú, 2013; Ali Abdel Rahim y Ali Mohamed, 2014; Mayta-Barrios et al., 2021).

Para la identificación de las enzimas carbapenemasas que ocasionan la resistencia a los carbapenémicos se utilizó técnicas Inmuncromatográficas de diagnóstico rápido, en este método se evaluaron los cultivos que presentaron una CMI de 2µg/ml al menos para un carbapenémico Imipenem o Meropenem (March-Rosselló, 2017; Josa-Montero et al., 2021). En el presente estudio se utilizó el RESISIT-3 O.K.N K-SET “Test de diagnóstico rápido para la detección de carbapenemasas de OXA-48, KPC y NMD manufacturado por la empresa Coris BioConcept los cuales en estudios previos han demostrado una sensibilidad del 96% y especificidad de 100% para la detección de NDM, OXA-48 y KPC (Coris Bio

Concept, 2023; Instituto de Salud Carlos III, 2023).

Los datos obtenidos se registraron en hojas de trabajo PID3 y NID2 propias de los paneles de trabajo y luego se transfirieron al software LabPro versión 4,43 para la determinación del “biotipo”; los resultados con probabilidades $\geq 85\%$ se consideraron fiables, y los de probabilidad baja $< 85\%$ se consideraron “no confirmados” (Ali Abdel Rahim y Ali Mohamed, 2014). En este estudio, no se realizaron pruebas adicionales para la confirmación de identificaciones de baja probabilidad y se interpretó el perfil de resistencia antibiótica según los puntos de corte recomendados por el CLSI (Ombelet et al., 2021; Clinical and Laboratory Standards Institute, 2023); Para una mejor comprensión de los resultados se elaboraron gráficos y tablas donde se expresaron el número y porcentaje de microorganismos que presentan resistencia a los carbapenémicos imipenem, meropenem y ertapenen, así como la presencia de la enzima carbapenemasa KPC, NMD y OXA-48.

RESULTADOS

En la figura 1, se muestra que de las 129 muestras analizadas de pacientes de UCI, las muestras más frecuentes fueron secreciones bronquiales con 60 muestras (46,5%) y las de orina aséptica con 41 muestras (31,8%).

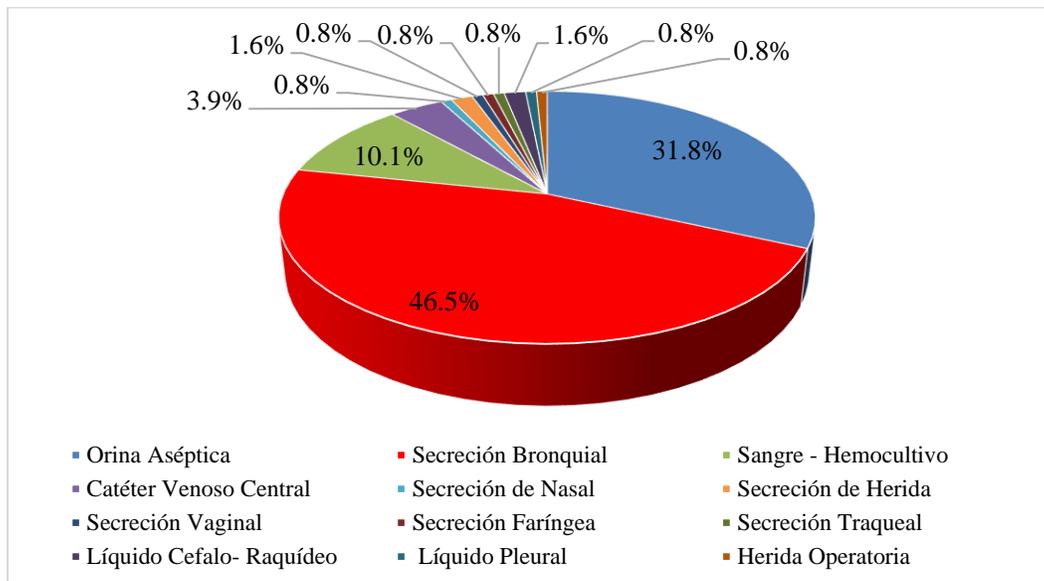


Figura 1. Porcentaje de muestras biológicas procedentes de los pacientes hospitalizados en UCI del del Hospital IV “Víctor Lazarte Echegaray”, durante mayo del 2021 a marzo del 2022.

De las 74 muestras donde se encontró un microorganismo resistente a un carbapenémico Imipenem o Meropenem, analizadas en los pacientes de UCI y que se procesaron en el laboratorio de Diagnóstico de

Microbiología del Hospital IV “Víctor Lazarte Echegaray”, durante mayo del 2021 a marzo del 2022; más frecuentes fueron las de secreción bronquial con 43 muestras (56.6%) y las de orina aséptica con 19 muestras (25.7%), tal como se muestra en la Figura 2.

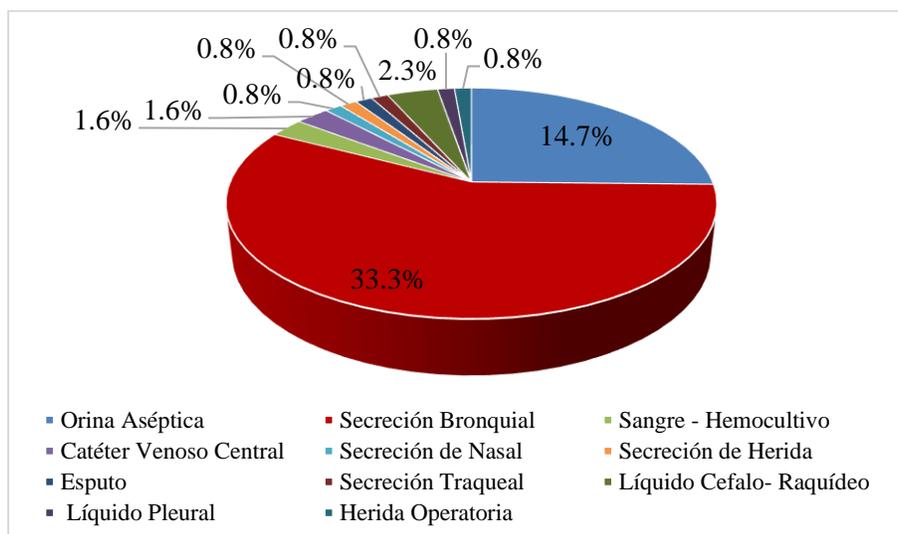


Figura 2. Frecuencia por tipo de muestras biológicas donde se encontró microorganismos resistentes a un carbapenémico Imipenem o Meropenem.

En la figura 3, se puede apreciar a las bacterias resistentes a un carbapenémico imipenem o meropenem, que fueron aisladas a partir de muestras biológicas de los pacientes de UCI, las más frecuentes fueron *Klebsiella pneumoniae* (31.6%) y *Pseudomonas aeruginosa* (26.3%).

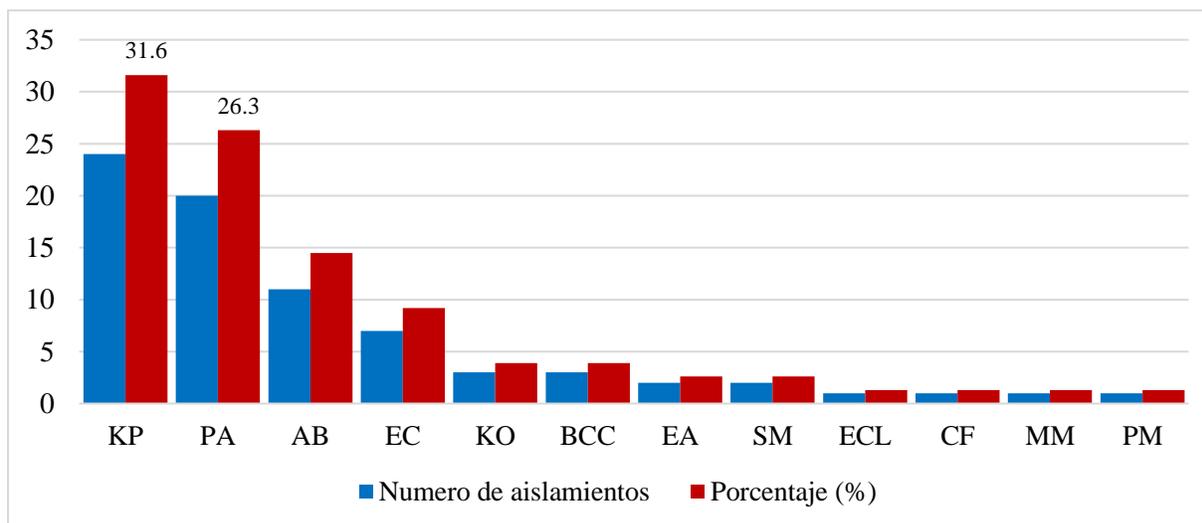


Figura 3. Frecuencia de bacterias resistentes a un carbapenémico imipenem o meropenem, e identificados mediante el sistema automatizado AutoScan-4. Leyenda: KP *Klebsiella pneumoniae*; PA *Pseudomonas aeruginosa*; AB *Acinetobacter baumannii*; EC *Escherichia coli*; KO *Klebsiella oxytoca*; BCC *Burkholderia cepacia complex*; EA *Enterobacter aerogenes*; SM *Serratia marcescens*; ECL *Enterobacter cloacae*; CF *Citrobacter freundii*; MM *Morganella morganii*; PM *Proteus mirabilis*.

Las bacterias resistentes a un carbapenémico imipenem o meropenem, aisladas a partir de muestras de orina aséptica y secreción bronquial de los pacientes de UCI, las más frecuentes fueron *Pseudomonas aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae*, tal como se aprecia en la Figura 4.

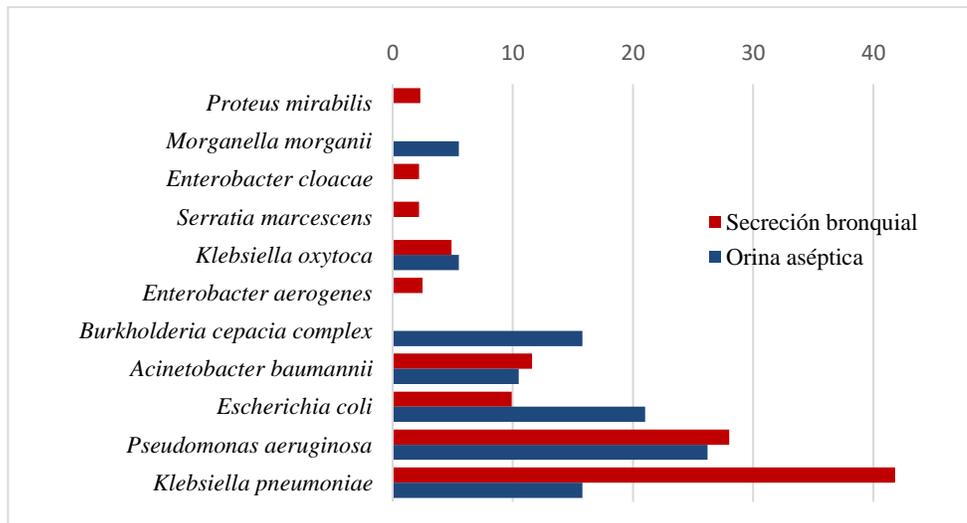


Figura 4. Frecuencia de bacterias resistentes a un carbapenémico imipenem o meropenem, aislados de muestras de orina aséptica y secreción bronquial e identificados mediante el sistema automatizado AutoScan-4.

El tipo de Carbapenemasa presente en Enterobacteriaceae (Orden: Enterobacterales), *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter baumannii* resistentes a meropenem e imipenem aisladas de pacientes de UCI, en la Tabla 1 se puede observar, que las más frecuentes fueron las del tipo KPC predominando en los cultivos de *Klebsiella pneumoniae* y las de tipo NDM en los cultivos de *Pseudomonas aeruginosa*.

Tabla 1. Frecuencia y porcentaje del tipo de Carbapenemasa presente en Enterobacteriaceae (Orden: Enterobacterales), *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter baumannii* resistentes a Meropenem e Imipenem aisladas de pacientes de UCI del Hospital IV "Víctor Lazarte Echegaray, durante mayo del 2021 a marzo del 2022

| Cultivo bacteriano | N° de cultivos | (%) | Imipenem | | Meropenem | | Carbapenemasa | | |
|-------------------------------------|----------------|--------------|-----------|-----------|-----------|----------|---------------|-----------|-----------|
| | | | R | S | R | S | KPC | NDM | OXA-48 |
| <i>Klebsiella pneumoniae</i> | 24 | 31,6 | 16 | 8 | 17 | 7 | 24 | 0 | 0 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 20 | 26,3 | 16 | 4 | 20 | 0 | 1 | 11 | 4 |
| <i>Acinetobacter baumannii</i> | 11 | 14,5 | 11 | 0 | 11 | 0 | 0 | 6 | 1 |
| <i>Escherichia coli</i> | 7 | 9,2 | 6 | 1 | 6 | 1 | 0 | 5 | 2 |
| <i>Klebsiella oxytoca</i> | 3 | 3,9 | 3 | 0 | 3 | 0 | 3 | 0 | 0 |
| <i>Burkholderia cepacia complex</i> | 3 | 3,9 | 2 | 1 | 3 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| <i>Enterobacter aerogenes</i> | 2 | 2,6 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| <i>Serratia marcescens</i> | 2 | 2,6 | 2 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Enterobacter cloacae</i> | 1 | 1,3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Citrobacter freundii</i> | 1 | 1,3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Morganella morganii</i> | 1 | 1,3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| <i>Proteus mirabilis</i> | 1 | 1,3 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Total | 76 | 100,0 | 61 | 15 | 68 | 8 | 28 | 25 | 13 |

R = Resistente al antibiótico; S = sensible al antibiótico

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran que, en las 129 muestras analizadas, existe mayor predominio de aislamientos bacterianos en muestras de secreción bronquial (46.5%) y orina (31.8%); del mismo modo la Figura 2, muestra la distribución en base al número de muestras biológicas de donde se aislaron microorganismos resistentes a un carbapenémico imipenem o meropenem; se obtuvo que en las 74 muestras existe mayor predominio de aislamientos bacterianos en muestras de secreción bronquial con 43 muestras (56.6%) y 19 muestras de orina (25%).

Los resultados descritos anteriormente se debe a que el mayor predominio de muestras de secreción bronquial proviene del elevado número de pacientes atendidos con infecciones respiratorias agudas durante la emergencia sanitaria del COVID-19, donde se daba prioridad de atención a pacientes sospechosos de haberse infectado con el virus SARS-CoV-2; esta información obtenida concuerdan con lo reportado por Tranche et al. (2021) explicaron el impacto que tuvo la enfermedad COVID-19 en la salud de las personas que buscaban atención en los hospitales durante la primera, segunda y tercera ola de la pandemia del COVID-19; pues en situaciones de la emergencia sanitaria se priorizaba la atención a pacientes que tenían un problema respiratorio agudo y en segundo lugar, se atendía a los demás pacientes incluidos los que tenían alguna enfermedad grave o crónica.

Al analizar los cultivos bacterianos aislados que presentan resistencia a los carbapenémicos imipenem o meropenem (Figura 3), se observó que *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter* spp y *Escherichia coli* son las bacterias que prevalecen con mayor frecuencia en los cultivos aislados. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Mayta-Barrios et al. (2021) quienes en su estudio sobre caracterización molecular de las carbapenemasas presentes en cultivos provenientes de las 12 regiones del Perú, encontró una prevalencia de 42.2% para *Enterobacteraceae*, 32.9% para *Pseudomonas aeruginosa* y 24.9 para *Acinetobacter* spp.

Cuando se analizaron los cultivos bacterianos aislados por tipo o categoría de muestra (Figura 4), se observó que en las muestras de orina aséptica: *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y *Klebsiella pneumoniae* son las que tienen una mayor frecuencia; estos resultados son similares a los reportados por Spiess et al. (2022), quien evidencio prevalencias superiores de hasta un 39.2% para *Klebsiella pneumoniae* y de un 34.2% para *Escherichia coli* (Spiess et al.2022); diferentes estudios mencionan que la elevada prevalencia de estos microorganismos en las infecciones urinarias, se suele relacionar o asociar a pacientes vulnerables con largas estancias en los hospitales y uso previo de antibioticoterapia de amplio espectro además en estos pacientes se ha identificado factores de riesgo como la edad, la internación

prolongada en UCI, la patología nefrourológica y otras condiciones debilitantes como la inmunosupresión (Garnacho-Montero y Amaya-Villar, 2022).

De la misma manera cuando se analizan las muestras de secreción bronquial (Figura 3), se observa que *Klebsiella pneumoniae* y *Pseudomonas aeruginosa*, son las que tienen una mayor frecuencia; tal es así que, de las 43 muestras de secreción bronquial analizadas, se aisló 26 *Enterobacterales* (60.5%), 12 *Pseudomonas aeruginosa* (27.9%) y 5 *Acinetobacter* spp (11.6%); estos resultados concuerdan con la alta frecuencia reportada por Quintero y Varón, (2022), quienes encontraron que el 36,8% de los aislamientos de *Klebsiella pneumoniae* son multidrogoresistente; reafirmando así que este tipo de infección es un gran problema de salud pública por su asociación a tasas de mortalidad mayores al 50%; además en UCI hay un riesgo alto para desarrollar este tipo de infección debido a que se originan de la misma microbiota de los pacientes, y la estancia hospitalaria así como el tratamiento antibiótico previo alteran la microbiota presente facilitando el crecimiento excesivo de patógeno.

En la Tabla 1, se puede observar el tipo de carbapenemasa presente en las Enterobacterias, *Pseudomonas aeruginosa* y *Acinetobacter baumannii*, tal es así que, de los 76 cultivos, 66 cultivos (86.9%) resultaron tener una carbapenemasa que le confiere resistencia a los antimicrobianos imipenem o meropenem, además no se encontró cepas que presenten doble o triple producción de carbapenemasa; estos resultados deben ser tomados con mucha preocupación pues se debe continuar con un programa de vigilancia epidemiológica, ya que partir del 2020, el Ministerio de Salud ha reportado la aparición de una cepa de *Acinetobacter baumannii* del tipo NDM+OXA-58 y dos cepas de *Klebsiella pneumoniae*, con doble producción de carbapenemasas del tipo inusual (KPC+NDM) y una cepa inusual de *Escherichia coli* con doble producción de carbapenemasas (NDM+OXA-48) (OPS/OMS, 2021; Yañez Alvarado, 2021; Ministerio de Salud, 2022).

La frecuencia de las carbapenemasas en el hospital tipo IV de la ciudad de Trujillo (Tabla 1) evidenció que de los 66 cultivos positivos a carbapenemasas, 28 resultaron positivos a tener la enzima KPC (42.4%), 25 a NDM (37.9%) y 13 a OXA-48 (19.7%), siendo las carbapenemasas de Clase A y B las que se encuentran con mayor frecuencia en los cultivos aislados. Esta información concuerda con lo mostrado en un estudio realizado en 2019 en el Instituto Nacional de Salud (INS) de Perú en donde se reporta que 185 cepas recolectadas a nivel nacional, presentan enzimas carbapenemasas de Clase A, B y D; siendo la de la Clase B la más frecuente; además reportaron genes como: KPC, NDM, IMP, VIM, OXA-24, OXA-23 (Angles-Yanqui et al., 2020; Mayta-Barrios et al., 2021); haciendo una comparación con un estudio del 2017, reportado en España, se puede observar que entre las carbapenemasas de Clase B, la

VIM-2 se detecta con mayor frecuencia; mientras que entre las carbapenemasas de clase A sobresale las de tipo GES y para las de Clase D se encuentra en mayor frecuencia las carbapenemasas de tipo OXA (Oteo et al., 2017).

El conocimiento de los patrones de resistencia a los antimicrobianos, resultan primordiales en la actualidad puesto que se ha observado la aparición de nuevos patógenos multirresistentes a los antimicrobianos y en especial a los carbapenémicos, por lo que brindar una información adecuada y oportuna servirá de gran apoyo al profesional médico para que pueda seleccionar el tratamiento adecuado a fin de lograr la mejoría de los pacientes, la reducción de costos en salud y para evitar la aparición de bacterias multirresistentes a los antimicrobianos (Spiess et al., 2022).

CONCLUSIONES

De un total de 129 cultivos, el 58.9% resultaron ser resistentes al menos a un carbapenémico (Meropenem o Imipenem), de los cuales 59.2% fueron Enterobacteriaceae (Orden Enterobacterales) *Escherichia coli* (9.2%), *Klebsiella oxytoca* (3.9), *Burkholderia cepacia* complex (3.9%), *Enterobacter aerogenes* y *Serratia marcescens* (2.6%) *Enterobacter cloacae*, *Citrobacter freundii*, *Morganella morganii* y *Proteus mirabilis* (1.3%), el 26.3% *Pseudomonas aeruginosa* y el 14.5% *Acinetobacter* spp; al evaluar la presencia de carbapenemasas se encontró que 66 cultivos (51.2%) presentaban carbapenemasas; de los cuales 28 son positivos a KPC (42.4%), 25 a NDM (37.9%) y 13 a OXA-48 (19.7%).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali Abdel Rahim, K. A., & Ali Mohamed, A. M. (2014). Prevalence of Extended Spectrum β -lactamase-Producing *Klebsiella pneumoniae* in Clinical Isolates. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 7(11), e17114. <https://doi.org/10.5812/jjm.17114>
- Angles-Yanqui, E., Huaranga-Marcelo, J., Sacsquispe-Contreras, R., & Pampa-Espinoza, L. (2020). Panorama of carbapenemases in PeruUm panorama das carbapenemases presentes no Peru. *Revista panamericana de salud publica*, 44, e61. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2020.61>
- Chicaiza-Taypanta, J. O. (2021). Enterobacterias multirresistentes en infecciones intrabdominales. *Investigación clínica*, 62, 205+. <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA686261402&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=05355133&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7E62a8998d>

- Chicaiza-Tayupanta, J. O., & Chicaiza-Quishpe, A. A. (2021). Perfil de resistencia a los antimicrobianos en enterobacterias causantes de infecciones intraabdominales en pacientes adultos del Servicio de Cirugía en el Hospital General de Latacunga entre el 1 de junio de 2019 al 31 de mayo del 2020". *Investigacion clinica*, 62, 216+. <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA686261403&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=05355133&p=AONE&sw=w&userGroupName=anon%7Eedeeab8e>
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2023). *M100. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing*. 33rd. Clinical and Laboratory Standards Institute. <https://clsi.org/standards/products/microbiology/documents/m100/>
- Coris Bio Concept. (2023). *Prueba rápida de diagnóstico in vitro para la detección de carbapenemasas OXA-48, KPC y NDM en cultivos bacterianos*. <https://s3-qrd-prd-docs.s3.eu-west-1.amazonaws.com/corisbio/documents/b4c612aa-e66d-4a04-ab7b-e6caea876e43.pdf?response-content-disposition=filename%3D%22D-IFU-R5%2BRESIST-3%2BO.pdf>
- Garnacho-Montero, J., & Amaya-Villar, R. (2022). El problema de la multi-resistencia en bacilos gram-negativos en las unidades de cuidados intensivos: estrategias de tratamiento y prevención. *Medicina intensiva*, 46(6), 326-335. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2021.12.002>
- Gobernado, M. (2010). Meropenem. Aspectos microbiológicos. *Revista Española de Quimioterapia*, 23(1), 02-17. <https://seq.es/wp-content/uploads/2010/07/gobernado.pdf>
- Instituto de Salud Carlos III (ISCIII). (2021). *PROTOCOLOS RED DE LABORATORIOS PARA LA VIGILANCIA DE LOS MICROORGANISMOS RESISTENTES (RedLabRA): Detección fenotípica de enterobacterias productoras de carbapenemasas y pruebas de hidrólisis antibiótica (carbapenémico) e inmunocromatográficas*. https://www.isciii.es/QueHacemos/Servicios/DiagnosticoMicrobiol%C3%B3gicoyProgramasVigilancia/Documents/RedLabRa-I-003-01.%20Protocolo_fenotipo_carba.pdf
- Josa-Montero, D., Yusef-Mejía, S., Julián Forero, A., Leal, R., Rojas, J., & Esparza, G. (2021). Colonización rectal por Enterobacterales productores de múltiples carbapenemasas: Reporte de

un caso de coproducción. *Infectio: revista de la Asociacion Colombiana de Infectologia*, 25(3), 193. <https://doi.org/10.22354/in.v25i3.947>

León-Luna, D., Fajardo-Loyola, A., Yareta-Yareta, J., Burgos-Espejo, A., Peralta-Siesquen, C., Galarza-Pérez, M., & Marcos-Carbajal, P. (2021). Caracterización molecular de enterobacterias multirresistentes en dos departamentos de la selva peruana. *Biomedica: Revista Del Instituto Nacional de Salud*, 41(Sp. 2), 180-187. <https://doi.org/10.7705/biomedica.5720>

Lepe, J. A., & Martínez-Martínez, L. (2022). Mecanismos de resistencia en bacterias gramnegativas. *Medicina intensiva*, 46(7), 392-402. <https://doi.org/10.1016/j.medin.2022.02.004>

March-Rosselló, G. A. (2017). Métodos rápidos para la detección de la resistencia bacteriana a antibióticos. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*, 35(3), 182-188. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2016.12.005>

Mayta-Barrios, M. M., Ramirez-Illescas, J. J., Pampa-Espinoza, L., & Yagui-Moscoso, M. J. A. (2021). Caracterización molecular de carbapenemasas en el Perú durante el 2019. *Revista peruana de medicina experimental y salud publica*, 38(1), 113-118. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2021.381.5882>

Ministerio de Salud. (2022). *ALERTA EPIDEMIOLOGICA: Riesgo de infecciones asociadas a la atención de la salud causadas por Enterobacterales, Pseudomonas aeruginosa y Acinetobacter spp. coproductoras de carbapenemasas en el Perú.* https://www.hospitalhuaycan.gob.pe/SIESMAR/Archivos/epidemiologia/3.2.0.0/Alertas_Epidemiologicas-250422233056918.pdf

Oteo, J., Bou, G., Chaves, F., & Oliver, A. (2017). Métodos microbiológicos para la vigilancia del estado de portador de bacterias multirresistentes. *Enfermedades infecciosas y microbiología clinica*, 35(10), 667-675. <https://doi.org/10.1016/j.eimc.2015.12.013>

Quintero Meza, E. V., & Varón Rodríguez, C. (2022). *Caracterización de la colonización por Klebsiella pneumoniae resistentes a Carba-penémicoc en pacientes provenientes de UCI.* Universidad El Bosque. Edu.co.

<https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/9132/MDRO%20pacientes%20UCI%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rada, A. M., Hernández-Gómez, C., Restrepo, E., & Villegas, M. V. (2019). Distribución y caracterización molecular de betalactamasas en bacterias Gram negativas en Colombia, 2001-2016. *Biomedica: Revista Del Instituto Nacional de Salud*, 39(s1), 199-220. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v39i3.4351>
- Sacsquispe-Contreras, R., & Bailón-Calderón, H. (2018). Identification of carbapenem-resistant genes in enterobacteria from peruvian hospitals, 2013-2017. *Revista peruana de medicina experimental y salud publica*, 35(2), 259-264. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.25Y.25v25i.3474>
- Spiess, J., Fernández, I., Gadea, P., Romero, S., Spiess, C., Seija, V., & Ormaechea, G. (2022). Infecciones urinarias nosocomiales en un hospital universitario: prevalencia, factores predisponentes y agentes etiológicos en salas de cuidados moderados. *INNOTEC*, 7(3), 4-15. <https://doi.org/10.26445/07.03.1>
- Struthers, K. (2018). *Microbiología clínica*. Editorial El Manual Moderno.
- Tranche Iparraguirre, S., Martín Álvarez, R., Párraga Martínez, I., & Junta Permanente y Directiva de la semFYC. (2021). El reto de la pandemia de la COVID-19 para la Atención Primaria. *Revista clínica de medicina de familia*, 14(2), 85-92. <https://doi.org/10.55783/rcmf.140208>
- Vinicoff, G., Díaz, N., Zubeldía Brenner, L., Ezcurra, M. C., & Farina, J. (2022). Epidemiología de las infecciones asociadas al cuidado de la salud y consumo de antibióticos en pandemia covid 19. *Publicación Científica del Hospital Cuenca Alta Nestor Kirchner*, 1(1). https://docencia.hospitalcuencaalta.org.ar/public_html/ojs/index.php/HCANK/article/view/9
- Worku, M., Getie, M., Moges, F., & Mehari, A. G. (2022). Extended-spectrum beta-lactamase- and carbapenemase-producing Enterobacteriaceae family of bacteria from diarrheal stool samples in Northwest Ethiopia. *Interdisciplinary Perspectives on Infectious Diseases*, 2022, 7905350. <https://doi.org/10.1155/2022/7905350>

Yañez Alvarado, E. M. (2021). *BOLETÍN EPIDEMIOLOGICO DEL PERÚ 2021: Vol. 30. SE-51* (Ministerio de Salud & Centro Nacional de Epidemiología Prevención y Control de Enfermedades, Eds.). Red Nacional de Epidemiología (RENACE). https://www.dge.gob.pe/epipublic/uploads/boletin/boletin_202151_27_134823.pdf

Zurita Macalupú, S., Ministerio de Salud, & Instituto Nacional de Salud. (2013). *Manual de Procedimientos de laboratorio: laboratorios locales I: laboratorios locales II*. <https://bibliotecavirtual.insnsb.gob.pe/manual-de-procedimientos-de-laboratorio-laboratorios-locales-i-laboratorios-locales-ii/>

ARTÍCULO ORIGINAL

Efecto de las variedades/clones y tiempo de fermentación en la calidad sensorial del chocolate de taza

Effect of varieties/clones and fermentation time on the sensory quality of cup chocolate

Darwin Torres¹ , Hans Minchán-Velayarce¹  y Sandra Pasapera-Campos¹ .

RESUMEN

Localmente la producción de chocolate para taza, se pasa por alto la influencia de las variedades de cacao y condiciones de fermentación sobre sus características sensoriales. El objetivo del estudio fue evaluar sensorialmente el chocolate elaborado a partir de dos variedades y tres clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) fermentados durante 5, 6, 7 y 8 días. Se registró los grados brix y el pH. La evaluación sensorial se realizó con un panel de 10 jueces. La investigación fue de tipo experimental. Se usó el test de Friedman y su test de comparaciones múltiples. La temperatura máxima de fermentación alcanzada fue de 51°C, disminuyendo a 38°C hacia el final del proceso. Tanto el pH como los grados brix inicial descendieron de 4.6 a 4.15 y de 11 a 9.6 respectivamente. Se observaron diferencias en los atributos de sabor a cacao y acidez del chocolate de taza de la variedad Criollo en diferentes períodos de fermentación. Destacó el fermentado por 5 días como el de mayor puntaje total, seguido por el clon UF-613 a los 7 días, con 36 y 32 puntos, respectivamente. Se concluye que cada variedad/clon necesita de condiciones específicas de fermentación, las cuales influyen en la calidad sensorial.

Palabras claves: Theobroma cacao, fermentación, calidad sensorial, variedades, clones

ABSTRACT

In local cup chocolate production, the influence of cocoa varieties and fermentation conditions on its sensory characteristics are overlooked. The objective of the study was to sensorially evaluate chocolate made from two varieties and three clones of cocoa (*Theobroma cacao* L.) fermented for 5, 6, 7 and 8 days. Brix degrees and pH were recorded. Sensory evaluation was carried out with a panel of 10 judges. The research was experimental. Friedman's test and its multiple comparisons test were used. The maximum fermentation temperature reached was 51°C, decreasing to 38°C towards the end of the process. Both pH and initial brix degrees decreased from 4.6 to 4.15 and from 11 to 9.6, respectively. Differences were observed in the cocoa flavor and acidity attributes of Criollo cup chocolate at different fermentation periods. The 5-day fermentation was the one with the highest total score, followed by the UF-613 clone at 7 days, with 36 and 32 points, respectively. It is concluded that each variety/clone needs specific fermentation conditions, which influence sensory quality.

Keywords: Theobroma cacao, fermentation, sensory quality, varieties, clones

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: darwintorressegura@gmail.com, spasperac@unj.edu.pe; hans.minchan@unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El cacao, una especie autóctona de América del Sur, tiene su centro de origen en las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, afluentes del río Amazonas. Se distribuye en Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela, Surinam y Guyana, y en Perú se cultiva principalmente en los departamentos de Loreto, San Martín, Ucayali, Huánuco, Junín, Pasco, Madre de Dios, Cuzco y Ayacucho (Cámara Peruana de Café y Cacao, 2017). Perú, actualmente el segundo mayor productor mundial de cacao orgánico, beneficia a más de 90,000 familias. La producción nacional de cacao en grano ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos 10 años, con un promedio anual de aumento del 12.6% (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020).

Se han llevado a cabo estudios sobre la fermentación de los granos de cacao, tal es el caso de Horta-Téllez et al. (2019) quienes investigaron la fermentación de cinco clones de cacao (ICS-01, ICS-95, ICS-39, TSH-565 y CCN-51) de Huila, Colombia. Se registraron la temperatura, pH y acidez total durante la fermentación. ICS-95 e ICS-01 se fermentaron durante cinco días, mientras que ICS-39, TSH-565 y CCN-51 por seis días, obteniendo la categoría de cacao premium. Según la Norma Técnica Colombiana 1252, TSH-565, CCN-51, ICS-39 e ICS-95 superaron el 65% de granos bien fermentados, clasificándolos como cacao premium, mientras que ICS-01 fue clasificado como estándar. La evaluación sensorial reveló sabores deseables como cacao, florales, afrutados y a nueces. El clon TSH-565 destacó por su armonía entre los sabores.

Al igual que en el estudio de Assa et al. (2019) se realizó una fermentación durante 24, 48, 72, 96 y 120 horas utilizando cajas de espuma de poliestireno. Los resultados indicaron que el clon Sulawesi 2 presentaba mejores propiedades físicas y químicas en comparación con los clones Sulawesi 1 y MCC 02. Se observó una interacción significativa entre el tiempo de fermentación y el tipo de clones, lo que influyó notablemente en la calidad del chocolate. Zolkopli et al. (2021) evaluaron el sabor de los cacaos MCBC5, MCBC4 y MCBC2, se fermentaron por seis días, tomándose muestras cada 24 horas. La calidad de la fermentación se evaluó mediante la prueba de corte y el índice de fermentación (FI) de los granos secos. Aunque la MCBC5 tardó más tiempo en fermentarse completamente (6 días), las MCBC4 y MCBC2 solo necesitaron cinco días. Sin embargo, el análisis del FI mostró una fermentación completa más temprana en todos los casos. Una parte de los granos secos se tostó y se molieron para evaluar sensorialmente los licores de cacao, utilizando el cacao de Ghana como estándar. El MCBC2 fermentado durante cinco días presentó el sabor a cacao más intenso ($4,11 \pm 0,83$), posiblemente debido a su bajo nivel de amargor, astringencia y acidez, ya que altos niveles de estos atributos pueden enmascarar el

sabor a cacao. En conclusión, el MCBC2 fermentado durante cinco días exhibió el mejor sabor a cacao en comparación con el MCBC5 y el MCBC2.

Asante (2015) investigó el efecto de la fermentación y dos técnicas de secado en los granos de cacao. Se realizó la prueba de corte, se registró el pH, la acidez total titulable (TTA), la humedad, las cenizas, la temperatura y la humedad relativa. Durante la fermentación, el 26% de los granos de cacao fermentaron por solo cinco días, lo que resultaron ser granos de baja calidad. Sin embargo, aquellos fermentados durante siete días produjeron granos de alta calidad.

La producción de chocolate en la provincia de Jaén ha sido limitada debido a la baja calidad ofrecida por pequeñas empresas locales y la producción artesanal. La falta de identificación de la calidad sensorial de los clones de cacao de la región ha llevado a la venta en el mercado convencional sin reconocer la calidad, y mejorarla podría beneficiar a los agricultores al aumentar el valor económico de sus productos. Además conociendo que el cacao es una fuente nutritiva que contiene cada 100g, energía (570 kcal), proteínas (12 g), grasas totales (46.3%), carbohidratos totales (34.7 g), calcio (106 mg), fósforo (537 mg), hierro (3.6 mg), tiamina (0.17 mg), niacina (0.14 mg) y vitamina C (3 mg) (Reyes et al., 2017) su valor se incrementará aún más. Por tanto, la investigación buscó evaluar la calidad sensorial del chocolate de taza de dos variedades y tres clones de cacao bajo diferentes tiempos de fermentación, así como caracterizar los parámetros fisicoquímicos y evaluar la calidad sensorial basada en puntajes totales y atributos específicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El beneficio de cacao y el pesado de las muestras se realizaron en la Empresa Marka Pakamuros S.R.L. Los análisis fisicoquímicos (Temperatura, pH y grados brix) se realizaron en el laboratorio Taller de Industrias Alimentarias de la Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Jaén. La molienda y elaboración de las tabletas de chocolate se llevaron a cabo en las instalaciones de Asociación de Mujeres “Nuwa”, mientras que el análisis sensorial se realizó en el laboratorio de Industrias Alimentarias del Instituto de Educación Superior Tecnológica 4 de junio de 1821.

Se recolectaron 120 mazorcas de cacao de cada variedad (marañón y criollo) y clon (CCN-51, TSH-565 y UF-613), en un muestreo en zigzag en estado de madurez fisiológica, procedentes de parcelas ubicadas a 421 metros sobre el nivel del mar, con una latitud de 5°39'10" S y una longitud de 78°42'30". Las mazorcas recolectadas fueron examinadas para seleccionar aquellas que estuvieran libres de daños físicos

y signos de enfermedades. Se abrieron cuidadosamente por la mitad con un cuchillo de acero inoxidable limpio, extrayendo los granos con precaución para no dañarlos, y se depositaron en recipientes de plástico codificados para su identificación. Se utilizó guantes para evitar el daño a los granos durante este proceso. Los granos fueron colocados en cajas matriz específicas por variedad y clon, y se dejaron fermentar durante cuatro días, agregando un total de 12 kg de granos en cada caja. Luego, se transfirieron a cajas de madera cubiertas con sacos de yute limpios para continuar la fermentación (por 5, 6, 7 y 8 días), realizando remociones periódicas cada 12 horas a partir del quinto día, durante un total de ocho días. Se observó un exudado de color marrón oscuro a partir del quinto día, indicando una fermentación adecuada, y los granos adquirieron una coloración púrpura en su superficie. La fermentación se completó al octavo día, cuando los granos se hincharon, adquirieron un color pardo rojizo y un olor característico a chocolate. Los granos se secaron gradualmente al sol durante varios días, separados por variedad y clon. Se extendieron sobre sacos de yute durante 2 horas el primer día, 4 horas el segundo día y 9 horas el tercer día, con remociones cada 2 horas. Los días cuarto y quinto siguieron un procedimiento similar, alcanzando una humedad final del 8%. Luego se envasaron en recipientes de PVC, se almacenaron durante tres días y se tostaron a 120 °C durante 15 minutos para obtener un tostado homogéneo. Se molieron hasta alcanzar un tamaño de 40 micras, se vertieron en moldes de tabletas y se enfriaron a 5 °C durante 20 minutos. Se registró el pH y °Bx para cada muestra de cacao siguiendo las indicaciones de Stevenson et al. (1993).

El análisis sensorial se realizó para conocer el grado de aceptación del chocolate para taza, con 10 panelistas semientrenados. Las tabletas de chocolate para taza fueron colocadas sobre una mesa de acero inoxidable, previa limpieza y desinfección, con una distancia de 0.5 m entre panelistas. A los panelistas se les entregó un formato de evaluación sensorial, frente a ellos se colocaron cinco muestras codificadas (correspondientes a variedad/clon) de tabletas de chocolate para taza fermentados por 5 días, con un peso de 4 g. cada una más una botella de agua. Así sucesivamente para los 6, 7 y 8 días de fermentación. Durante la evaluación, se recomendó al panelista que tomara un sorbo de agua entre cada muestra para evitar que los sabores de las tabletas evaluadas previamente interfirieran en su percepción.

La investigación fue de tipo experimental, con diseño factorial 5Ax4B (Tabla 1), donde el factor A corresponde a la primera variable independiente con 5 niveles (marañón, criollo, CCN-51, TSH-565 y UF-613), y el factor B corresponde a los días de fermentación con cuatro niveles (5, 6, 7 y 8 días), lo que resultó en un total de 20 unidades experimentales como resultado de su interacción. Cada una de estas unidades experimentales se replicó tres veces.

Tabla 1. Número de tratamientos resultantes de acuerdo a las variables y niveles estudiados

| A | B | | | |
|----|------|------|------|------|
| | B1 | B2 | B3 | B4 |
| A1 | A1B1 | A1B2 | A1B3 | A1B4 |
| A2 | A2B1 | A2B2 | A2B3 | A2B4 |
| A3 | A3B1 | A3B2 | A3B3 | A3B4 |
| A4 | A4B1 | A4B2 | A4B3 | A4B4 |
| A5 | A5B1 | A5B2 | A5B3 | A5B4 |

Leyenda:

A: Variedad/clon de cacao
 A1: Criollo
 A2: Marañón
 A3: CCN-51
 A4: TSH-565
 A5: UF-613

B: Tiempos de fermentación
 B1: 5 días
 B2: 6 días
 B3: 7 días
 B4: 8 días

Para los resultados provenientes del análisis sensorial el estadístico a usar será el test no paramétrico de Friedman con un nivel de confianza de 0.05, en el software estadístico de acceso libre R-project en su versión 4.1.1.

RESULTADOS

Determinación de parámetros fisicoquímicos

Durante el proceso de fermentación, la temperatura ambiente promedio fue de 38.5 °C. Las mediciones de temperatura dentro de las masas mostraron que todas las variedades y clones comenzaron a 37 °C y al octavo día, los tres clones descendieron a alrededor de 42 °C, y las variedades Marañón y Criollo descendieron a 38 °C (Ver Figura 1).

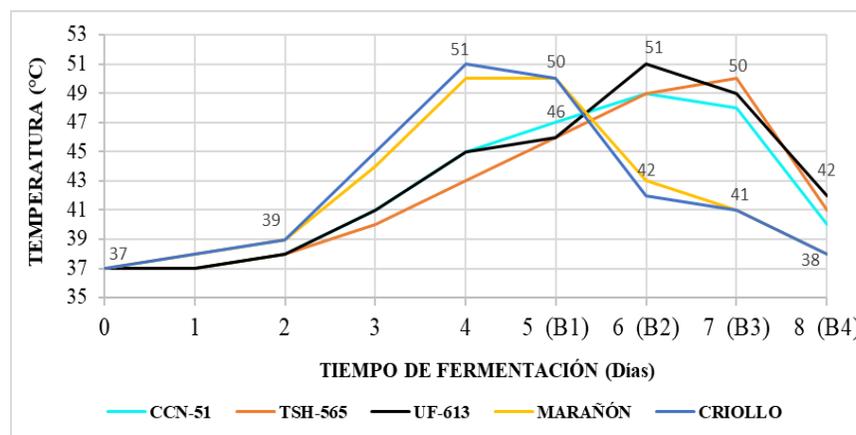


Figura 1. Registro de temperaturas de la fermentación de cacao, por cada variedad y clon, durante los 8 días de fermentación

A partir del quinto día de fermentación se determinaron el pH y °Bx en cada muestra de cacao, así sucesivamente para el sexto, séptimo y octavo día, el comportamiento de esos parámetros se pueden apreciar claramente en la Figura 2 (a y b).

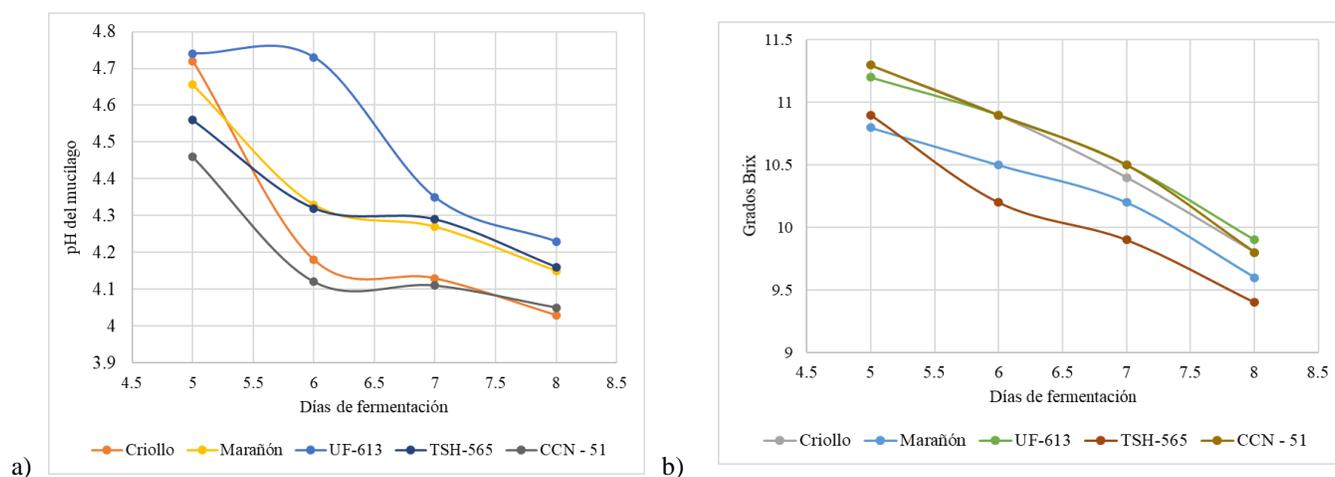


Figura 2. Comportamiento del pH y grados brix de acuerdo al tiempo de fermentación y variedad/clon de cacao

Evaluación de la calidad sensorial del chocolate para taza en base a puntajes totales

En la Figura 3 se pueden observar los promedios de los puntajes totales, para cada variedad y clon de cacao, en cada uno de los días de fermentación evaluados.

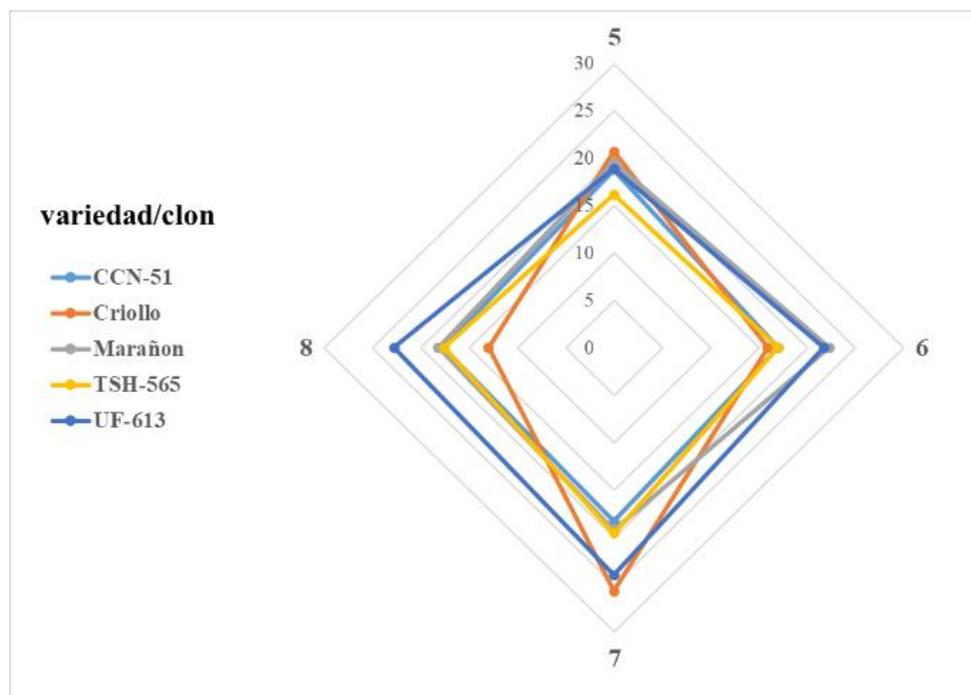


Figura 3. Puntajes sensoriales totales obtenidos de las variedades/clones de cacao en cada día de fermentación.

En la Figura 4 se pueden ver los promedios de los puntajes totales, para cada día de fermentación estudiado en cada variedad/clon evaluados.

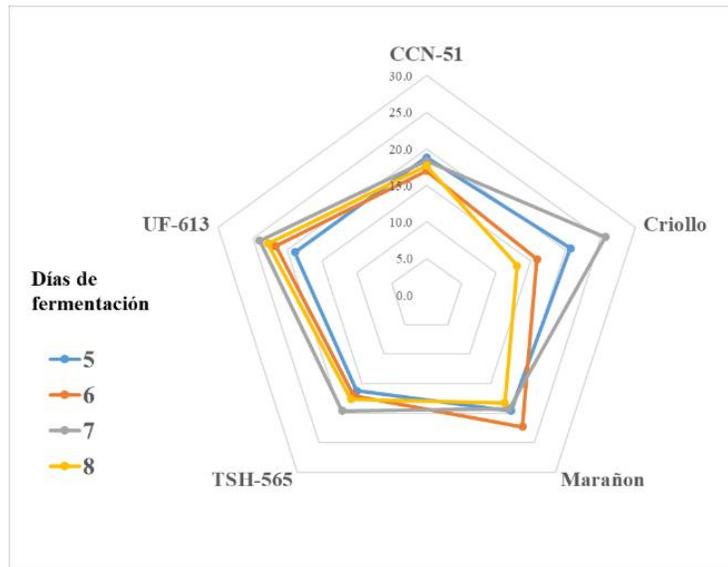


Figura 4. Puntajes sensoriales totales obtenidos entre los tiempos de fermentación por cada variedad/clon.

En la Tabla 2 se observa el test de comparaciones múltiples de Friedman, tanto para los tiempos de la variedad Criollo, como para los del clon UF-613; para detectar entre qué tiempos de fermentación se presentan las diferencias.

Tabla 2. Test de comparaciones múltiples de Friedman, para los puntajes totales entre los tiempos de fermentación, en cada una de las variedades/clones de cacao

| Variedad | Tiempo (Días) | Suma Rangos | Promedio Rangos | Grupos |
|----------|---------------|-------------|-----------------|--------|
| Criollo | 7 | 36.0 | 3.6 | a |
| | 5 | 26.5 | 2.7 | a b |
| | 8 | 19.0 | 1.9 | b |
| | 6 | 18.5 | 1.9 | b |
| UF-613 | 8 | 32.0 | 3.2 | a |
| | 7 | 28.5 | 2.9 | a b |
| | 6 | 23.0 | 2.3 | a b |
| | 5 | 16.5 | 1.7 | b |

Análisis sensorial entre los tiempos por cada variedad y clon en base a sus atributos

En la Figura 5 se pueden observar los puntajes totales en cada tiempo de fermentación para cada variedad y clon de cacao, en cada atributo sensorial (de acuerdo a la escala hedónica el puntaje ideal es 10). Este análisis se realizó para detectar si el tiempo de fermentación está generando diferencias entre los atributos de cada una de las variedades y clones de cacao.

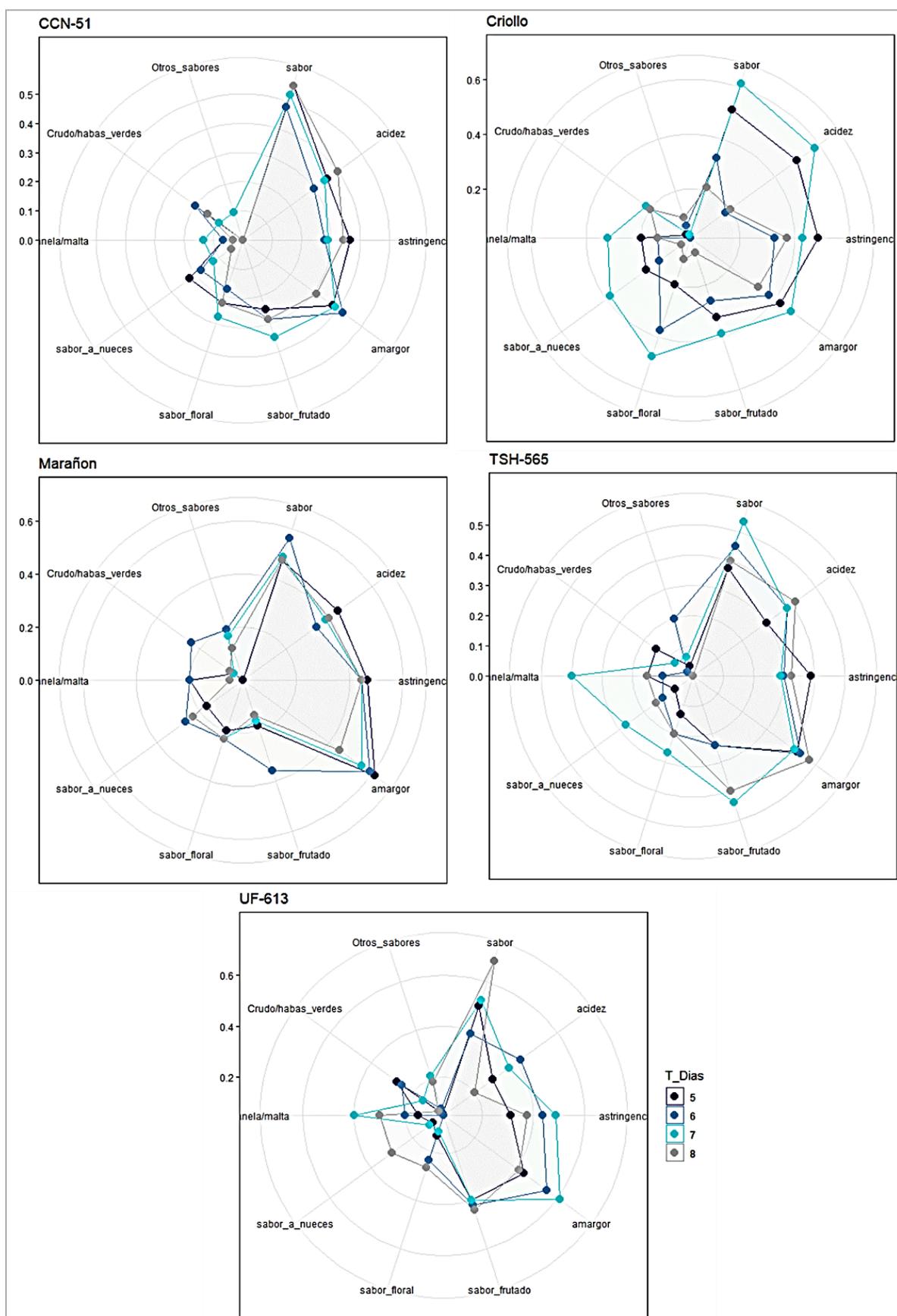


Figura 5. Comparación de perfiles sensoriales por atributos entre tiempos de fermentación para cada variedad/clon de cacao.

Considerando un nivel de significancia del 5% se observó que para el clon CCN-51 existen diferencias significativas entre los tiempos de fermentación en el atributo acidez (p-valor = 0.043). En la variedad Criollo, existen diferencias en los atributos sabor a cacao (p-valor = 0.002) y acidez (p-valor = 0.004). En la variedad Marañón no existen diferencias significativas. En el clon TSH-565, existe diferencias en el atributo sabor a cacao (p-valor = 0.003). Mientras que en el clon UF-613 existen diferencias en los atributos sabor a cacao (p-valor = 0.003) y astringencia (p-valor = 0.033).

Después de haber detectado diferencias significativas, se procede a detectar en qué días se presentan estas diferencias, para esto se realizó la prueba post hoc denominada test de comparaciones múltiples de Friedman para apreciar los grupos formados.

Tabla 3. Test de comparaciones múltiples de Friedman, para los tiempos de fermentación en cada variedad/clon

| Clones | Atributos | Tiempo (días) | Suma Rangos | Promedio Rangos | Grupos |
|---------|---------------|---------------|-------------|-----------------|--------|
| Criollo | Sabor a cacao | B7 | 35.5 | 3.55 | a |
| | | B5 | 28.5 | 2.85 | a b |
| | | B8 | 19.5 | 1.95 | b |
| | | B6 | 16.5 | 1.65 | b |
| | Acidez | B7 | 32 | 3.2 | a |
| | | B5 | 31 | 3.1 | a b |
| | | B8 | 20.5 | 2.05 | a b |
| | | B6 | 16.5 | 1.65 | b |
| TSH-565 | Sabor a cacao | B7 | 35.5 | 3.55 | a |
| | | B6 | 25.5 | 2.55 | a b |
| | | B8 | 21.5 | 2.15 | a b |
| | | B5 | 17.5 | 1.75 | b |
| UF-613 | Sabor a cacao | B8 | 35 | 3.5 | a |
| | | B7 | 25 | 2.5 | a b |
| | | B5 | 24 | 2.4 | a b |
| | | B6 | 16 | 1.6 | b |
| | Astringencia | B7 | 31.5 | 3.15 | a |
| | | B8 | 26.5 | 2.65 | a b |
| | | B6 | 26 | 2.6 | a b |
| | | B5 | 16 | 1.6 | b |

DISCUSIÓN

En esta investigación la temperatura promedio durante la fermentación fue de 38.5 °C, ubicándose dentro del rango promedio de 39° C según Asante (2015). Por lo tanto, se puede concluir que la temperatura del ambiente fue adecuada para la fermentación de cacao. La temperatura de inicio fue de 37 °C para todas las variedades y clones, encontrándose dentro del rango óptimo de 18° C a 38° C recomendado por Arvelo et al. (2017). Hasta el cuarto día, la temperatura subió a 51 °C para la variedad Criollo, pero a partir del quinto día comienza a descender, reportando 38 °C al octavo día, este comportamiento es similar para todos las variedades y clones; estos resultados coinciden con los de Asante (2015),

reportando una temperatura inicial de 33 °C y final de 45 °C. Así mismo, Inga (2017), indicó que la mayor temperatura alcanzada fue de 49.2 °C. Estas diferencias podrían deberse a las distintas ubicaciones geográficas de las parcelas de cacao.

En la Figura 2a, se muestra que los valores promedios del pH para todas las variedades y clones descienden de 4.62 a 4.12. Jinap et al. (1995) en su estudio obtuvo granos fermentados con pH de 5.50 a 4.75; Horta-Téllez et al. (2019) presentó pH que oscilaron entre 5.09 a 4.9; de igual manera Asante (2015), pH de 7.04 a 6.2 a los diez días de fermentación; Bravo (2010), un pH de 6.54 a 5 en clones trinitarios. Comparando, se puede decir que el pH de los granos de cacao resultantes de esta investigación es ligeramente ácido que van descendiendo con el pasar de los días volviéndose moderadamente ácidos. Por otro lado, los grados brix del mucílago determinados desde el día 5 descienden desde valores promedios desde 11.10 a 9.70 en el día octavo de fermentación. Estudio reportado por Inga (2017) manifiesta que los grados brix tienen un comportamiento descendente conforme transcurren los días, empezando con 20 y terminando con 7.5 grados brix. Con esto se puede concluir los grados brix están influenciados por el genotipo y lugar de procedencia de los granos.

El análisis sensorial de las variedades y clones de cacao en cada día de fermentación arrojaron puntajes, que para el quinto día de fermentación no se apreciaron diferencias pero que para el octavo día sobresale el clon UF-613. Finalmente, en la Tabla 3, se evidencia que el cacao Criollo presenta mejores puntajes a los 5 y 7 días de fermentación, el clon UF-613 desde el sexto ya se puede obtener mejores puntajes hasta el octavo día. Septianti et al. (2020) demostraron que los clones de cacao fermentados por 6 días fueron los que mejor puntaje obtuvieron por los panelistas. Al igual que Bravo (2010), sus resultados revelaron que los clones trinitarios presentaron los puntajes más altos en el análisis sensorial a los 6 días de fermentación, destacando el clon UF-613 y en segundo lugar la variedad Criollo. Estas diferencias indicarían que sí existe influencia de la variedad sobre la calidad sensorial, tal como lo señala Zolkopli et al. (2021). Respecto al tiempo de fermentación a elegir, se debe de considerar factores que el productor crea conveniente, tales como el tiempo adicional en el proceso de fermentación (Asante, 2015), ya que se obtendría la misma calidad ya sea al quinto o séptimo día, como se halló en esta investigación. Por consiguiente, se concluye que el mejor cacao, en puntaje total, es la variedad Criollo a los 5 días de fermentación, seguido por el clon UF-613 a los 7 días de fermentación, con 36 y 32 puntos respectivamente.

En el análisis sensorial entre los tiempos por cada variedad y clon en base a sus atributos, se observaron diferencias significativas en los atributos de sabor a cacao, acidez, astringencia y amargor entre las

variedades y clones a lo largo de los distintos tiempos de fermentación. La variedad Criollo mostró diferencias en los atributos sabor a cacao y acidez, mientras que en la variedad Marañón, no presentó diferencias en ningún atributo. Por otro lado, el clon UF-613 destacó en sabor a cacao y astringencia fermentados al octavo y séptimo día respectivamente. End y Dand (2015) atribuyen la astringencia y el amargor a la falta de fermentación, en cambio Misnawi et al. (2004), indican que a medida que aumenta la concentración de polifenoles en el licor de cacao, disminuye el sabor a cacao y la viscosidad, aumentando la astringencia y amargor; aunque las demás propiedades sensoriales no se ven influenciadas por la concentración de polifenoles. Según Pallares-Pallares et al. (2016), durante la fermentación del cacao se generan compuestos que contribuyen a sabores como caramelo, dulce, nuez, miel, frutal y floral, además de aproximadamente 70 compuestos volátiles que influyen en el aroma característico del cacao (Vega et al., 2016). En resumen, se destaca que el sabor a cacao prevalece, especialmente en la variedad criollo y los clones TSH-565 y UF-613.

CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos de fermentación registrados para las dos variedades (Marañón y Criollo) y tres clones (CCN-51, UF-613 y TSH-565) de cacao, fueron, una temperatura máxima alcanzada de 51°C. Un pH promedio inicial de 4.6 terminado con un pH de 4.15. Los grados brix promedio inicial fue de 11 terminando con un promedio 9.6. En cuanto a evaluación sensorial del chocolate para taza, se concluye que el mejor en puntaje total, es el proveniente de la variedad Criollo a los 5 días de fermentación, seguido por el chocolate obtenido proveniente del clon UF-613 a los 7 días de fermentación, con 26.5 y 28.5 puntos respectivamente. Respecto a los mejores atributos, correspondieron al chocolate de taza proveniente de la variedad Criollo, con diferencias significativas para los atributos sabor a cacao, acidez, frutado y terminando con el atributo floral, mientras que para los atributos amargor, crudo/habas verdes, panela/malta y otros sabores, no se hallaron diferencias significativas en todas las variedades y clones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arvelo, M., González, D., Maroto, S., Delgado, T., & Montoya, P. (2017). Manual técnico del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina. En *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)*.
- Asante, F. (2015). *Effect of duration of fermentation and different methods of drying (solar and sun) on some quality traits of cocoa beans (Theobroma cacao L.)* [Tesis de maestría]. Kwame Nkrumah University of Science and Technology Kumasi.
- Assa, A., Rosniati, & Yunus, M. (2019). Effects of cocoa clones and fermentation times on physical and chemical characteristics of cocoa beans (*Theobroma cacao L.*). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 528(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/528/1/012079>
- Bravo, D. (2010). *Evaluación fisicoquímica del comportamiento de las almendras de cacao (Theobroma cacao L) de seis clones: ICS -1 (Imperial Collage Selection), ICS – 95 (Imperial Collage Selection), UF – 613 (united Fruit), IMC – 67 (Iquitos Marañón Coleccion), TSH – 565* . Universidad Nacional de San Martín.
- Cámara Peruana de Café y Cacao. (2017). *Cacao*. <https://camcafeperu.com.pe/ES/cacao-peru.php>
- End, M., & Dand, R. (2015). Cacao en Grano: Requisitos de calidad de la industria del chocolate y del cacao. En *Revista Brasileira de Medicina* (4.^a ed., Vol. 69, Número 12).
- Horta-Téllez, H., Sandoval-Aldana, A., Garcia-Muñoz, M., & Cerón-Salazar, I. (2019). Evaluation of the fermentation process and final quality of five cacao clones from the department of huila, colombia. *DYNA*, 86(210), 233-239. <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n210.75814>
- Inga, J. (2017). *Estudio de los tiempos de drenaje, fermentación y remoción del cacao criollo (Theobroma cacao L.)* [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Jinap, S., Dimick, P., & Hollender, R. (1995). Flavour evaluation of chocolate formulated from cocoa beans from different countries. *Food Control*, 6(2), 105-110. [https://doi.org/10.1016/0956-7135\(95\)98914-M](https://doi.org/10.1016/0956-7135(95)98914-M)
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2020). *Producción de cacao*. <https://www.gob.pe/midagri>
- Misnawi, Jinap, S., Jamilah, B., & Nazamid, S. (2004). Sensory properties of cocoa liquor as affected by polyphenol concentration and duration of roasting. *Food Quality and Preference*, 15(5), 403-409. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00097-1)

- Pallares-Pallares, A., Perea-Villamil, J., & López-Giraldo, L. (2016). *Impacto de las condiciones de beneficio sobre los compuestos precursores de aroma en granos de cacao (Theobroma cacao L) del clon CCN-51*. 21(1), 120-133. <https://doi.org/10.22463/0122820x.726>
- Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., & Espinoza, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*.
- Septianti, E., Salengke, & Langkong, J. (2020). Profile of bioactive compounds, antioxidant and aromatic component from several clones of cocoa beans during fermentation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 575(1), 17. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/575/1/012009>
- Stevenson, C., Corven, J., & Villanueva, G. (1993). Manual para análisis de cacao en laboratorio. En Centro Interamericano de Documentación e Información Agrícola (Ed.), *Iica-Pro cacao*.
- Vega, F., Rodríguez, J., Escalona, H., & Lugo, E. (2016). Optimización del proceso de tostado de *Theobroma cacao* variedad criollo en la función del perfil cromatográfico. *Academia Mexicana de Investigación y Docencia en Ingeniería Química*, 181-186.
- Zolkopli, N., Sulaiman, K., Budiman, C., & Awang, A. (2021). Effect of clonal variety and fermentation duration on cocoa flavor. *Transactions on Science and Technology*, 8(2), 104-109.

ARTÍCULO ORIGINAL

Nivel de conocimiento y consumo de la quinua, kiwicha, maca y soja en estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén

Level of knowledge and consumption of quinoa, kiwicha, maca and soybean among students of the National University of Jaén

Yaniny Jiménez-Cordova¹ ^{*}, Ralph Rivera-Botonares¹ 

RESUMEN

Los estudiantes universitarios experimentan desafíos que alteran su rutina y patrón de alimentación. La libertad para tomar decisiones, especialmente en la elección de alimentos, y la vivencia independiente generan nuevos retos nutricionales (De Piero et al., 2015). La investigación aplicó una encuesta para evaluar el nivel de conocimiento y consumo de quinua (*Chenopodium quinoa willdenow*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), maca (*Lepidium meyeeni*) y soja (*Glycine max*), y su interrelación, en los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén, con una muestra de 329 estudiantes de las cinco carreras profesionales del semestre 2023-I, se analizó estadísticamente con el coeficiente de correlación de Kendall. Se reveló un bajo nivel de consumo: quinua (65.65%), kiwicha (73.86%), maca (64.44%) y soja (59.88%). En los cuatro productos, los hombres tienden a consumir más que las mujeres (51%-54% y 45%-48%, respectivamente), y aquellos con ingresos menores a S/. 1025 tienen mayor consumo (77%-79%). La preferencia por consumir estos productos en presentaciones bebibles se atribuye principalmente a tradiciones familiares. Además, se identificó un bajo nivel de conocimiento: quinua (62.31%), kiwicha (60.79%), maca (61.70%) y soja (60.79%). Se encontró una correlación positiva con grado de asociación débil entre los niveles de conocimiento y consumo (0.29 a 0.35).

Palabras clave: conocimiento, consumo, relación, quinua, maca, kiwicha, soya.

ABSTRACT

College students experience challenges that change their eating habits and patterns. The freedom to make decisions, especially in food choices, and independent living create new nutritional challenges (De Piero et al., 2015). The research applied a survey to evaluate the level of knowledge and consumption of quinoa (*Chenopodium quinoa willdenow*), kiwicha (*Amaranthus caudatus*), maca (*Lepidium meyeeni*) and soybean (*Glycine max*), and their interrelationship, in students of the National University of Jaén, with a sample of 329 students of the five professional careers of the semester 2023-I, was statistically analyzed with Kendall's correlation coefficient. A low level of consumption was found: quinoa (65.65%), kiwicha (73.86%), maca (64.44%) and soybeans (59.88%). For the four products, men tend to consume more than women (51%-54% and 45%-48%, respectively), and those with an income below S/. 1025 have a higher consumption (77%-79%). The preference for consuming these products in drinkable form is mainly due to family traditions. A low level of knowledge was also found for quinoa (62.31%), kiwicha (60.79%), maca (61.70%) and soybeans (60.79%). A positive correlation with a weak degree of association (0.29 to 0.35) was found between the level of knowledge and consumption.

Key words: knowledge, consumption, relationship, quinoa, maca, kiwicha, soybean.

Recibido: 08/03/2024. Aceptado: 14/03/2024

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: yaniny.jimenez@est.unj.edu.pe, ralph.rivera@unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el consumo de una alimentación sana cada día es menor debido a la falta de conocimientos y preferencias sobre los alimentos, por este motivo es difícil mantener un estado nutricional normal (Samar, 2014); las comidas rápidas ocasionan problemas de salud, como la obesidad, generando un ocio entre los adolescentes (Smith, 2019), esto se acentúa en los jóvenes universitarios que necesitan consolidar buenos hábitos alimentarios basados en una adecuada selección de alimentos, los cuales constituyen un factor de fundamental importancia para mantener un buen estado de salud y prevenir enfermedades (De Piero et al., 2015). La alimentación debe ser completa y variada, además de contener los nutrientes necesarios de acuerdo a la edad, sexo, condición física y la situación de salud. (Latasa et al., 2018).

Los jóvenes universitarios establecen sus hábitos alimenticios en la universidad influenciados por diversos factores, como el horario de clases, el consumo de alcohol, la situación económica e, incluso, el estímulo de otros estudiantes (Porto et al., 2018). Por lo tanto, se considera una población altamente vulnerable, ya que están predispuestos a hábitos alimenticios poco saludables (Rita & Ferreira, 2020), como el consumo de alimentos con un alto porcentaje de calorías, una recurrente ingesta de bebidas gaseosas azucaradas (Singh et al., 2015), bebidas energéticas, zumos de frutas, snacks, dulces, productos de panadería, refinados o alimentos ultra procesados (Latasa et al., 2018).

La región andina ha sido el lugar de origen de una amplia variedad de cultivos alimentarios que fueron domesticados por las comunidades indígenas hace varios milenios. La mayoría de estos cultivos son poco reconocidos tanto a nivel internacional como dentro de los propios andinos. Entre estos cultivos, se destacan frutas, tubérculos, raíces y granos. Los granos andinos, conocidos como “granos de oro” debido a su excepcional valor nutricional, son considerados como una fuente alimentaria del pasado que desempeñará un papel crucial en la alimentación del futuro (Seminario, 2004).

Es importante destacar que la quinua, cañihua y amaranto contienen proteínas de alta calidad, especialmente caracterizada por una composición equilibrada de aminoácidos, destacando la lisina un aminoácido esencial para el desarrollo cerebral y el crecimiento. También son ricos en una variedad de nutrientes como vitaminas, minerales, calcio, grasas saludables, fibra y hierro; por lo que la quinua y el amaranto fueron seleccionados por la NASA para formar parte de la dieta de los astronautas durante sus misiones en el espacio (Rojas et al., 2010).

La maca es reconocida por su capacidad energizante debido a sus almidones de calidad, y es una fuente de nutrientes como vitaminas, carbohidratos, grasas, proteínas, fibra y minerales (Guardia, 2020). La soja

es una leguminosa versátil y nutritiva con un alto contenido de proteínas, fibra, nutrientes esenciales y aceites saludables, siendo un componente valioso en una dieta equilibrada y promoviendo la salud general (Agrosavia, 2010).

El consumo anual per cápita de granos andinos actualmente se sitúa en 2.3 kilogramos, la maca con 1.6 kilogramos. En la región de Cajamarca, el nivel de consumo de estos productos aún es desconocido, (MINAGRI, 2019).

Según Rosales (2016), en un estudio sobre el consumo de granos andinos en adolescentes de dos instituciones educativas estatales de Junín. Se consultó sobre las preferencias de las presentaciones como sopas, guisos, bebidas y dulces. La quinua fue la más prevalente en niveles socioeconómicos “Bajo” y “Medio”, especialmente en presentación bebible; la kiwicha y cañihua, se consumieron principalmente en presentación de dulces, bebidas y postres, siendo su nivel de consumo considerado como “Medio” para las bebidas.

Gonzales (2010), en una encuesta sobre la maca en los Andes centrales del Perú (Carhuamayo), investigó su seguridad alimentaria y su impacto nutricional en la salud. Los resultados mostraron que el 80.4% de los encuestados consumía maca, de los cuales 84.7% fueron hombres y 78.9% mujeres. Además, concluyó que la mayoría de ellos lo hacía por razones nutricionales.

De la Torre (2016), indica sobre el análisis del comportamiento de consumo, de soja en hombres y mujeres en la ciudad de Guayaquil. Las personas influyentes en los consumidores de soja son sus amigos, y la edad de consumo más frecuente es de 35 a 40 años. Se concluye que la soja es bien aceptada entre hombres y mujeres, porque hoy la población quiere cuidarse mejor y tener un mejor estilo de vida.

La presente investigación tuvo como propósito evaluar el nivel de conocimiento y consumo de quinua, kiwicha, maca y soja, y su interrelación, en los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se elaboró una encuesta, compuesta por 22 preguntas relacionadas a obtener la información necesaria para cumplir el objetivo del estudio. Esta fue sometida a un proceso de validación realizado por tres expertos, quienes proporcionaron observaciones que fueron atendidas y corregidas. Luego, se implementó una prueba piloto con la participación de 30 estudiantes para evaluar la confiabilidad del instrumento mediante el coeficiente Alfa de Cronbach. Los resultados obtenidos revelaron un nivel de confiabilidad excelente (0.81 a 0.82), consolidando la robustez y consistencia del instrumento desarrollado.

La población del presente trabajo de investigación se consideró a los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén de las diferentes escuelas, considerando una población estudiantil de 2193 estudiantes matriculados en el semestre 2023- I, según la oficina de registro académico de la UNJ. Se obtuvo una muestra de 329 estudiantes para encuestar, usando la fórmula para el cálculo del tamaño de muestra.

Tamaño de la muestra

La Universidad Nacional de Jaén alberga cinco escuelas profesionales, a saber: Ingeniería de Industrias Alimentarias, Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Ingeniería Civil, Ingeniería Forestal y Tecnología Médica. Los estudiantes cursan los diez semestres académicos, lo que equivale a un total de 10 ciclos. Para garantizar una representación equitativa, se llevó a cabo una estratificación de la muestra, asegurando la participación de estudiantes de todas las escuelas y ciclos. La encuesta se distribuyó mediante selección aleatoria en cada ciclo, tal como se muestra en la tabla 1. Se proporcionaron instrucciones claras que incluían criterios de inclusión y exclusión. La recolección de datos se realizó durante un período específico, del 18 al 24 de julio de 2023.

Tabla 1. Distribución del muestreo de los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén, 2023-I.

| Ciclo | IME | Tamaño de muestra | IC | Tamaño de muestra | TM | Tamaño de muestra | IFA | Tamaño de muestra | IIA | Tamaño de muestra |
|-------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|-----|-------------------|
| 1 | 45 | 7 | 40 | 6 | 45 | 7 | 47 | 7 | 47 | 7 |
| 2 | 46 | 7 | 76 | 11 | 68 | 10 | 91 | 14 | 61 | 9 |
| 3 | 47 | 7 | 48 | 7 | 48 | 7 | 44 | 7 | 29 | 4 |
| 4 | 45 | 7 | 56 | 8 | 53 | 8 | 47 | 7 | 49 | 7 |
| 5 | 40 | 6 | 40 | 6 | 41 | 6 | 36 | 5 | 38 | 6 |
| 6 | 53 | 8 | 32 | 5 | 45 | 7 | 31 | 5 | 29 | 4 |
| 7 | 31 | 5 | 45 | 7 | 38 | 6 | 24 | 4 | 39 | 6 |
| 8 | 31 | 5 | 45 | 7 | 39 | 6 | 33 | 5 | 38 | 6 |
| 9 | 40 | 6 | 30 | 4 | 54 | 8 | 35 | 5 | 48 | 7 |
| 10 | 42 | 6 | 43 | 6 | 33 | 5 | 55 | 8 | 33 | 5 |
| | 420 | 63 | 455 | 68 | 464 | 69 | 443 | 66 | 411 | 61 |
| | n1= | 63 | n2= | 68 | n3= | 69 | n4= | 66 | n5= | 61 |

Nota: IME: Ingeniería Mecánica Eléctrica, IC: Ingeniería Civil, TM: Tecnología Médica, IFA: Ingeniería Forestal y Ambiental e IIA: Ingeniería de Industrias Alimentarias.

RESULTADOS

Análisis del nivel de consumo (quinua, kiwicha, maca y soja)

De la tabla 2, se observa una predominación del bajo nivel de consumo en los cuatro productos, que va de 59.88 a 65.65 %, pero dentro de ellas la soja es el producto con más alto nivel de consumo, y la kiwicha es la de menor nivel de consumo.

Tabla 2. Nivel de consumo de la quinua, kiwicha, maca y soja en estudiantes de la UNJ, 2023-I

| Producto | Nivel de consumo | Fi | Porcentaje |
|----------|------------------|-----|------------|
| Quinua | Bajo | 216 | 65.65 |
| | Medio | 88 | 26.75 |
| | Alto | 25 | 7.60 |
| | Total | 329 | 100.00 |
| Kiwicha | Bajo | 243 | 73.86 |
| | Medio | 73 | 22.19 |
| | Alto | 13 | 3.95 |
| | Total | 329 | 100.00 |
| Maca | Bajo | 212 | 64.44 |
| | Medio | 80 | 24.32 |
| | Alto | 37 | 11.25 |
| | Total | 329 | 100.00 |
| Soja | Bajo | 197 | 59.88 |
| | Medio | 84 | 25.53 |
| | Alto | 48 | 14.59 |
| | Total | 329 | 100.00 |

Análisis del nivel de consumo de la quinua, kiwicha, maca y soja según (género, edad, condición económica y preferencias)

En la Figura 1, se evidencia en general que, en comparación con las mujeres, los hombres presentan un mayor consumo en los cuatro productos, destacando la maca como el producto más consumido por dicho género, mientras las mujeres prefieren más la kiwicha.

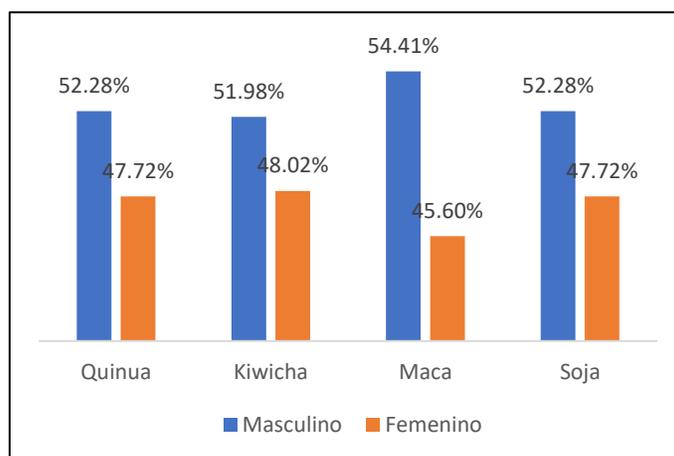


Figura 6. Consumo de la quinua, kiwicha, maca y soja según género de los estudiantes de la UNJ, 2023- I.

Según la figura 2, los estudiantes de 16 a 20 años tienen un mayor consumo de los cuatro productos comparado a los otros grupos etarios. Observándose una disminución en el consumo de estos productos en tanto avanza su edad, es decir presentan cambios en sus hábitos alimenticios.

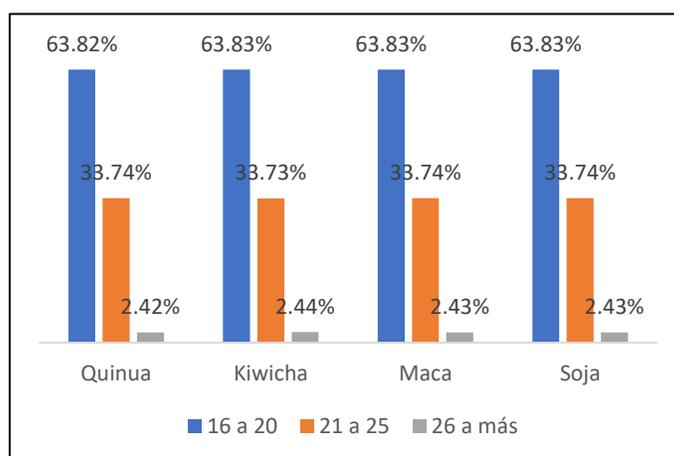


Figura 7. Consumo de la quinua, kiwicha, maca y soja según edad de los estudiantes de la UNJ, 2023-I.

En la Figura 3, se visualiza que el grupo de menor ingreso económico (menor a 1025 soles) registra un consumo más elevado en los cuatro productos, aproximadamente entre el 77% y el 79%, en comparación con otros grupos.

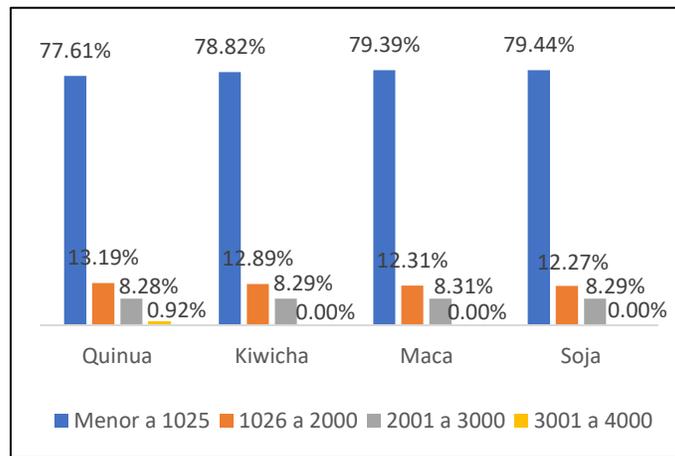


Figura 8. Preferencia del consumo de la quinua, kiwicha, maca y soja según ingreso económico mensual (en soles) de los estudiantes de la UNJ, 2023 I.

En la Figura 4, se evidencia que la presentación más preferida por los estudiantes son los bebibles. Asimismo, destaca que la soja se posiciona como el producto más consumido en esta categoría.

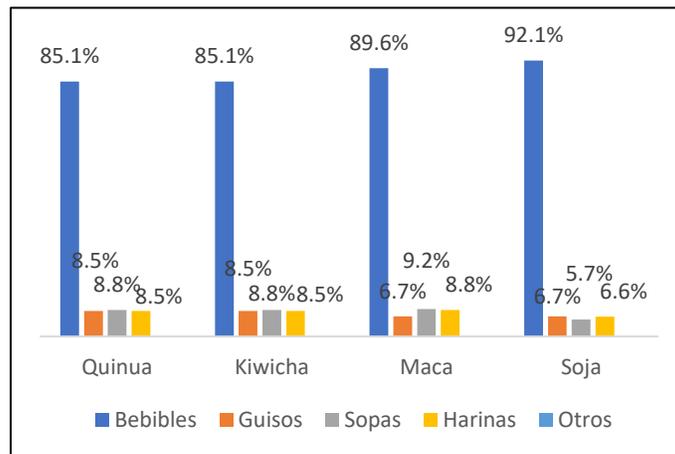


Figura 9. Consumo de quinua, kiwicha, maca y soja según sus presentaciones, en los estudiantes de la UNJ, 2023- I.

En la Figura 5, se evidencia que la principal razón para un mayor consumo radica en la influencia de la costumbre familiar (45 - 52 %). Asimismo, por el valor nutricional los estudiantes prefieren consumir kiwicha, y aparentemente no hay influencia del sabor para un mayor consumo.

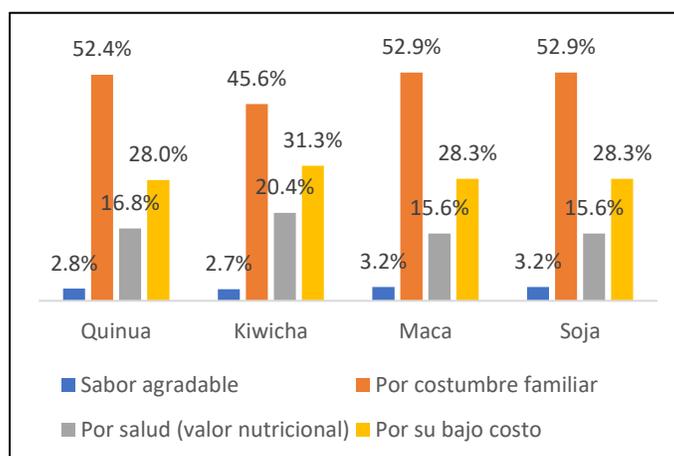


Figura 10. Razón principal por la que consumen la quinua, kiwicha, maca y soja en los estudiantes de la UNJ, 2023- I.

Análisis del conocimiento (quinua, kiwicha, maca y soja)

Se observa en la tabla 3, una predominación del bajo nivel de conocimiento en los cuatro productos. (de 60.79 a 62.31 %). Además, se puede visualizar que la maca es la más conocida, por sus propiedades, y las que menos tienen conocimiento los estudiantes de estas propiedades son de la quinua y kiwicha.

Tabla 3. Nivel de conocimiento de los estudiantes de la UNJ sobre las propiedades y beneficios de los productos, 2023-I.

| Producto | Nivel | Fi | Porcentaje |
|----------|-------|-----|------------|
| Quinoa | Bajo | 205 | 62.31 |
| | Medio | 110 | 33.43 |
| | Alto | 14 | 4.26 |
| | Total | 329 | 100.00 |
| Kiwicha | Bajo | 200 | 60.79 |
| | Medio | 115 | 34.95 |
| | Alto | 14 | 4.26 |
| | Total | 329 | 100.00 |
| Maca | Bajo | 203 | 61.70 |
| | Medio | 105 | 31.91 |
| | Alto | 21 | 6.38 |
| | Total | 329 | 100.00 |
| Soja | Bajo | 200 | 60.79 |
| | Medio | 121 | 36.78 |
| | Alto | 8 | 2.43 |
| | Total | 329 | 100.00 |

Relación y grado de asociación entre el nivel de consumo y conocimiento de la quinua, kiwicha, maca y soja

En la Tabla 4, se muestra que los coeficientes de correlación de Kendall son positivos y significativos ($p < 0.05$), mostrando que existe una correlación positiva entre el nivel de conocimiento y el nivel de consumo, evidencia que a medida que aumenta el nivel de conocimiento también lo hace el consumo de estos productos, aunque con un grado de correlación débil considerando valores entre 0.29 y 0.35, según la clasificación de Martínez et al. (2015).

Tabla 4. Nivel de conocimiento y consumo de la quinua, kiwicha, maca y soja en estudiantes de la UNJ 2023-I.

| Producto | Nivel de conocimiento | Nivel de consumo | | | | | | | | Coef. de correlación de Kendall | p-Valor |
|----------|-----------------------|------------------|-------|-------|-------|------|-------|-------|--------|---------------------------------|---------|
| | | Bajo | | Medio | | Alto | | Total | | | |
| | | fi | % | fi | % | fi | % | Fi | % | | |
| Quinua | Bajo | 146 | 44.4% | 57 | 17.3% | 2 | 0.6% | 205 | 62.3% | 0.222 | 0.000 |
| | Medio | 67 | 20.4% | 31 | 9.4% | 12 | 3.6% | 110 | 33.4% | | |
| | Alto | 3 | 0.9% | 0 | 0.0% | 11 | 3.3% | 14 | 4.3% | | |
| | Total | 216 | 65.7% | 88 | 26.7% | 25 | 7.6% | 329 | 100.0% | | |
| Kiwicha | Bajo | 161 | 48.9% | 37 | 11.2% | 2 | 0.6% | 200 | 60.8% | 0.229 | 0.000 |
| | Medio | 78 | 23.7% | 34 | 10.3% | 3 | 0.9% | 115 | 35.0% | | |
| | Alto | 4 | 1.2% | 2 | 0.6% | 8 | 2.4% | 14 | 4.3% | | |
| | Total | 243 | 73.9% | 73 | 22.2% | 13 | 4.0% | 329 | 100.0% | | |
| Maca | Bajo | 153 | 46.5% | 37 | 11.2% | 13 | 4.0% | 203 | 61.7% | 0.319 | 0.000 |
| | Medio | 54 | 16.4% | 42 | 12.8% | 9 | 2.7% | 105 | 31.9% | | |
| | Alto | 5 | 1.5% | 1 | 0.3% | 15 | 4.6% | 21 | 6.4% | | |
| | Total | 212 | 64.4% | 80 | 24.3% | 37 | 11.2% | 329 | 100.0% | | |
| Soja | Bajo | 141 | 42.9% | 36 | 10.9% | 23 | 7.0% | 200 | 60.8% | 0.239 | 0.000 |
| | Medio | 52 | 15.8% | 46 | 14.0% | 23 | 7.0% | 121 | 36.8% | | |
| | Alto | 4 | 1.2% | 2 | 0.6% | 2 | 0.6% | 8 | 2.4% | | |
| | Total | 197 | 59.9% | 84 | 25.5% | 48 | 14.6% | 329 | 100.0% | | |

DISCUSIÓN

En esta investigación, se muestra que la mayoría de los estudiantes universitarios de la UNJ presentan un bajo nivel de conocimiento y consumo en relación a la quinua, maca, kiwicha y soja.

Se encontró que los hombres tienen un mayor consumo de los cuatro productos en relación a las mujeres. En la quinua, los hombres representaron el 52.3% y las mujeres el 44.7%, sin embargo, en el estudio realizado por Abad (2017) en la ciudad de Chiclayo, que realizó una encuesta para determinar el consumo de quinua convencional según el género, los resultados mostraron que el 56% de las mujeres encuestadas son consumidoras de quinua, mientras que el 44% son hombres; también Villanueva (2018), en su estudio realizado en la ciudad de Bambamarca obtuvo que el 33.3% son del género masculino y el 66.7% son del género femenino. Estas diferencias posiblemente se deban a las diferentes costumbres familiares o zonas de estudio.

La presentación más consumida de los cuatro productos son los bebibles; con respecto a la quinua tanto hombres como mujeres representaron 46.2% y 39.2% respectivamente. Sin embargo, en el estudio realizado por Tola (2020) en Bolivia, sector de Patacamaya, encontró que el 67% de las personas consumían quinua en presentación de sopa, 19% utiliza la quinua para el desayuno, mientras que el 12% de las familias la preparan como pesque, y el 2% la utilizan para hacer tortillas. Los resultados de la presente investigación pudieron estar incidido por razones del tiempo de preparación que los conlleva, o por falta de costumbre en sus preparaciones, como lo indica (Fisher, 1988) además, que en algunas comunidades, los bebibles pueden tener una larga historia de consumo, mientras que las sopas y tortillas pueden no tener la misma tradición arraigada.

Los estudiantes de la UNJ consumen los cuatro productos principalmente por costumbre familiar, como ejemplo la quinua con 52.3%. En el estudio realizado por Flores et al., (2023), investigó las razones por las cuales los estudiantes universitarios del sur del Perú consumen quinua. Según los resultados, el 66.9% de los encuestados indicaron que consumían quinua debido a su valor nutritivo.

El nivel de consumo de quinua, kiwicha por parte de los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén es bajo, con un promedio aproximado de 600 gramos por año, lo que representa un consumo menor al consumo nacional; según el Ministerio de Agricultura y Riego en el 2019, informo que el consumo anual per cápita de granos andinos en el Perú hasta ese año era de 2.3 kilogramos.

El nivel de conocimiento de los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén (UNJ) sobre los cuatro productos es bajo (oscilando de 60 a 62%). Solo entre 2.43 y 6.38%. tienen un alto conocimiento. Al no contar con antecedentes relacionados a estudiantes universitarios, se consideró el estudio realizado por Baltazar (2016), sobre el conocimiento de granos andinos por parte de las madres. Se encontró que el 83% de las madres manifestó conocer la quinua, mientras que el 56% de ellas conocía la kiwicha.

Según García (2006), una confiabilidad mayor a 0.70 del instrumento utilizado es considerada confiable. En la investigación, se obtuvo una excelente confiabilidad tanto para el conocimiento (0.82) como para el consumo (0.81), lo cual respalda la base para aplicar la encuesta a una muestra de 329 estudiantes.

Se observa una relación entre el nivel de conocimiento y el consumo de alimentos como quinua, kiwicha, maca y soja, pero con un grado de asociación débil (con variaciones entre 0.29 y 0.35). En términos generales, se nota que a medida que aumenta el consumo de estos productos, también se incrementa el conocimiento relacionado con los mismos.

CONCLUSIONES

Se determinó el bajo nivel de consumo de la quinua (65.65%), kiwicha (73.86%), maca (64.44%) y soja (59.88%) en los estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén, revelando, además, que estos productos tienen un consumo menor al consumo per cápita.

Los hombres tienen consumir mayor que las mujeres, con un aproximado entre 51% a 54% frente a 45% a 48%. Los estudiantes con ingresos menores a S/. 1025 son los que más consumen, con un aproximado entre 77% a 79%, y la mayor preferencia en las presentaciones son los bebibles (mayor a 85%, llegando la soja al 92.1%).

Se determinó un bajo nivel de conocimiento para quinua (62.31%), kiwicha (60.79%), maca (61.70%), y soja (60.79%) en estudiantes de la Universidad Nacional de Jaén.

Existe una relación entre los niveles de conocimiento y consumo en los estudiantes con un grado de asociación débil, que oscilan entre 0.29 y 0.35 en los estudiantes respecto a los cuatro productos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abad, Q. (2017). *Determinacion del perfil del consumidor de quinua convencional en la ciudad de Chiclayo* . Tesis de Licenciatura, Universidad Catolica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo. Obtenido de <https://n9.cl/3h9l13>
- Agrosavia. (2010). *Importancia de los cultivos presentados por fenale*. El cerealista. Recuperado el 22 de Agosto de 2023, de <https://n9.cl/fdb6b>
- Baltazar, Ñ. (2016). *Conocimientos, actitudes y prácticas sobre uso de granos andinos en la alimentación del preescolar de madres en una institución educativa, Lima 2015* . Universidad Nacional de San Marcos, Facultad de Medicina, Lima,Perù. Obtenido de <https://n9.cl/xgn9s>

- De la Torre, R. (2016). *Análisis del comportamiento de consumo de soya en hombres y mujeres en la ciudad de Guayaquil*. Tesis de Licenciatura, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/5608>
- De Piero, A., Bassett, N., Rossi, A., & Norma, S. (2015). *Tendencia en el consumo de alimentos de estudiantes universitarios*. Scielo, 8. Obtenido de <https://n9.cl/nkskd>
- Fisher, C. (1988). Food, Self and Identity. *Social Science Information* 27(2):275-292. DOI:10.1177/053901888027002005
- Flores, M. E., Inquilla, M. J., Apaza, T. J., Rodríguez-Huamani, R. M., & Yucra-Mamani, Y. M. (2023). *Hábitos de consumo de quinua y rendimiento académico de estudiantes universitarios del sur del Perú*. Dialnet, 29(56). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9088225.pdf>
- García, C. H. (2006). *La medición en Ciencias Sociales y en la Psicología, en Estadística con SPSS y Metodología de la Investigación*. Trillas, Mexico.
- Gonzales, F. G. (2014). *Maca; el alimento perdido de los incas*. Tesis de Licenciatura, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Ciencias Biológicas y Fisiológicas, Lima. Obtenido de <https://n9.cl/d4o7p>
- Latasa, P., Louzada, M., Martínez, S. E., & Monteiro, C. (2018). Azúcares añadidos y alimentos ultraprocesados en los hogares españoles (1990-2010). *Pubmed*, 72.
- MINAGRI. (2019). *Consumo de granos andinos llega a 2.3 kilogramos per cápita anual*. Publicado 30 de Junio de 2019. Recuperado el 5 de Octubre de 2020, de <https://n9.cl/daqid>
- Porto, A. J., Lorenzo, T., Lamas, A., Regal, P., Cardelle, C., & Cepeda, A. (2018). Patrones alimentarios y evaluación nutricional en estudiantes universitarios gallegos. *Springer*, 74, 119 - 126. doi:<https://doi.org/10.1007/s13105-017-0582-0>
- Rita, B., & Ferreira, P. C. (2020). *Changes in Eating Habits among Displaced and Non-Displaced University Students*. *Researchgate*. Obtenido de <https://n9.cl/3mr72>
- Rojas W., Soto J., Jager M., Padulosi S. (2010) *Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia*. Biodiversity International.
- Samar, Y. E. (2014). Como lograr una vida saludable. *Scielo*, 27(1). Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-07522014000100018&script=sci_abstract
- Seminario, J. (2004). *Raíces Andinas: Contribuciones al conocimiento y a la capacitación*. (U. N. Cajamarca, Trad.) Lima, Perú.. Obtenido de <https://n9.cl/bv4zf>

- Singh, G., Micha, R., Khatibzadeh, S., Shi, P., Lim, E., Andrews, K., Ezzati, M. M. (2015). Consumo mundial, regional y nacional de bebidas azucaradas, jugos de frutas y leche: una evaluación sistemática de la ingesta de bebidas en 187 países. *Pubmed*. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0124845>
- Smith, A. (2011). *El Impacto de la comida Chatarra*. La enciclopedia de la comida Chatarra. Obtenido de <http://novasalud.blogspot.com/2011/02/el-impacto-de-la-comida-chatarra.html>
- Tola, T. (2020). *Evaluación de hábitos de consumo de quinua (chenopodium quinoa), en el area periurbana de la localidad de patacamya*. Tesis en Licenciatura, Universidad Mayor de San Andres, Facultad de Agronomía, La Paz-Bolivia. Obtenido de <https://n9.cl/lfvmz>
- Villanueva, M. (2018). *Percepciones y hábitos alimenticios en el consumo de quinua (chenopodium quinoa willd.) en la zona urbana del distrito de Bambamarca*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca, Ciencias Agrarias, Cajamarca - Perú. Obtenido de <https://n9.cl/g2p98>

ARTÍCULO ORIGINAL**Estabilización microbiológica de leche fresca de vaca (*Bos taurus*) por pre tratamiento ultrasónico y tratamiento térmico de baja temperatura****Microbiological stabilization of fresh cow's (*Bos taurus*) milk by ultrasonic pretreatment and low temperature thermal treatment**Miguel Solano-Cornejo¹ ***RESUMEN**

La presente investigación experimental aplicada tuvo por objetivo evaluar la estabilización microbiana de leche fresca pre sonicada por tratamiento térmico de baja temperatura (≤ 60 °C), para reducir su perecibilidad. La leche fresca fue sonicada con una densidad energética de 0.5 kJ/mL antes de ser tratada térmicamente a baja temperatura (40 a 60 °C) por diferentes tiempos; la leche pre sonicada y tratada térmicamente fue evaluada en su contenido de Aerobios Mesófilos Totales (AMV) y Coliformes Totales (CT), y el efecto del tratamiento sobre las poblaciones microbianas fue modelado usando el Modelo de Bigelow. Se determinó que los tratamientos entre 40 y 45 °C generaron incrementos poblacionales; pero que tratamientos encima de los 55.04 °C para AMV y de 49.28 °C para CT iniciaron procesos de inactivación microbiana, siendo ambas temperaturas las más bajas temperaturas de inactivación reportadas hasta el momento para leche fresca. El aumento de la sensibilidad térmica estaría ligada a la producción de daño sub letal a las células de AMV y CT, lo que permitiría estabilizar microbiológicamente leche fresca a más bajas temperaturas reduciendo los efectos deletéreos de los tratamientos térmicos.

Palabras clave: Leche, ultrasonidos, pasteurización, Bigelow, inactivación microbiana

ABSTRACT

The objective of this applied experimental research was to evaluate the microbial stabilization of pre-sonicated fresh milk by low temperature thermal treatment (≤ 60 °C), to reduce its perishability. Fresh milk was sonicated with an energy density of 0.5 kJ/mL before being thermally treated at low temperature (40 to 60 °C) for different times; The pre-sonicated and thermally treated milk was evaluated for its content of Total Mesophilic Aerobes (AMV) and Total Coliforms (TC), and the effect of the treatment on microbial populations was modeled using the Bigelow Model. It was determined that treatments between 40 and 45 °C generated population increases; but those treatments above 55.04 °C for AMV and 49.28 °C for CT initiated microbial inactivation processes, both temperatures being the lowest inactivation temperatures reported so far for fresh milk. The increase in thermal sensitivity would be linked to the production of sub-lethal damage to AMV and CT cells, which would allow fresh milk to be microbiologically stabilized at lower temperatures, reducing the deleterious effects of thermal treatments.

Keywords: Milk, ultrasound, pasteurization, Bigelow, microbial inactivation

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Perú. Email: msolanoc@unprg.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La leche es un alimento nutritivo y perecible, debido a su alto contenido de agua, a su contenido de proteínas de alto valor biológico y carbohidratos (D’Incecco et al., 2021); y por ello mismo posee una limitada vida principalmente debido a su contenido de una compleja microbiota que provocan el deterioro de la leche al producir lipasas y proteasas extracelulares (de Oliveira et al., 2015) y dentro de esta microbiota se ha demostrado que en almacenamiento refrigerado pueden aumentar *Pseudomonas*, *Staphylococcus aureus* y los coliformes totales (Ribeiro-Júnior et al., 2020; Lemma et al., 2021; Mladenovic et al., 2021).

Por ello el tratamiento térmico suele ser el método más usado para preservar la calidad y seguridad de la leche, debiéndose usar temperaturas bajas en su pasteurización para minimizar las pérdidas de calidad (Wang et al., 2021); pero debido a esta limitación en la temperatura hace que la inactivación de bacterias y de enzimas termo resistentes sea limitada reduciendo la vida útil de la leche (Yu et al., 2022). Las tecnologías emergentes como los ultrasonidos de alta potencia se están investigando como reemplazo a las tecnologías térmicas en leche y productos lácteos (Jiménez-Sánchez et al., 2017); pero con resultados poco satisfactorios (Soltani et al., 2022) o francamente contradictorios (Lim et al., 2019); de ahí la necesidad de plantear el uso de ultrasonidos desde un enfoque nuevo, donde los ultrasonidos sean parte de un sistema de barreras que aproveche sus ventajas (mayor eficiencia energética, aplicación a baja temperatura y ecológicamente amigable) (Juraga et al., 2021) y minimice sus desventajas (producción de olores extraños, incremento de la oxidación por generación de radicales libres, etc.) (Marchesini et al., 2015).

Así el objetivo de la presente investigación es evaluar la estabilización de leche fresca pre sonicada y sometida a tratamientos térmicos de baja temperatura a través de los efectos del proceso sobre la población microbiana de gérmenes Aerobios Mesófilos Viables y Coliformes Totales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se ejecutó en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Recepción de leche fresca

Las muestras de leche fueron acopiadas del segundo ordeño de la cuenca lechera de la zona de Lambayeque. Fueron recepcionadas en envases plásticos de primer uso, lavados, secados, esterilizados con alcohol al 70%, secados al ambiente y mantenidos cerrados. Una vez recepcionada la muestra en los

envases, esta fue transportada en una caja de poliestireno expandido cerrada con gel de refrigeración a 10 °C y colocadas en refrigeración a 5 °C por no más de 12 horas hasta su uso experimental.

Tratamiento ultrasónico de leche fresca

La muestra de leche fresca fue separada en muestras de 250 ml en frascos de vidrio con tapa plástica de 350 ml pre esterilizados a 121 °C por 15 minutos; y en forma aleatoria fueron sometidas a tratamientos de ultrasonidos en un sonicador modelo PZ-550LI (Fangxu Technology Co., Ltd, China) equipado con sonda de 6 mm de diámetro modelo T1-6AL-4V en acero al titanio, trabajando a 24 kHz, con un aporte de 25 watts de energía ultrasónica real y que trabaja con una amplitud de 100 µm.

Las muestras de leche fueron tratadas hasta alcanzar un tratamiento ultrasónico de 0.5 kJ/mL a una temperatura constante de 20 °C, posterior a lo cual fueron enfriadas rápidamente a 10 °C y mantenidas no más de 2 horas antes de la aplicación del tratamiento térmico a las temperaturas a ensayar.

Tratamiento Térmico de leche fresca pre sonicada

Las muestras de leche pre sonicadas en sus frascos de sonicación cerrados y refrigerados fueron atemperadas bajo chorro de agua y en agitación constante; posteriormente fueron colocadas en un baño maría digital con microprocesador Modelo HH-1 (Jiaxing Junsu Electronics Co., Ltd, China) calibrado a las temperaturas a ensayar. Uno de los frascos (que no fue muestreado) quedó abierto para la evaluación de la temperatura interna que fue monitoreada por un datalogger DTM-319 (Tecpel Inc, Taiwan) equipado con una Termocupla TECPEL modelo TPK-03S calibrado de fábrica (SN TP16K2337), que fue colocada dentro de la leche durante el proceso térmico; el tiempo de tratamiento térmico empezó a tomarse al llegar la leche pre sonicada a la temperatura de tratamiento.

Por otro lado una muestra de leche fresca de vaca cruda sin pre tratamiento de sonicación fue sometida a pasterización térmica convencional por 30 minutos a 60 °C siguiendo el procedimiento anteriormente mencionado para muestra de comparación.

Terminado el tiempo de tratamiento térmico del ensayo, los frascos fueron retirados del baño maría y sumergidos en agitación en un baño de hielo a 0 °C y posteriormente refrigerados hasta su análisis por no más de 12 horas de almacenamiento.

Las temperaturas de tratamiento térmico y los tiempos de muestreo se presentan en el Tabla 1

Tabla 1. Temperaturas y Tiempos de muestreo de Tratamiento Térmico de Leche Pre Sonicada

| Temperatura (°C) | Tiempo de Retención (min) para muestreo | | | | |
|------------------|---|---|---|----|----|
| 40 | 0 | 4 | 8 | 16 | 24 |
| 45 | 0 | 4 | 8 | 16 | 24 |
| 50 | 0 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 55 | 0 | 2 | 4 | 8 | 16 |
| 60 | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 |

Análisis Microbiológicos de Leche Pre Sonicada y con Tratamiento Térmico

Aerobios Mesófilos Viables (AMV)

El número de gérmenes aeróbios mesófilos viables se determinó tomando muestras de 10 mL de leche pre sonicada y tratadas a diferentes temperaturas y se prepararon diluciones seriadas decimales con solución salina peptonada (0.1% Peptona de Carne y 0.85% de Cloruro de Sodio en agua destilada esterilizada a 121 °C por 15 minutos) hasta diluciones decimales de 10^{-1} hasta 10^{-5} , se agitaron en un agitador vortex por 15 segundos. Se pipeteó 1 ml de cada dilución que se depositó en una Placa Petri estéril, enseguida se vertió 15 ml de Agar Plate Count (Merck, USA), se dispersó la muestra con movimientos circulares. Las placas solidificadas se incubaron por 48 horas a 35 +/- 1 °C. Se retiraron las placas, se determinó el número de colonias formadas; y a partir de la dilución inoculada se calculó el número de UFC/mL de muestra, ello según el método propuesto por Maturin y Peeler (2021).

Coliformes Totales (CT)

El contenido de Coliformes Totales se determinó tomando muestras de 10 ml de leche pre sonicada y tratadas a diferentes temperaturas y preparándolas en diluciones seriadas decimales con solución salina peptonada (0.1% Peptona de Carne y 0.85% de Cloruro de Sodio en agua destilada esterilizada a 121 °C por 15 minutos) hasta diluciones decimales de 10^{-1} hasta 10^{-5} , se agitó en un agitador vortex por 15 segundos, se pipeteó 1 mL de cada dilución que se depositó en una Placa Petri estéril, enseguida se vertió 15 mL de Violet Red Bile Agar (VRBA) (Merck, USA), se dispersó la muestra con movimiento circulares. Las placas solidificadas se incubaron por 48 horas a 35 +/- 1 °C. Se retiraron las placas de la incubadora y utilizando un cuenta colonias se determinó el número de colonias formadas; y a partir de la dilución inoculada se calculó el número de UFC/ml de muestra, ello según el método propuesto por Feng et al. (2021).

Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Modelamiento Matemáticos de Datos Microbiológicos

Los resultados de la evaluación de AMV y de CT; fueron modelados utilizando el modelo de Bigelow de temperatura constante (ecuación 1), según lo indicado por Wei et al. (2020)

La ecuación clave del modelo es:

$$N_t = N_o + (b * t) \quad (1)$$

El cálculo de los parámetros N_o y b se realizó utilizando una regresión lineal con ajuste a mínimos cuadrados en el software MS Excel (Microsoft Corporation, USA). Los valores D y z para Coliformes fueron calculados según lo indicado por Solano-Cornejo (2013) y Dash et al., (2022), donde:

$$D_t = t_f / (N_f / N_o) \quad (2)$$

$$z = (T_1 - T_2) / \log (D_1 / D_2) \quad (3)$$

Dónde:

N_t = Población microbiana (log UFC/mL) al tiempo t

D_f = valor D a una temperatura dada (min^{-1})

z = Valor z por tipo de microorganismo ($^{\circ}\text{C}$)

N_f = Población microbiana (log UFC/mL) al final del tratamiento térmico

N_o = Población microbiana inicial (log UFC/mL)

b = Pendiente de la curva de muerte microbiana ((log UFC/mL) / min)

t = Tiempo de Tratamiento Térmico (min)

T_1, T_2 = Temperaturas de Tratamiento Térmico ($^{\circ}\text{C}$)

D_1, D_2 = Valores D a las temperaturas 1 y 2 (min^{-1})

Modelamiento Matemático de Parámetro b

Los valores b del Modelo de Bigelow para los AMV o CT; fueron modelados utilizando un modelo Polinómico de grado 2 o 3 dependiendo del mejor ajuste en el coeficiente R^2 para temperaturas variables (ecuación 4), según lo indicado por Abdullah et al. (2019)

La ecuación clave del modelo es:

$$bt = At^3 + Bt^2 + Ct + D \quad (4)$$

Dónde:

bt = Pendiente de la curva de muerte microbiana ((log UFC/mL) / min) a la temperatura t

A, B, C, D = Raíces del Modelo Polinómico

El cálculo de las raíces del modelo polinómico para el parámetro b se realizó utilizando una regresión polinómica con ajuste a mínimos cuadrados en el software MS Excel (Microsoft Corporation, USA).

RESULTADOS

Efecto de tratamiento térmico sobre Aerobios Mesófilos Viables (AMV) en leche pre sonicada.

El efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre la población de Aerobios Mesófilos Viables (AMV) en la leche pre tratada por ultrasonidos se presenta en el Tabla 2.

La población inicial de Aerobios Mesófilos Totales en leche cruda fue de 3.600 (± 0.086) log UFC/ml; mientras que a la población final de AMV en leche con pasterización convencional fue de 1.462 (± 0.228) log UFC/ml.

Tabla 2. Promedio y Desviación Estándar de conteo de Aerobios Mesófilos Viables (AMV) (log UFC/mL) en leche pre sonicada (0.5 kJ/mL) y tratada a diferentes temperaturas.

| Temperatura (°C) | Tiempo de Tratamiento (min) a temperatura constante | | | | |
|------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 0 | 4 | 8 | 16 | 24 |
| 40 | 2.876 \pm 0.053 | 2.999 \pm 0.424 | 3.185 \pm 0.464 | 3.015 \pm 0.158 | 3.122 \pm 0.205 |
| 45 | 2.839 \pm 0.075 | 3.141 \pm 0.029 | 3.31 \pm 0.029 | 3.195 \pm 0.115 | 3.403 \pm 0.017 |
| | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 |
| 50 | 2.895 \pm 0.02 | 2.473 \pm 0.421 | 2.778 \pm 0.137 | 3.132 \pm 0.301 | 3.068 \pm 0.281 |
| 55 | 2.823 \pm 0.014 | 2.462 \pm 0.116 | 2.777 \pm 0.041 | 2.898 \pm 0.120 | 2.665 \pm 0.402 |
| | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| 60 | 2.854 \pm 0.128 | 2.816 \pm 0.005 | 2.610 \pm 0.314 | 2.278 \pm 0.393 | 1.716 \pm 0.337 |

Se observó que la población de AMV en leche pre sonicada a 0.5 kJ/mL respondió de forma variable a las temperaturas ensayadas (40 a 60 °C) presentando crecimiento en el rango de 40 a 50 °C, no crecimiento a 50° C e inactivación a 60 °C.

Este cambio de incremento población a disminución poblacional es concordante con los bajos coeficientes R² encontrados en el modelamiento y presentados en el Tabla 3; salvo cuando ya el proceso de inactivación se ha iniciado a 60 °C donde el R² es alto. Lo cual confirma que el modelo de Bigelow es un modelo preciso para inactivación microbiana y no debiendo usarse para situaciones donde puede presentarse estancamiento o crecimiento microbiano, tal como indica Wei et al. (2020) al analizar la inactivación microbiana de *Salmonella spp.* baja humedad.

Tabla 3. Parámetros Cinéticos (Modelo de Bigelow) para Aerobios Mesófilos Viables en leche pre sonicada (0.5 kJ/mL) a diferentes tratamientos térmicos

| Temperatura de Tratamiento (°C) | Parámetros Cinéticos | | |
|---------------------------------|----------------------|---------------|----------------|
| | Intercepto (No) | Pendiente (b) | R ² |
| 40 | 2.967 | 0.007 | 0.319 |
| 45 | 2.993 | 0.018 | 0.636 |
| 50 | 2.683 | 0.036 | 0.436 |
| 55 | 2.706 | 0.004 | 0.011 |
| 60 | 2.956 | -0.193 | 0.966 |

Por otro lado, al modelar el parámetro b (Pendiente de curva de muerte) con respecto a las temperaturas ensayadas se observó que a temperaturas por debajo de 50°C el tratamiento térmico tendía a incrementar la población; y que por encima de 50 °C la población tendía a crecer más lentamente y finalmente a entrar en inactivación, tal como se aprecia en la Figura 1.

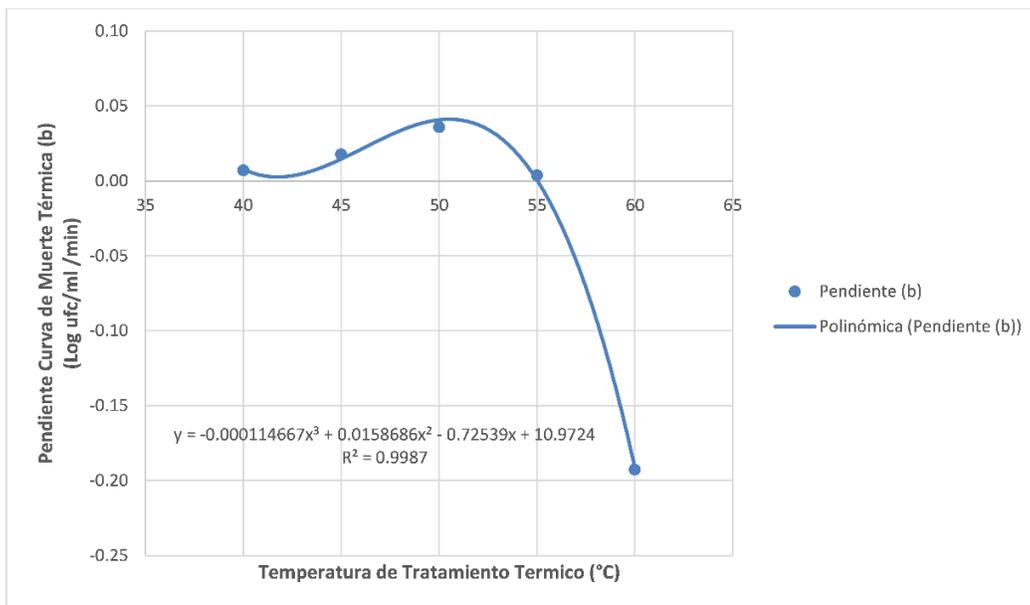


Figura 1. Parámetro b (Modelo Bigelow) en leche pre sonicada (0.5 kJ/mL) con diferentes temperaturas de tratamiento térmico para Aerobios Mesófilos Viables

De la resolución de la ecuación polinómica se obtiene que la temperatura crítica para el inicio de la inactivación de los AMV en leche pre sonicada es de 55.04 °C.

Efecto de tratamiento térmico sobre Coliformes Totales (CT) en leche pre sonicada.

El efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre la población de Aerobios Mesófilos Viables (AMV) en la leche pre tratada por ultrasonidos se presenta en el Tabla 4.

La población inicial de Coliformes Totales en leche cruda fue de 2.461 (± 0.084) log UFC/ml; mientras que a la población final de Coliformes Totales en leche con pasteurización convencional fue de -1.00 (± 0.001) log UFC/ml.

Tabla 4. Promedio y Desviación Estándar de conteo de Coliformes Totales (CT) (log UFC/mL) en leche pre sonicada (0.5 kJ/mL) y tratada a diferentes temperaturas.

| Temperatura (°C) | Tiempo de Tratamiento (min) a temperatura constante | | | | |
|------------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 0 | 4 | 8 | 16 | 24 |
| 40 | 2.009 \pm 0.149 | 2.414 \pm 0.047 | 2.582 \pm 0.128 | 2.803 \pm 0.077 | 3.029 \pm 0.170 |
| 45 | 1.988 \pm 0.047 | 2.203 \pm 0.038 | 2.476 \pm 0.162 | 2.492 \pm 0.241 | 2.594 \pm 0.633 |
| 50 | 0 | 2 | 4 | 8 | 12 |
| | 1.929 \pm 0.036 | 1.923 \pm 0.110 | 1.866 \pm 0.125 | 1.916 \pm 0.019 | 1.690 \pm 0.125 |
| 55 | 0 | 1 | 2 | 4 | 6 |
| | 1.938 \pm 0.337 | 1.889 \pm 0.157 | 1.739 \pm 0.056 | 1.540 \pm 0.088 | 1.423 \pm 0.172 |
| 60 | 1.943 \pm 0.139 | 1.690 \pm 0.125 | 1.389 \pm 0.125 | 1.000 \pm 0.426 | 0.588 \pm 0.157 |

Como se observó anteriormente en el caso de AMV las temperaturas más bajas ensayadas muestran incremento poblacional (40 y 45 °C); pero por encima de ellas ya el tratamiento térmico muestra reducción poblacional de CT por efecto del proceso térmico en leche pre sonicada.

Así mismo se observan inicios de inactivación en el rango entre 45 y 50 °C con reducciones poblacionales de Coliformes Totales al término del proceso térmico.

Así mismo la concentración poblacional de Coliformes Totales (CT) en leche pre sonicada (0.5 kJ/mL) durante el tratamiento térmico a diferentes temperaturas fue modelada usando el Modelo de Bigelow de temperatura constante; y los parámetros cinéticos determinados se presenta en el Tabla 5.

Tabla 5. Parámetros Cinéticos (Modelo de Bigelow) para Coliformes Totales (CT) en leche pre sonicada (0.5 kJ/mL) a diferentes tratamientos térmicos

| Temperatura de Tratamiento (°C) | Parámetros Cinéticos | | |
|---------------------------------|----------------------|---------------|----------------|
| | Intercepto (No) | Pendiente (b) | R ² |
| 40 | 2.1649 | 0.0387 | 0.9184 |
| 45 | 2.1121 | 0.0229 | 0.7864 |
| 50 | 1.9523 | -0.0168 | 0.6482 |
| 55 | 1.9421 | -0.0455 | 0.9791 |
| 60 | 1.9038 | -0.2237 | 0.9940 |

Se puede observar que a pesar que el Modelo de Bigelow no es un modelo para crecimiento microbiano, en este caso; si presenta valores de R² robustos para situaciones en las que el tratamiento térmico ha generado crecimiento (40 y 45 °C); sin embargo, a 50 °C el R² este cae a su valor más bajo; retornando

a valores altos cuando el proceso de inactivación ya es firme, como lo confirman las Pendientes (b) negativas indicadores de curvas de inactivación microbiana.

También se observó que conforme la temperatura de tratamiento se incrementaba por encima de 45 °C los valores de la Pendiente (b) disminuían, tal como se aprecia en la Figura 2.

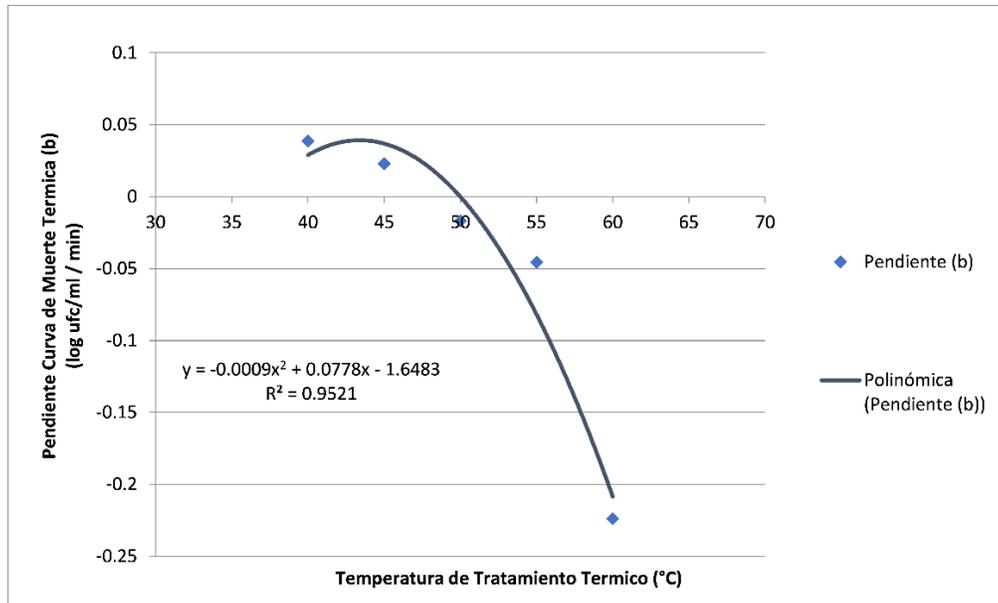


Figura 2 Parámetro b (Modelo Bigelow) en leche pre sonicada (0.5 kJ/mL) con diferentes temperaturas de tratamiento térmico para Coliformes Totales

Al modelar la Pendiente (b) con referencia a la temperatura con un modelo polinómico de 2 grado; y al resolver el modelo para una pendiente cero se determinó que la temperatura de inicio de inactivación térmica en leche pre sonicada a 0.5 kJ/mL para CT fue de 49.28 °C.

Por otro lado, los valores D del Modelo de Bigelow fueron obtenidos y se presentan en el Tabla 6.

Tabla 6. Valores D y z para Coliformes Totales en leche pre sonicada (0.5 kJ/mL) a diferentes temperaturas

| T (°C) | Valor D (min) | Log D |
|---------------|----------------------|--------------|
| 50 | 50.302 | 1.702 |
| 55 | 23.302 | 1.367 |
| 60 | 4.427 | 0.646 |
| Valor z | 9.475 | °C |

DISCUSIÓN

Efecto del Tratamiento Térmico en leche pre sonicada sobre Aerobios Mesófilos Viables (AMV)

Durante los ensayos de tratamiento térmico se encontró que conforme la temperatura de tratamiento aumentó, los AMV fueron decreciendo y también a medida que el tiempo de tratamiento isotérmico se prolongaba. Este cambio de una tasa de variación poblacional positiva a negativa es concordante con lo reportado por Myer et al. (2016) para *P. fluorescens* y *L. fermentum* en pasterización de Corto Tiempo y Baja Temperatura (BTBT); quien indica que conforme la temperatura de tratamiento aumenta la población desciende; ambos géneros (*Pseudomonas spp.* y *Lactobacillus spp.*) están comprendidos dentro de los gérmenes Aerobios Mesófilos Viables en leche tal como indica Ksontini et al. (2011).

Visto el efecto variable de la temperatura, se observó que conforme la temperatura de tratamiento térmico se incrementaba, la Pendiente (b) de la recta del modelo de Bigelow empezaba a declinar; por lo que obteniendo y resolviendo la primera derivada de la ecuación del modelo se determinó que el descenso del parámetro b empieza a 50.52 °C como puede observarse en la figura 01.

Por otro lado, la pendiente de la recta (b) permitió determinar la temperatura crítica de inicio de la inactivación microbiana. Así, graficando la pendiente en función de la temperatura, se obtuvo que la temperatura crítica para iniciar el efecto antimicrobiano en AMV por tratamiento térmico fue de 55.04 °C (Figura 1).

Si comparamos esta temperatura de inicio de inactivación con las temperaturas utilizadas en pasterización reportadas por Sarkar (2015) para géneros de AMV como *Bacillus spp.* (95 °C) y *Staphylococcus spp.* (65 °C), podemos verificar que la aplicación previa de un tratamiento ultrasónico (0.5 kJ/mL) logro aumentar la sensibilidad térmica de AMV, lo cual está relacionado a la generación de un daño subletal por ultrasonidos lo que aumenta la sensibilidad térmica de los microorganismos tal como indica Chen et al. (2020); este efecto de los ultrasonidos en leche permitiría realizar procesos de pasterización a temperaturas más bajas y reducir los efectos negativos de la pasterización puramente térmica o ultrasónica.

Así mismo, la aplicación de los tratamientos térmicos a 60 °C por 6 minutos en leche pre sonicada permitió reducir la población de AMV a 1.716 ± 0.337 log UFC/mL; por lo que la muestra de leche alcanzó la calidad de pasterizada según los criterios microbiológicos nacionales del MINSA que requieren que la población máxima de AMV sea de 2 log UFC/mL.

Efecto del Tratamiento Térmico en leche pre sonicada sobre Coliformes Totales (CT)

Durante los ensayos con tratamientos a diferentes temperaturas se pudo determinar que temperaturas entre 40 y 45 °C se produjo aumento poblacional en los CT, sin embargo, los ensayos a partir de 50 °C mostraron reducciones poblacionales más rápidas conforme la temperatura se incrementaba. De esta manera el efecto de inactivación térmica de CT en leche pre sonicada empezó a los 49.28 °C lo que mostraría un aumento en la sensibilidad térmica en los CT por sonicación concordante con lo indicado por Chen et al. (2020).

Este aumento del efecto de inactivación térmica para Coliformes Totales por pre sonicación de leche se confirma al comparar los valores $D_{60^{\circ}\text{C}}$ con los reportados por Peng et al. (2013) quien indica $D_{60^{\circ}\text{C}}$ para *Escherichia coli* en leche cruda con un rango de 21.9 a 80.5 min; mientras que en leche pre sonicadas el valor $D_{60^{\circ}\text{C}}$ es de 4.49 min. Los resultados confirman lo indicado por Liao et al., (2018) quien reporta que la sensibilización al calor se debe a la presencia de células microbianas dañadas subletalmente por efecto de los ultrasonidos; y que conforme el tratamiento ultrasónico se prolongaba la proporción de células dañadas subletalmente aumentaba; lo cual es visible en los resultados presentados.

CONCLUSIONES

La aplicación de tratamiento ultrasónicos de 0.5 kJ/mL previos a tratamientos térmicos produce el aumento de la sensibilidad térmica de AMV y CT permitiendo inactivaciones a temperaturas más bajas y con mayor rapidez que las temperaturas convencionalmente utilizadas en pasterización de leche.

La aplicación de ultrasonidos en leche a densidades energéticas de 0.5 kJ/mL permite iniciar procesos de inactivación microbiana de AMV a 55.04 °C y en el caso de CT a 49.28°C, valores por debajo de los reportados por la literatura para pasterización de leche.

El aumento de la sensibilidad térmica en leche pre sonicada estaría ligada a la producción de daños sub letales en las células de AMV y CT lo que acelera su inactivación térmica, y permitiría realizar pasterizaciones de leche a más bajas temperaturas reduciendo significativamente los efectos deletéreos de los tratamientos térmicos y alcanzando a estabilizar microbiológicamente la leche fresca.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación se desarrolló en el marco del proyecto de investigación doctoral del Programa de Posgrado - Doctorado de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Nacional de Santa, aprobado por Resolución Directoral 318-2022-EPG-UNS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, S. N., You, K. Y., Khamis, N. H., & Cheong Y, C. (2019). Modelling the Dielectric Properties of Cow's Raw Milk under Vat Pasteurization. *Progress In Electromagnetics Research Materials*, 84, 157–166.
- Chen, F., Zhang, M., & Yang, C. hui. (2020). Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat fresh food: A review. In *Ultrasonics Sonochemistry* (Vol. 63). <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104953>
- D'Incecco, P., Limbo, S., Hogenboom, J. A., & Pellegrino, L. (2021). Novel technologies for extending the shelf life of drinking milk: Concepts, research trends and current applications. *Lwt*, 148(May), 111746. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111746>
- Dash, K. K., Fayaz, U., Dar, A. H., Shams, R., Manzoor, S., Sundarsingh, A., Deka, P., & Khan, S. A. (2022). A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*, 1(May), 100041. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100041>
- de Oliveira, G. B., Favarin, L., Luchese, R. H., & McIntosh, D. (2015). Psychrotrophic bacteria in milk: How much do we really know? *Brazilian Journal of Microbiology*, 46(2), 313–321. <https://doi.org/10.1590/S1517-838246220130963>
- Feng, P., Weagant, S. D., & Grant, M. A. (2021). *BAM Chapter 4: Enumeration of Escherichia coli and the Coliform Bacteria*. Bacteriological Analytical Manual (BAM). <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-4-enumeration-escherichia-coli-and-coliform-bacteria>
- Jiménez-Sánchez, C., Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A., & Fernández-Gutiérrez, A. (2017). Alternatives to conventional thermal treatments in fruit-juice processing. Part 1: Techniques and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(3), 501–523. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.867828>
- Juraga, E., Vukušić Pavičić, T., Gajdoš Kljusurić, J., Brnčić, M., Juraga, T., & Herceg, Z. (2021). Properties of milk treated with high-power ultrasound and bacto-fugation. *Food Technology and Biotechnology*, 59(1), 92–102. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.01.21.6721>

- Ksontini, H., Kachouri, F., & Hamdi, M. (2011). Microflora distribution and assessment of microbiological quality milk from Tunisian collection centres. *African Journal of Microbiology Research*, 5(12), 1484–1491.
- Lemma, F., Alemayehu, H., Stringer, A., & Eguale, T. (2021). Prevalence and Antimicrobial Susceptibility Profile of *Staphylococcus aureus* in Milk and Traditionally Processed Dairy Products in Addis Ababa, Ethiopia. *BioMed Research International*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5576873>
- Liao, X., Li, J., Suo, Y., Chen, S., Ye, X., Liu, D., & Ding, T. (2018). Multiple action sites of ultrasound on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Food Science and Human Wellness*, 7(1), 102–109. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.01.002>
- Lim, S. Y., Benner, L. C., & Clark, S. (2019). Neither thermosonication nor cold sonication is better than pasteurization for milk shelf life. *Journal of Dairy Science*, 102(5), 3965–3977. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15347>
- Marchesini, G., Fasolato, L., Novelli, E., Balzan, S., Contiero, B., Montemurro, F., Andrighetto, I., & Segato, S. (2015). Ultrasonic inactivation of microorganisms: A compromise between lethal capacity and sensory quality of milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29, 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.03.015>
- Maturin, L., & Peeler, J. T. (2021). *BAM Chapter 3: Aerobic Plate Count*. Bacteriological Analytical Manual (BAM). <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-3-aerobic-plate-count>
- Myer, P. R., Parker, K. R., Kanach, A. T., Zhu, T., Morgan, M. T., & Applegate, B. M. (2016). The effect of a novel low temperature-short time (LTST) process to extend the shelf-life of fluid milk. *SpringerPlus*, 5(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2250-1>
- Peng, S., Hummerjohann, J., Stephan, R., & Hammer, P. (2013). Short communication: Heat resistance of *Escherichia coli* strains in raw milk at different subpasteurization conditions. *Journal of Dairy Science*, 96(6), 3543–3546. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6174>
- Ribeiro-Júnior, J. C., Tamanini, R., Alfieri, A. A., & Beloti, V. (2020). Effect of milk bactofugation on the counts and diversity of thermotolerant bacteria. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 8782–8790. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18591>

- Sarkar, S. (2015). Microbiological considerations: Pasteurized milk. *International Journal of Dairy Science*, *10*(5), 206–218. <https://doi.org/10.3923/ijds.2015.206.218>
- Solano-Cornejo, M. A. (2013). Modelamiento de la cinética de desinfección superficial de tomates (*Lycopersicum esculentum*) frescos usando soluciones de cloro Modeling surface disinfection kinetics of fresh tomato (*Lycopersicum esculentum*) using chlorine solutions *Scientia Agropecuaria*. *Scientia Agropecuaria*, *4*, 27–35.
- Soltani, M., Sardari, H., Soofiabadi, M., & Hosseinpour, S. (2022). Ultrasound assisted processing of milk: Advances and challenges. *Journal of Food Process Engineering*, *July*, 1–20. <https://doi.org/10.1111/jfpe.14173>
- Wang, Y., Han, X., Chen, X., & Deng, Y. (2021). Potential harmful of extracellular proteases secreted by *Pseudomonas fluorescens* W3 on milk quality. *Journal of Food Processing and Preservation*, *45*(3), 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15192>
- Wei, X., Lau, S. K., Chaves, B. D., Danao, M. G. C., Agarwal, S., & Subbiah, J. (2020). Effect of water activity on the thermal inactivation kinetics of *Salmonella* in milk powders. *Journal of Dairy Science*, *103*(8), 6904–6917. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18298>
- Yu, T., Zhang, X., Feng, R., Wang, C., Wang, X., & Wang, Y. (2022). Comparison of the Effects of High Hydrostatic Pressure and Pasteurization on Quality of Milk during Storage. *Foods*, *11*(18), 1–19. <https://doi.org/10.3390/foods11182837>

ARTÍCULO ORIGINAL**Efecto de los fructooligosacáridos (FOS) del tipo inulina del yacón en las características físicoquímicas y sensoriales del pan****Effect of inulin-type fructooligosaccharides (FOS) from yacon on the physicochemical and sensory characteristics of bread**Giancarlo Pérez-Mejía¹  y Alfredo Lizana-Adrianzén² **RESUMEN**

La actual industria alimentaria impulsa el interés en alimentos que no solo satisfagan necesidades básicas, sino que también promuevan la salud. En este contexto, el yacón, con su jarabe rico en fructooligosacáridos (FOS), emerge como una valiosa fuente vegetal para mejorar las propiedades del pan. Este estudio evaluó los efectos de la adición de FOS del yacón en las características físicoquímicas y sensoriales del pan. Se empleó una metodología tradicional que incluyó la elaboración del pan con diferentes concentraciones del jarabe. Los resultados revelaron que los tratamientos con 0.5% y 1.5% de jarabe de yacón destacaron en densidad aparente, forma de celdas de miga y apariencia de miga. En la evaluación sensorial, los tratamientos con 0% y 0.5% obtuvieron las mejores puntuaciones en color de costra, textura y sabor. En conclusión, la adición de FOS al pan demostró mejorar significativamente sus características físicoquímicas y sensoriales: la adición de 0.5% y 1.5% mejoró la densidad y la apariencia del pan, mientras que los tratamientos con 0% y 0.5% obtuvieron mejores calificaciones sensoriales.

Palabras clave: Pan, jarabe de yacón, fructooligosacáridos, evaluación sensorial.

ABSTRACT

The currant food industry drives interest in foods that not only satisfy basic needs, but also promote health. In this context, yacon, with its fructooligosaccharides (FOS)-rich syrup, emerges as a valuable plant source for improving the properties of bread. This study evaluated the effects of FOS addition from yacon on the physicochemical and sensory characteristics of bread. A traditional methodology involving bread making with different concentrations of the syrup was employed. The results revealed that the treatments with 0.5% and 1.5% yacon syrup excelled in bulk density, crumb cell shape and crumb appearance. In the sensory evaluation, the 0% and 0.5% treatments scored best in crust colour, texture and flavour. In conclusion, the addition of FOS to bread was shown to significantly improve its physicochemical and sensory characteristics: the addition of 1.5% and 0.5% improved bread density and appearance, while the 0% and 0.5% treatments obtained better sensory ratings.

Keywords: Bread, yacon syrup, fructooligosaccharides, physicochemical properties, sensory evaluation.

* Autor para correspondencia

¹ Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú. Email: giancarlo.perez@unj.edu.pe

² Universidad Nacional de Jaén, Perú. Email: alfredo.lizana@est.unj.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria en su evolución constante hacia productos que no solo satisfacen necesidades básicas sino también promueven la salud, ha dado lugar a la destacada categoría de alimentos funcionales. Estos no solo suministran nutrientes esenciales, sino que también ofrecen beneficios específicos para la salud (Campos et al., 2012; Oh et al., 2023). En este contexto, ingredientes como la inulina y los fructooligosacáridos (FOS) han cobrado relevancia. Peng et al. (2022) respaldan la aplicabilidad y simplicidad de la incorporación de estos ingredientes en productos alimenticios, subrayando su importancia en la formulación de alimentos funcionales.

El yacón, con su alto contenido de FOS en el jarabe, emerge como una prometedora fuente vegetal para la industria alimentaria en busca de ingredientes funcionales. Con concentraciones entre un 40% y un 50% de FOS, el jarabe de yacón no solo destaca por sus propiedades prebióticas, sino que también ha demostrado mejorar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del pan cuando se incorpora, ofreciendo así una alternativa innovadora y saludable (Sales et al., 2023; Silva et al., 2018).

El pan, como alimento básico global, se convierte en un vehículo ideal para aprovechar la utilidad prebiótica de los FOS. Esto no solo mejora sus propiedades, sino que introduce el concepto novedoso de pan prebiótico, generando oportunidades de promoción para las empresas y respaldo a través de políticas de salud estatales (Liu et al., 2024).

El alcance de esta investigación abarca la evaluación de los efectos de la adición de FOS del yacón en algunas propiedades del pan, que incluyen análisis fisicoquímicos como densidad aparente, forma y número de celdas de miga por 0.5 cm² y determinación de azúcares reductores, glucosa y fructosa (antes y después de hidrólisis ácida), asimismo el análisis sensorial. Es importante reconocer algunas limitaciones inherentes a este estudio, como la necesidad de considerar factores como la estabilidad de los prebióticos durante el procesamiento del pan y su interacción con otros ingredientes. Además, se debe tener en cuenta la variabilidad en las preferencias de los consumidores y su disposición a aceptar cambios en las características tradicionales del pan.

En cuanto a la revisión de la literatura consultada, se destaca la importancia de investigaciones previas que han explorado los beneficios de los prebióticos y su aplicación en la industria alimentaria. Además, se han considerado estudios que han evaluado la adición de FOS del yacón en otros productos horneados, lo que proporciona un marco teórico sólido para esta investigación.

La investigación, en tanto, tiene como objetivo general determinar el efecto de la adición de FOS del yacón en las características fisicoquímicas y sensoriales del pan.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, en la Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, donde se utilizaron las instalaciones de la Unidad de Producción y Panificadora Industrial, así como los Laboratorios de Alimentos, Química Orgánica y Fisicoquímica.

Insumos, materiales, equipos y reactivos

Se utilizó harina como materia prima, junto con azúcar, levadura seca, manteca, mejorador, sal, agua y jarabe de yacón. Los materiales empleados fueron de laboratorio, lo que permitió realizar mediciones más precisas.

Los equipos principales fueron la balanza analítica BH-300 EXCELL, cocina eléctrica, baño de agua termostático THELCO, amasadora-sobadora a espiral NOVA, divisora-cortadora manual NOVA, horno NOVA, equipo de titulación, termómetro, cronómetro, estufa PRECISION Thelco Model 18, estereoscopio SMZ-168 SERIES y espectrofotómetro AKUSPEC-D Model 450.

Los reactivos utilizados fueron adquiridos de diversas marcas como Merck y Sigma e incluyeron sustancias como glucosa, hexacianoferrato (II) de potasio trihidratado, acetato de cinc dihidratado, ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, fenoltaleína, etanol 96%, ácido 3,5-Dinitrosalicílico, sal de Rochelle, agua destilada, soluciones estándar de glucosa (1g/L), glucosa oxidasa (1000U/ml) y peroxidasa (120 U/ml), solución de 4-aminofenazona (25 mmol/L) y fenol (55 ml/L).

Elaboración del pan

En la elaboración se siguió el protocolo de Mesas y Alegre (2002), con algunas ligeras modificaciones. Se pesó los ingredientes sólidos en balanza analítica y se midieron los líquidos utilizando recipientes con escalas de medida precisas. Se utilizó la siguiente formulación: azúcar: 2.5, 2.0, 1.0 y 0%, levadura seca: 2%, manteca: 5%, mejorador: 0.6%, sal: 2%, agua: 50% y jarabe de yacón: 0, 0.5, 1.5 y 2.5%. Es importante destacar que durante la adición de diferentes cantidades de jarabe de yacón se ajustó la cantidad de azúcar en proporción inversa.

El amasado se realizó a baja velocidad durante 5-7 minutos, permitiendo correcciones adicionales de agua o harina para lograr la consistencia deseada. Posteriormente, se procedió al sobado a alta velocidad durante aproximadamente 3 minutos, intensificando la mezcla.

La masa obtenida se dividió en piezas homogéneas de 50g. Luego, se dio forma de bola y se marcó manualmente el centro de los bollos. La fase de reposo o primera fermentación tardó 15-20 minutos, durante la cual la masa descansó para recuperarse de la desgasificación sufrida durante la división y el boleado. La segunda fermentación, que implicó la fermentación alcohólica, tardó 40-45 minutos

aproximadamente. Posteriormente, los panes fueron cocidos a una temperatura entre 160-180°C durante 15 minutos, y finalmente se enfriaron a temperatura ambiente durante una hora.

Análisis fisicoquímico del pan

La densidad aparente del pan se determinó utilizando un volumenómetro por desplazamiento de semillas, según el método adaptado del A.A.C.C. (1986), citado en Bolhuis et al. (2024).

La forma y el número de celdas por 0.5 cm² se determinaron mediante el método del microscopio electrónico de barrido adaptado por De La Llave (2004). Se secaron las piezas de pan y se cortaron longitudinalmente, obteniendo muestras para analizar. Estas muestras se colocaron en un estereoscopio equipado con una lámina plástica graduada con cuadrículas de 0.5 cm² para contar las celdas de tamaño mediano, fotografiando las muestras para su posterior análisis.

En la cuantificación de los FOS se siguió el protocolo detallado de Guevara y Vallejo (2015). Primero, se prepararon las muestras colocando 10 g de miga de pan molido en un vaso precipitado junto con aproximadamente 150 ml de agua destilada, luego de agitar la mezcla, se añadieron 5 ml de una solución de 0.15% (p/v) de cianoferrato (II) de potasio en agua destilada y 5 ml de otra de 0.23%, seguido de otra agitación para verterlo en una fiola de 250 ml, se completó con agua destilada hasta el enrase y finalmente se filtró. Luego, se cuantificó el total de glucosa y fructosa en estado libre como azúcares reductores directos (ARD) utilizando el método de Miller (1959). Posteriormente, se determinó la glucosa utilizando el método de Trinder (1969), y asumiendo que los ARD en las muestras están compuestos por glucosa y fructosa, la fructosa se determinó indirectamente como la diferencia entre los ARD y la glucosa.

La hidrólisis se realizó con ácido clorhídrico 0.0363 M para cuantificarlos como azúcares reductores y estimar la cantidad de glucosa y fructosa que integran los FOS. Se aplicaron consideraciones adicionales basadas en el trabajo de Vargas (2009), citado en Simanca-Sotelo et al. (2021) para determinar el contenido de FOS en las muestras, así como la cantidad de glucosa y fructosa que integran dichos polímeros.

La determinación de glucosa se realizó mediante el método Trinder (1969), donde la glucosa se transforma en una quinona de coloración rosa. Los azúcares reductores con el método del DNS (Miller, 1959), basado en la reacción del ácido 3,5 dinitrosalicílico en medio alcalino con el grupo reductor de la glucosa. Se preparó una solución estándar con una concentración conocida de analito para cuantificar los azúcares y se utilizó la ecuación de la recta para expresar matemáticamente la relación entre la concentración del analito y la absorbancia observada.

Además, se determinó el grado de polimerización promedio de los fructooligosacáridos asumiendo que son polímeros de fructosa que contienen una molécula de glucosa en el extremo terminal de la molécula,

después de la hidrólisis ácida. Finalmente, se calculó el peso molecular promedio de los FOS una vez conocido el grado de polimerización, partiendo del peso molecular de cada uno de los residuos de glucosa o fructosa que integran el polímero, que es de 162.

Evaluación sensorial del pan

En la evaluación sensorial del pan, se aplicó la metodología basada en la prueba de Ordenamiento para Análisis Discriminativo, propuesta por Tompkins y Pratt, citados en Ureña et al. (1999). Esta técnica empleó una escala de valores enteros (1, 2, 3 y 4) para asignar posiciones, donde 1 representaba la posición más aceptable y 4 la menos aceptable. Los datos resultantes se sometieron a análisis de varianza tras su transformación mediante el método de Fisher y Yates (1949).

El proceso de entrenamiento y selección de jueces se dividió en varias etapas. En la etapa I, se preseleccionaron candidatos considerando su interés, disponibilidad de tiempo, salud y conocimientos previos. En la etapa II, se realizó una capacitación teórico-práctica sobre las características generales del pan, y en la etapa III se aplicaron pruebas sensoriales con muestras de pan francés de diferentes panaderías. La etapa IV y las subsiguientes consistieron en capacitaciones específicas sobre color de costra, sabor, apariencia de miga y textura de pan francés.

La selección final de jueces se basó en su desempeño individual, evaluando la capacidad de discriminación y coherencia en sus respuestas. Se llevaron a cabo 10 ensayos (corridas) para cada atributo, y los resultados fueron analizados de manera secuencial, retirando a aquellos jueces cuyo rendimiento estuviera fuera de la zona de aceptación establecida.

La evaluación sensorial se desarrolló en un área física específica, siguiendo las recomendaciones actualizadas de Marques et al. (2024) y Simanca-Sotelo et al. (2021). Se utilizaron cabinas para emitir juicios individuales, y en casos de “mesa redonda”, se garantizó la independencia entre jueces mediante separadores portátiles. La iluminación se cuidó para evitar sombras, y se crearon ambientes tranquilos sin distracciones.

En la evaluación sensorial definitiva del pan francés adicionando jarabe de yacón, se presentaron muestras codificadas con diferentes concentraciones de jarabe (0%, 0.5%, 1.5% y 2.5%). Cada juez realizó tres ensayos por cada atributo, utilizando formatos específicos. Este proceso permitió obtener datos precisos sobre la aceptabilidad del producto objetivo en relación con la adición de jarabe de yacón.

Diseño y análisis estadístico

Se aplicó un diseño experimental de 1 factor en bloques (repeticiones) completamente al azar para adecuar y analizar los datos obtenidos. El número de bloques empleado en el estudio varió según la variable dependiente bajo análisis, siendo esta flexibilidad una característica del diseño experimental. La

variable independiente es la adición de jarabe de Yacón en cuatro concentraciones (0%, 0.5%, 1.5% y 2.5%). Las variables dependientes se dividieron en dos categorías: una de naturaleza fisicoquímica (densidad aparente, forma y número de células por campo, contenido de FOS) y otra de naturaleza sensorial (color de costra, sabor, textura: suavidad de miga, apariencia de miga). Para el análisis estadístico de los datos, se implementó el análisis de varianza (ANOVA) en conformidad con el diseño experimental de un factor en bloques completamente al azar. Los niveles de estudio de la variable independiente fueron considerados como tratamientos en este diseño, mientras que los bloques representaron las repeticiones realizadas al analizar cada variable dependiente.

Para el contenido de FOS, se ejecutaron tres repeticiones, consideradas como bloques, para cada tratamiento. En cuanto a la densidad aparente y el número de celdas de miga por 0,5 cm², se llevaron a cabo cinco repeticiones para cada tratamiento. Para las características sensoriales, cada juez fue considerado como un bloque, y dado que el panel sensorial constaba de siete jueces, se utilizaron siete bloques para cada tratamiento.

RESULTADOS

Análisis fisicoquímico

Los resultados del análisis fisicoquímico del pan francés revelan diferencias significativas en diferentes variables en relación con la concentración de jarabe de yacón. En primer lugar, la densidad aparente del pan mostró variaciones notables entre los diferentes tratamientos. En la Figura 1 se observa que a medida que aumentaba la concentración de jarabe de yacón, la densidad aparente tendía a disminuir; no obstante, se percibió un incremento en el tratamiento con 2.5%.

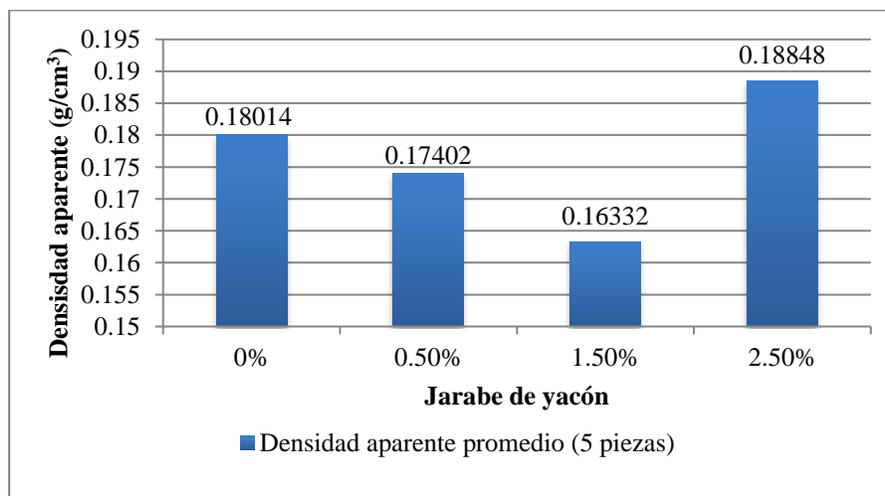


Figura 1. Comportamiento de la densidad aparente (g/cm³) en piezas de pan.

La Figura 2 agrupa imágenes digitales de las observaciones de miga de pan con cuadrícula, se percibe diferencias entre tratamientos respecto a la forma y número de celdas de miga por 0.5 cm². En la Figura 3, los resultados indican que la concentración de jarabe de yacón afectó significativamente tanto la forma como el número de celdas de miga por unidad de área, con tendencias hacia una mayor cantidad de celdas a medida que aumentaba la concentración de jarabe de yacón.

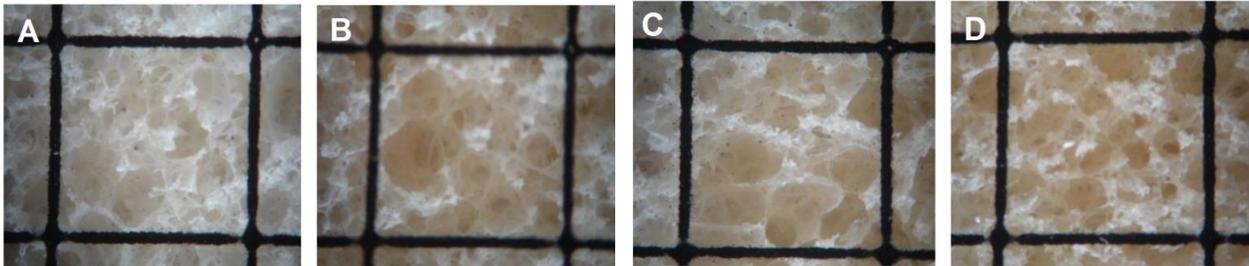


Figura 2. Imágenes digitales de las observaciones de miga de pan con cuadrícula. Concentraciones de jarabe de yacón: A = 0%, B = 0.5%, C = 1.5% y D = 2.5 %.

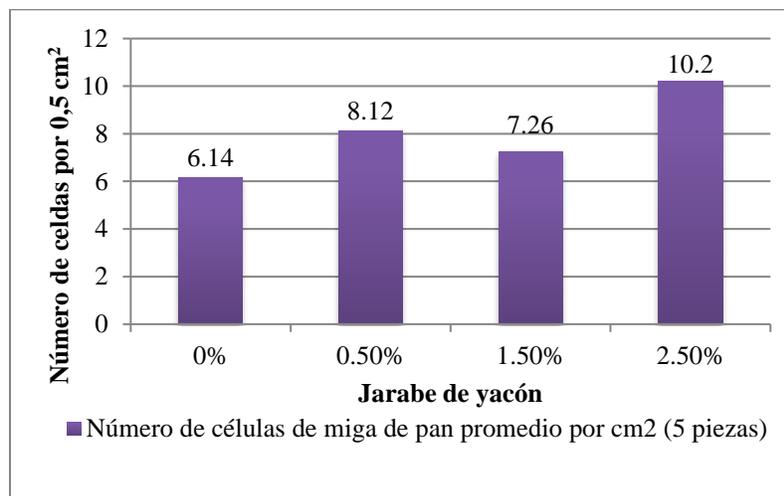


Figura 3. Comportamiento de número de celdas en la miga de pan por 0,5 cm².

En relación con los azúcares reductores, glucosa y fructosa antes y después de la hidrólisis ácida, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. La Figura 4 muestra que antes de la hidrólisis ácida, los valores variaron considerablemente según la concentración de jarabe de yacón. Sin embargo, en la Figura 5 se observa que después de la hidrólisis ácida, estos valores experimentaron cambios, aunque no siempre en la dirección esperada, lo que sugiere una posible interacción entre la concentración de jarabe de yacón y el proceso de hidrólisis ácida en la composición de azúcares del pan.

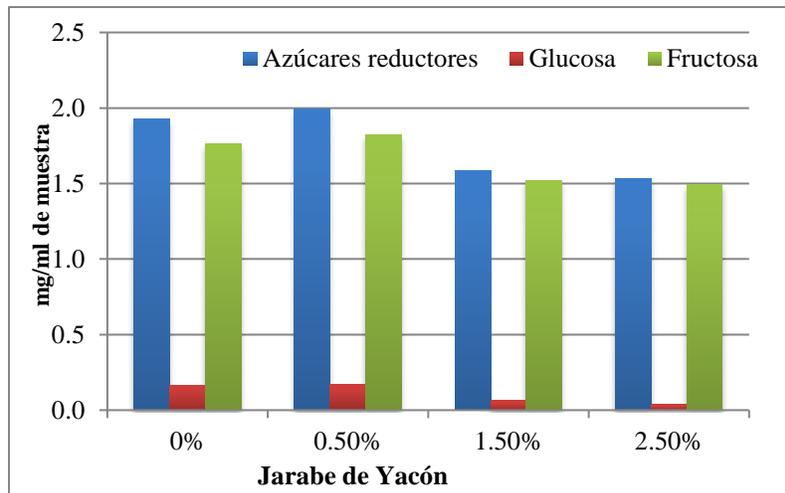


Figura 4. Comportamiento de azúcares reductores, glucosa y fructosa antes de la hidrólisis ácida

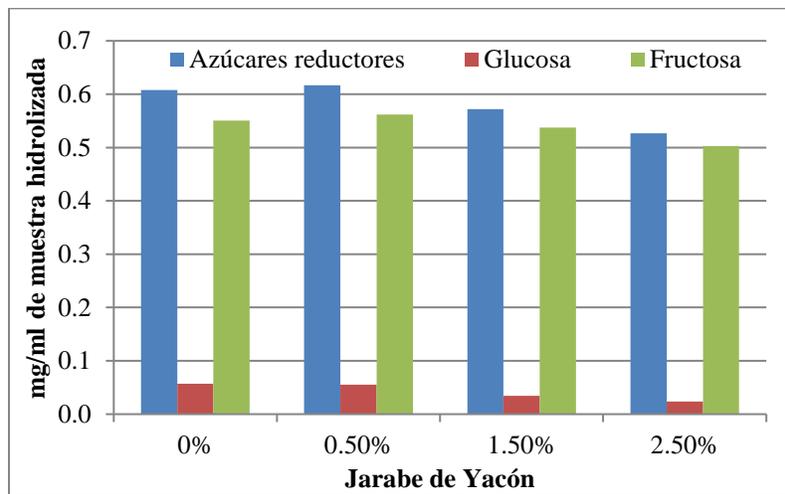


Figura 5. Comportamiento de azúcares reductores, glucosa y fructosa después de la hidrólisis ácida.

Cabe destacar que no se pudo determinar el contenido de fructooligosacáridos debido a discrepancias entre los resultados esperados y los obtenidos después de la hidrólisis ácida, según lo descrito en la literatura citada. Este aspecto requerirá una discusión adicional para comprender las posibles razones detrás de esta discrepancia.

Análisis sensorial

Los resultados de la evaluación sensorial del pan francés revelan variaciones significativas en los atributos evaluados en función de la concentración de jarabe de yacón. En términos de color de costra, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. La Tabla 1 muestra que la prueba de Tukey indicó que el pan con 2.5% de jarabe de yacón se diferenciaba significativamente de los demás, presentando una puntuación promedio más baja en comparación con los demás tratamientos.

Tabla 1. Color de costra del pan considerando la concentración de jarabe de yacón

| Prueba | Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | | |
|---------------------|-------------------------|---|------------------------------|---------|--------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| HSD de Tukey | 2.5% de jarabe de yacón | 7 | -1.3000 | | | |
| | 1.5% de jarabe de yacón | 7 | | -0.3000 | | |
| | 0.5% de jarabe de yacón | 7 | | | 0.3000 | |
| | 0% de jarabe de yacón | 7 | | | | 1.3000 |
| | Sig. | | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

En cuanto a la apariencia de la miga, se identificaron diferencias significativas entre los tratamientos. La Tabla 2 indica que el pan con 0.5% fue evaluado positivamente, obteniendo una puntuación promedio más alta en comparación con otros tratamientos. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre el pan sin jarabe de yacón y el pan con 1.5%.

Tabla 2. Apariencia de miga del pan considerando la concentración de jarabe de yacón

| Prueba | Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|---------------------|-------------------------|---|------------------------------|------|
| | | | 1 | 2 |
| HSD de Tukey | 0.5% de jarabe de yacón | 7 | 0.5857 | |
| | 1.5% de jarabe de yacón | 7 | 0.4714 | |
| | 0% de jarabe de yacón | 7 | 0.2429 | |
| | 2.5% de jarabe de yacón | 7 | | -1.3 |
| | Sig. | | 0.714 | 1 |

Respecto a la textura, específicamente la suavidad de la miga, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. La Tabla 3 precisa que todos los tratamientos presentaron puntuaciones similares en este atributo sensorial.

Tabla 3. Textura: Suavidad de miga del pan considerando la concentración de jarabe de yacón

| Prueba | Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | |
|---------------------|-------------------------|---|------------------------------|---------|
| | | | 1 | 2 |
| HSD de Tukey | 0.5% de jarabe de yacón | 7 | 1.0143 | |
| | 0% de jarabe de yacón | 7 | 0.5857 | |
| | 1.5% de jarabe de yacón | 7 | | -0.5857 |
| | 2.5% de jarabe de yacón | 7 | | -1.0143 |
| | Sig. | | 0.375 | 0.375 |

En cuanto al sabor del pan, se identificaron variaciones significativas entre los tratamientos. La Tabla 4 muestra que la prueba de Tukey indicó que el pan con 0.5% fue el preferido en términos de sabor, mientras que el pan con 2.5% se destacó por tener una puntuación significativamente más baja en comparación con otros tratamientos.

Tabla 4. Sabor del pan considerando la concentración de jarabe de yacón

| Prueba | Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0.05 | | |
|--------------|-------------------------|---|------------------------------|---------|---------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| HSD de Tukey | 0.5% de jarabe de yacón | 7 | 0.8714 | | |
| | 0% de jarabe de yacón | 7 | 0.5571 | 0.5571 | |
| | 1.5% de jarabe de yacón | 7 | | -0.1286 | |
| | 2.5% de jarabe de yacón | 7 | | | -1.3000 |
| | Sig. | | 0.615 | 0.059 | 1.000 |

DISCUSIONES

La investigación se centró en evaluar el impacto de la adición de distintas cantidades de fructooligosacáridos provenientes del yacón en las características fisicoquímicas y sensoriales del pan. Los análisis fisicoquímicos revelaron que los tratamientos con 0% y 0.5% de jarabe de yacón presentaron mayores cantidades de azúcares reductores antes de la hidrólisis ácida, sugiriendo que la enzima invertasa pudo haber hidrolizado la sacarosa en lugar de los FOS en tratamientos con mayor cantidad de jarabe de yacón. Este fenómeno coincide con los resultados obtenidos por Simanca-Sotelo et al. (2021), quienes también encontraron una correlación entre la presencia de invertasa y la hidrólisis de sacarosa en sus estudios sobre la fermentación de productos horneados donde la presencia de FOS puede influir en la actividad enzimática de invertasa, lo que podría explicar las diferencias observadas en los perfiles de azúcares entre los tratamientos con y sin jarabe de yacón.

Los resultados que muestran valores menores de glucosa después de la hidrólisis ácida en los tratamientos con 1.5% y 2.5% sugieren una preferencia de la levadura por metabolizar la glucosa en lugar de la fructosa. Este hallazgo podría estar relacionado con el proceso de fermentación, donde la glucosa, al ser un azúcar más simple, podría ser utilizada más fácilmente por la levadura como fuente de energía. Esta preferencia por la glucosa podría explicarse en parte por la composición del jarabe de yacón y su concentración de FOS. Además, un estudio sobre la optimización del proceso de extracción de FOS del yacón de Guevara et al. (2015), sugieren que el contenido de este puede variar según el método de extracción y las condiciones de procesamiento, lo que podría influir en la disponibilidad de estos compuestos para la levadura durante la fermentación del pan. Sin embargo, a pesar de la preferencia aparente de la levadura por la glucosa, los resultados aún sugieren que el tratamiento con 1.5% es el más prometedor en términos de efectos sobre la composición de azúcares en el pan.

La fructosa libre también fue evaluada, y a pesar de que los tratamientos con menor jarabe de yacón presentaron mayores niveles de sacarosa, los tratamientos con 1.5% y 2.5% mostraron valores aceptables de fructosa. Este resultado respalda la idea de que el jarabe de yacón utilizado en el estudio podría

contener una alta concentración de FOS, los cuales podrían contribuir a los niveles de fructosa en el pan fermentado. Sin embargo, es importante considerar que la concentración de FOS puede verse influenciada por el proceso de extracción de los fructooligosacáridos de yacón. Guevara et al. (2015) sugieren que sobre la optimización de este proceso, diferentes métodos de extracción y condiciones de procesamiento pueden afectar la cantidad y calidad de los FOS obtenidos. Por lo tanto, es necesario tener en cuenta estas variaciones en la concentración al interpretar los resultados de la evaluación de fructosa libre en los tratamientos.

En cuanto a la densidad aparente del pan, los tratamientos con 0.5% y 1.5% demostraron el mejor comportamiento, destacando la importancia de la fermentación para lograr un buen volumen de pan. Sin embargo, los resultados deben interpretarse con precaución, ya que otros factores podrían influir en la densidad del pan, como la formulación de la masa y el proceso de cocción, según la sugerencia de Mesas y Alegre (2002). El análisis de microscopía reveló una relación inversamente proporcional entre el número de celdas y su tamaño, con el tratamiento de 1.5% mostrando una estructura celular más equilibrada. Aun así, la relación entre el número y tamaño de las celdas puede ser afectada por diversos factores, como la actividad de la levadura y la consistencia de la masa (Morais et al., 2014).

La evaluación sensorial se centró en atributos clave como apariencia, textura, sabor y color de costra. Aunque el tratamiento con 2.5% tuvo el peor desempeño en varios aspectos, los tratamientos con 0.5%, 1.5%, y 0% no mostraron diferencias significativas en varios atributos. En otras palabras, la concentración no es proporcional a la aceptación; esta idea concuerda con Machuca (2022) que adicionó jarabe de yacón para mejorar las propiedades organolépticas de yogurt de zanahoria y obtuvo resultados similares. Sin embargo, al considerar la relación entre los análisis fisicoquímicos y las características sensoriales, el tratamiento con 1.5% se destaca como el más prometedor.

CONCLUSIONES

El mejor número de celdas por área se observó en los panes con tratamientos de 1.5% y 0.5% de jarabe de yacón, con valores de 7.26 y 8.12 respectivamente. Además, las mejores puntuaciones en apariencia de miga se encontraron en los panes con estos mismos tratamientos, con valores de 0.4714 y 0.5857 respectivamente.

Las mejores densidades aparentes se obtuvieron en los niveles de 1.5%, 0.5% y 0%, con valores de 0.1633 g/cm³, 0.1740 g/cm³ y 0.1801 g/cm³ respectivamente. Se observó una mejora en la densidad aparente del pan a medida que se aumentaba la concentración, lo que sugiere una relación positiva entre la adición de jarabe y la densidad aparente del pan.

En cuanto a la evaluación sensorial, los tratamientos con 0% y 0.5% obtuvieron las puntuaciones más altas para el color de costra, la textura (suavidad de miga) y el sabor del pan, según el panel sensorial.

Aunque no fue posible determinar el contenido de los FOS en el pan mediante hidrólisis ácida, se sugiere que los panes con un tratamiento de 1.5% podrían mantenerlos en el producto terminado, lo que conservaría su naturaleza funcional y su efecto prebiótico.

Adicionalmente, a modo de recomendación, la realización de la cuantificación de fructooligosacáridos debe utilizar métodos más específicos como la hidrólisis enzimática, además es necesaria la exploración del efecto de la adición de FOS en productos horneados con temperaturas de procesamiento relativamente bajas donde no se perjudiquen las aquellas propiedades termolábiles tanto de la matriz como del jarabe de yacón. También se sugiere estudiar el efecto de los FOS en las características reológicas de las masas de productos horneados, de esta manera se pueden interpretar algunas variables que puedan tener dependencia con algún tratamiento o procedimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bolhuis, D. P., Wouters, A., y Heuven, L. A. J. (2024). Bread buns or slices? variations of bread shape modifies ad libitum intake of bread and toppings. *Food Quality and Preference*, *115*, 105127. <https://doi.org/10.1016/J.FOODQUAL.2024.105127>
- Campos, D., Betalleluz-Pallardel, I., Chirinos, R., Aguilar-Galvez, A., Noratto, G., y Pedreschi, R. (2012). Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. y Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemistry*, *135*(3), 1592–1599. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2012.05.088>
- De La Llave, A. J. (2004). *Efecto de la adición de fibra soluble sobre las características fisicoquímicas y sensoriales en un producto de panificación*. [Tesis de licenciatura] Universidad de las Américas Puebla.
- Guevara Apraez, C. S., y Vallejo Castillo, E. J. (2015). Identificación de fructooligosacáridos e inulinas en residuos de hojas de fique -*Furcraea macrophylla* Baker. *Acta Agronómica*, *64*(4). <https://doi.org/10.15446/acag.v64n4.41602>
- Guevara, I., a-, M., Pallardel, B., a-, I., Noborikawa, K., a-, M., y Gutierrez, C. (2015). Optimización del proceso de extracción de los fructooligosacáridos de yacón (*Smallanthus Sonchifolius*). *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, *81*(3), 263–272.

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000300008&lng=es&synrm=1&isoytlng=es

- Liu, X., Su, S., Yao, J., Zhang, X., Wu, Z., Jia, L., Liu, L., Hou, Y., Faragb, M. A., y Liu, L. (2024). Research advance about plant polysaccharide prebiotics, benefit for probiotics on gut homeostasis modulation. *Food Bioscience*, 103831. <https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2024.103831>
- Machuca, L. M. (2022). Determinación de la concentración de jarabe de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) aplicado como edulcorante en el yogurt de zanahoria (*Daucus carota*) para su aceptabilidad organoléptica. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4687>
- Marques, C., Toazza, C. E. B., Bona, E., Mitterer-Daltoé, M. L., y Masson, M. L. (2024). Sensory profile estimation of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) juice acidified with lactobionic acid: Combination of flash profile, E-nose and sensometrics. *Food Chemistry Advances*, 4, 100591. <https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2023.100591>
- Mesas, J. M., y Alegre, M. T. (2002). El pan y su proceso de elaboración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(5), 307–313. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72430508>
- Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426–428. https://doi.org/10.1021/AC60147A030/ASSET/AC60147A030.FP.PNG_V03
- Morais, E. C., Cruz, A. G., Faria, J. A. F., y Bolini, H. M. A. (2014). Prebiotic gluten-free bread: Sensory profiling and drivers of liking. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 248–254. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2013.07.014>
- Oh, H. Y., Lee, T. H., Lee, C. H., Lee, D. Y., Sohn, M. Y., Kwon, R. W., Kim, J. G., y Kim, H. S. (2023). Effects of by-products from producing yacon (*Smallanthus sonchifolius*) juice as feed additive on growth performance, digestive enzyme activity, antioxidant status, related gene expression, and disease resistance against *Streptococcus iniae* in juvenile black rockfish (*Sebastes schlegelii*). *Aquaculture*, 569, 739383. <https://doi.org/10.1016/J.AQUACULTURE.2023.739383>
- Peng, F., Huang, H., Lin, J. X., Yang, T., Xie, M., Xiong, T., y Peng, Z. (2022). Development of yacon syrup fermented by *Lactiplantibacillus plantarum* NCU001043: Metabolite profiling, antioxidant and glycosidase inhibition activity. *LWT*, 169, 114051. <https://doi.org/10.1016/J.LWT.2022.114051>

- Sales, S. da S., Dionísio, A. P., Adriano, L. S., Melo, B. R. C. de, Abreu, F. A. P. de, Sampaio, H. A. de C., Silva, I. D. C. G. da, y Carioca, A. A. F. (2023). Previous gut microbiota has an effect on postprandial insulin response after intervention with yacon syrup as a source of fructooligosaccharides: a randomized, crossover, double-blind clinical trial. *Nutrition*, *109*, 111948. <https://doi.org/10.1016/J.NUT.2022.111948>
- Silva, M. de F. G. da, Dionísio, A. P., Abreu, F. A. P. de, Brito, E. S. de, Wurlitzer, N. J., Silva, L. M. A. e., Ribeiro, P. R. V., Rodrigues, S., Taniguchi, C. A. K., y Pontes, D. F. (2018). Evaluation of nutritional and chemical composition of yacon syrup using ¹H NMR and UPLC-ESI-Q-TOF-MSE. *Food Chemistry*, *245*, 1239–1247. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2017.11.092>
- Simanca-Sotelo, M., De Paula, C., Domínguez-Anaya, Y., Pastrana-Puche, Y., y Álvarez-Badel, B. (2021). Physico-chemical and sensory characterization of sweet biscuits made with Yacon flour (*Smallanthus sonchifolius*). *NFS Journal*, *22*, 14–19. <https://doi.org/10.1016/J.NFS.2020.12.001>
- Trinder, P. (1969). Determination of Glucose in Blood Using Glucose Oxidase with an Alternative Oxygen Acceptor. *Annals of Clinical Biochemistry: International Journal of Laboratory Medicine*, *6*(1), 24–27. <https://doi.org/10.1177/000456326900600108>
- Ureña, M. O., Arrigo, M. D., y Girón, O. (1999). *Evaluación sensorial de los alimentos : aplicación didáctica*. 1–197.

ARTÍCULO ORIGINAL**Estrés académico en estudiantes escolarizados en zona rural peruana durante la pandemia por COVID 19: estresores, síntomas y estrategias de afrontamiento****Academic stress in school students in Peruvian rural areas during the COVID-19 pandemic: stressors, symptoms, and coping strategies**María Zea¹^{*}, Verónica Bellido², Rossicelo Mendoza³ y William Sánchez⁴^{*}**RESUMEN**

La Pandemia de la Covid 19 cambió la forma de llevar a cabo la enseñanza aprendizaje, generando efectos problemáticos en los estudiantes escolarizados, sobre todo, en las zonas rurales donde la educación se caracteriza por la precariedad y el limitado acceso a servicios básicos necesarios para el cumplimiento de la educación básica. Uno de los efectos problemáticos podría ser la presencia de estrés, por lo que este trabajo tuvo como objetivo indagar sobre el grado de estrés académico, estresores, síntomas de estrés y estrategias de afrontamiento en estudiantes escolarizados en una zona rural peruana. Se aplicaron encuestas válidas y confiables a una población de 114 estudiantes escolarizados distribuidos en tres grupos según la edad y el género. Se encontró que, un 32.5 % y 33.3 % de estudiantes presentaron un nivel de estrés académico moderado y severo respectivamente, no habiendo estadísticamente diferencias por la variación de edad de los estudiantes, pero si por género, siendo el femenino con mayor frecuencia de un nivel de estrés moderado y severo. Finalmente, fue mayor la frecuencia de estresores (40.7%) y síntomas (42.8%) de estrés académico para el género femenino; sin embargo, los estudiantes de género masculino presentaron una mayor frecuencia de estrategias de afrontamiento (39.7%).

Palabras clave: COVID, estrés académico, estudiantes escolarizados, estresores.

ABSTRACT

The Covid 19 Pandemic changed the way teaching-learning is carried out, generating problematic effects on school students, especially in rural areas where education is characterized by precariousness and limited access to basic services necessary for compliance. of basic education. One of the problematic effects could be the presence of stress, so this work aimed to investigate the degree of academic stress, stressors, stress symptoms and coping strategies in students attending school in rural Peru. Valid and reliable surveys were applied to a population of 114 school students distributed into three groups according to age and gender. It was found that 32.5% and 33.3% of students presented a moderate and severe level of academic stress respectively, there are not statistical differences due to the variation in the age of the students, but there were differences by gender, with the female being the highest frequency of a moderate and severe level of stress. Finally, the frequency of stressors (40.7%) and symptoms (42.8%) of academic stress was higher for females; However, male students presented a higher frequency of coping strategies (39.7%).

Keywords: covid, academic stress, school students, stressors.

* Autor para correspondencia

¹ Opensi Red Company EIRL, Perú. Email: marianilazea35@gmail.com

² Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. Email: bellidol@unsa.edu.pe

³ Universidad César Vallejo, Perú. Email: rossicelo3194@gmail.com

⁴ Opensi Red Company EIRL /RIPER, Perú. Email: william.sanchez@riper.edu.pe

INTRODUCCIÓN

La educación es considerada un derecho humano universal indispensable para el desarrollo de los seres humanos. Es por ello que, lograr que todas las personas tengan acceso a ella se ha convertido en un tema de agenda a nivel global, principalmente en aquellos grupos o zonas vulnerables que claman que estas necesidades sean atendidas.

La existencia de escuelas en los sectores rurales constituye una señal de búsqueda de igualdad, justicia y democracia en sectores apartados y postergados (Corvalan, 2006), sin embargo, la escolarización en zonas rurales se caracteriza por la precariedad y el limitado acceso a servicios básicos necesarios para el cumplimiento de la educación básica (Quiroz, 2019; Azaola, 2010).

Esta situación se agravó durante la pandemia por la COVID 19, debido a que, como medida para salvaguardar la salud pública, los diferentes gobiernos a nivel mundial decidieron migrar la educación presencial a un contexto virtual. Este proceso representó un reto para el sector de educación, pero específicamente para aquellas zonas cuyas realidades no se encontraban en condiciones de brindar un servicio educativo digital o a distancia (Anaya, Montalvo, Ignacio y Arispe, 2021).

A raíz de este nuevo contexto, los estudiantes tuvieron que desarrollar habilidades, destrezas, estrategias y conocimientos que les ayuden a adaptarse a esta nueva realidad, sin embargo, esta adaptación trajo consigo diversas situaciones que han venido afectando su salud física, psicológica y comportamental, siendo el estrés académico una de las manifestaciones más evidentes (García citado en Alania, Llancari, De la Cruz y Ortega, 2020).

Barraza (2006) considera que el estrés académico se manifiesta ante las demandas que exige el ámbito académico y que el estudiante considera como estresores, lo que produce un desequilibrio sistémico manifestándose mediante síntomas tanto físicos, psicológicos y comportamentales.

Evidencias de este problema se muestran por AlAteeq et al. (2020) quienes exploraron el nivel de estrés percibido en estudiantes durante la pandemia por la COVID 19 y la suspensión de la enseñanza presencial en Arabia Saudita. Hallaron que el 55% de estudiantes presentaron un nivel de estrés moderado, un 30.2% estrés alto y un 14.7% estrés bajo; la mayoría de los participantes eran mujeres (74.7%) y estudiantes de secundaria (79.8%).

La prevalencia del estrés durante el brote de la COVID 19 se presentó en un 61,6% de los estudiantes franceses de primer año y en un 71.2% estudiantes de Turquía (Husky, Kovess-Masfety y Swendsen, 2020; Aslan, Ochnik y Çınar, 2020). La posible presencia de estrés en los escolarizados puede ocasionar

problemas de carácter psicológico o comportamental e incluso la deserción del estudiante (Maturan y Vargas, 2014).

Los escolarizados de la zona rural de Perú no están exentos de la presencia de estrés académico; es así que, Montoya y Sandoval (2021) encontraron que de una muestra 248 adolescentes de la provincia de Tocache y Lima Este, un 26.6% presenta un estrés académico severo. Así mismo, Alvarez (2021) halló que un 65.1% de estudiantes de quinto de secundaria del distrito de Pachacamac se sintieron estresados teniendo clases virtuales. Por último, Llancari (2019) demostró que un 78.6% de estudiantes escolarizados de una zona rural, presentaban estrés en un nivel medio.

Al hablar de estrés académico se abordan tres dimensiones; los estresores, que son situaciones que desencadenan un desequilibrio en las personas y producen el estrés; los síntomas, que son sus representaciones tanto físicas, psicológicas y comportamentales producto de las situaciones estresoras y por último se tiene a las estrategias de afrontamiento, que desarrollan las personas para restaurar el equilibrio frente a una situación estresora (Barraza, 2006).

Es necesario precisar que, de acuerdo a diferentes estudios, las mujeres suelen percibir mayores situaciones estresantes que los hombres. A su vez, se conoce que la edad puede ser un factor que se relacione con la percepción del estrés (Mather et al, 2010; Estrada et al, 2021).

En base a lo descrito, se plantearon las siguientes preguntas de investigación: ¿Cuál es el nivel de estrés más frecuente en los estudiantes escolarizados de zonas rurales? ¿La presencia de estresores, síntomas y estrategias de afrontamiento en los estudiantes varones se diferencia de las estudiantes mujeres? ¿La presencia de estresores, síntomas y estrategias de afrontamiento en los estudiantes se diferencia por la edad?

MÉTODOS

La población de estudio estuvo conformada por un total de 114 estudiantes escolarizados de una Institución Educativa del Distrito de Cocachacra – Islay (Zona rural peruana). En la población se incluyó a los estudiantes con participación permanente en las actividades académicas en la modalidad virtual con edades dentro de un rango de 15 a 17 años y a los presentaron una respuesta positiva en la primera pregunta dicotómica del Inventario SISCO utilizado para recolectar los resultados. Es decir, se excluyeron a los estudiantes mayores a 17 años, menores de 15 años y a los presentaron una respuesta negativa en la primera pregunta dicotómica del Inventario SISCO.

La muestra quedó conformada por 114 estudiantes escolarizados distribuidos en tres grupos según la edad y el género. Como se puede apreciar en la tabla 1, en el grupo de 15 años participaron 35 estudiantes (13 hombres y 22 mujeres), en el grupo de 16 años participaron 58 estudiantes (24 hombres y 34 mujeres) y en el grupo de 17 años participaron 21 estudiantes (9 hombres y 12 mujeres), siendo un total de 46 hombres y 68 mujeres.

Tabla 4. Cantidad de estudiantes que conforman la muestra de estudio

| Edad | Hombre | Mujer | Total |
|--------------|---------------|--------------|--------------|
| 15 años | 13 | 22 | 35 |
| 16 años | 24 | 34 | 58 |
| 17 años | 9 | 12 | 21 |
| Total | 46 | 68 | 114 |

Se utilizó un diseño no experimental transversal descriptivo para recolectar los resultados a partir de la muestra, este diseño es afín al proceso deductivo (enfoque cuantitativo) de investigación realizada. El instrumento utilizado fue el Inventario de Estrés Académico SISCO SV (Adaptado de Barraza, 2018) que se aplicó de forma individual con una duración aproximada de 30 minutos.

El inventario SISCO SV mide el nivel de estrés académico en estudiantes escolarizados; está constituido por 47 ítems distribuidos en tres dimensiones del estrés académico (estresores, síntomas y estrategias de afrontamiento), 15 ítems cada dimensión. Trabaja con una escala Likert de valor 1 (nunca), 2 (casi nunca), 3 (rara vez), 4 (algunas veces), 5 (casi siempre) y 6 (siempre).

En el baremo para los niveles de estrés académico a nivel general, se consideró un nivel leve a la sumatoria (de los valores de la escala de Likert del inventario SISCO SV) que se ubique un rango de 0 a 104, nivel moderado para un rango de 105 a 123 y nivel severo para una sumatoria mayor o igual a 124. Respecto al Baremo para las dimensiones de estrés académico, en la siguiente tabla se detalla los datos.

Tabla 5. Baremo para las dimensiones de la variable estrés académico

| Dimensiones | Leve | Moderado | Severo | | |
|------------------------------|------------------|-----------------|---------------|--------|---------|
| Estresores | 0-32 | 33-44 | 45 a + | | |
| Síntomas | físicos | 0-12 | 12-18 | 19 a + | |
| | psicológicos | 0-11 | 12-17 | 18 a + | General |
| | comportamentales | 0-8 | 9-11 | 32-46 | 12 a + |
| Estrategias de afrontamiento | 0-33 | 34-43 | 44 a + | | |

La confiabilidad del instrumento utilizado fue excelente en base a los criterios de calificación de Muñiz, 2005; Prieto y Muñiz (2000) citados por Ferrer, Guilera y Però (2011). se obtuvo un alfa de Cronbach de 0.9248 para la dimensión estresores, 0.9518 para la dimensión síntomas y 0.8837 para la dimensión estrategias de afrontamiento.

El instrumento utilizado fue válido en base a la opinión de los expertos, el coeficiente V de Aiken demostró la validez genérica de contenido, ya que los coeficientes de todos los indicadores fueron superiores a 0.8 ($p < 0.01$). De igual forma, el coeficiente V de Aiken indicó que el instrumento presenta validez específica de contenido, puesto que los coeficientes de todos los ítems superaron a 0.75 ($p < 0.01$).

Finalmente, para el análisis de los datos, en principio se utilizó la estadística descriptiva, como el cálculo de frecuencias relativas para el estrés académico en general y sus dimensiones, teniendo en cuenta a la edad y el género de los estudiantes. También se utilizó la estadística inferencial para determinar las diferencias del nivel de estrés (y sus dimensiones) por género y edad, se realizó un Análisis de Varianza y una prueba T de Student para muestras independientes en el software IBM SPSS Statistics 23.

RESULTADOS

En la pandemia por COVID - 19 (año 2020), del total de estrés en una zona rural peruana, un 32.5 % y 33.3 % presentaron un nivel de estrés académico moderado y severo respectivamente. En la siguiente tabla se puede observar que los resultados son los mismos respecto a la frecuencia del nivel de estresores. Respecto a los síntomas de estrés físicos, psicológicos y comportamentales, más de 50 % de los estudiantes se ubican entre un nivel moderado y severo. Finalmente, el 65 % de los estudiantes emplean estrategias de afrontamiento en un nivel moderado y severo.

Tabla 6. Frecuencia del nivel de estrés académico, estresores, síntomas y estrategias de afrontamiento en estudiantes escolarizados en una zona rural peruana durante la pandemia por COVID 19, 2020

| Niveles | Estrés académico | Estresores | Síntomas físicos | Síntoma Psicológicos | Síntomas comportamentales | Estrategias de afrontamiento |
|----------|------------------|------------|------------------|----------------------|---------------------------|------------------------------|
| Leve | 34.2 | 34.2 | 33.3 | 34.2 | 38.6 | 35.1 |
| Moderado | 32.5 | 32.5 | 33.3 | 36.8 | 27.2 | 32.5 |
| Severo | 33.3 | 33.3 | 33.3 | 28.9 | 34.2 | 32.5 |

La mayor frecuencia de un nivel de estrés moderado y severo se encontró en los estudiantes escolarizados del género femenino (Tabla 3). Según el resultado de significancia de la prueba T de Student para muestras independientes ($p = 0.017$), existen diferencias significativas entre el nivel de estrés académico que presentaron los estudiantes escolarizados del género femenino y masculino (con una confianza del 95 %).

Respecto al estrés académico por edad, en la siguiente tabla se observa que, la frecuencia de estrés severo es mayor en edades más altas y la situación es totalmente opuesta respecto al nivel de estrés leve. Sin embargo, el resultado el Análisis de Varianza (ANAVA) ($p = 0.369$) indicó que no existen diferencias

entre el nivel de estrés académico de los estudiantes escolarizados del género femenino y masculino (con una confianza del 95 %).

Tabla 7. Frecuencia del nivel de estrés académico por sexo y edad de los estudiantes escolarizados en zona rural peruana durante la pandemia por COVID 19

| Niveles | Sexo | | Edad | | |
|----------|-----------|----------|---------|---------|---------|
| | Masculino | Femenino | 15 años | 16 años | 17 años |
| Leve | 50.0 | 23.5 | 40.0 | 34.5 | 23.8 |
| Moderado | 26.1 | 36.8 | 40.0 | 25.9 | 38.1 |
| Severo | 23.9 | 39.7 | 20.0 | 39.7 | 38.1 |

Los estudiantes escolarizados del género femenino presentaron mayor frecuencia de estresores (40.7%) y síntomas (42.8%) de estrés académico (Tabla 4); sin embargo, los estudiantes de género masculino presentaron una mayor frecuencia de estrategias de afrontamiento (39.7%). Finalmente, en la siguiente tabla se observa una mayor frecuencia de estresores, síntomas y estrategias de afrontamiento en edades más altas de los estudiantes escolarizados, pero los valores no representan diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 8. Frecuencia del nivel de estrés académico por sus dimensiones, y variables sexo y edad de los estudiantes escolarizados en zona rural peruana durante la pandemia por COVID 19

| Dimensiones del estrés | Sexo | | Edad | | |
|------------------------------|-----------|----------|---------|---------|---------|
| | Masculino | Femenino | 15 años | 16 años | 17 años |
| Estresores | 35.9 | 40.7 | 36.2 | 39.2 | 41.9 |
| Síntomas | 33.4 | 42.8 | 36.9 | 40.1 | 39.3 |
| Estrategias de afrontamiento | 39.7 | 38.1 | 37.9 | 39.2 | 38.9 |

DISCUSIONES

Los resultados indican que no existen diferencias significativas según la edad entre los grupos de estudiantes ($p= 0.369$), por lo que se denota que el estrés académico se encuentra presente en la misma proporción en ambos grupos de estudio. Este hallazgo coincide con lo encontrado por Barraza (2019), quien también afirma que el nivel de escolaridad no tiene ninguna repercusión en la frecuencia de la presencia del estrés académico en los estudiantes. Sin embargo, es importante precisar que en un estudio previo realizado por el mismo Barraza (2010) resalta que la probabilidad de que esto suceda depende de la relación que exista entre las características de los estudiantes y los sucesos experimentados en su entorno. Por lo tanto, existe una posibilidad que el contexto de la pandemia por COVID - 19 sea un factor importante frente al resultado obtenido.

Por otro lado, se encontró que si existen diferencias significativas del estrés académico según el sexo en ambos grupos de estudio (valor $p= 0.017$). Estos resultados difieren con lo encontrado por Alateeq et al.

(2020) los cuales precisan que tanto como mujeres como hombre percibieron un similar estrés académico durante la pandemia por COVID - 19 (de $p = 0.003$ y 0.049 , respectivamente).

Es probable que, debido a que el estudio de Alateeq et al. (2020) se haya realizado cuando recién la Organización Mundial de la Salud declaró oficialmente al COVID - 19 como pandemia, esta situación de incertidumbre haya afectado a los estudiantes por igual ya que no se precisaba ninguna medida que pudiese garantizar el salvaguardar la salud y la vida de las personas, por lo que el nivel de estrés no difirió entre grupos, sin embargo para esta investigación, la medición se realizó a finales del año 2020, cuando los estudiantes ya tenían experiencia con el confinamiento y se implementaron las medidas de adaptación para las clases virtuales. Probablemente, el rango de tiempo diferenciado haya tenido una relación con la forma en cómo se percibió el estrés académico ente los grupos de estudio según el sexo.

A diferencia del estudio anterior, Wang et al. (2020) menciona que si existían diferencias según el sexo entre ambos grupos. Afirman que ser mujer, estudiante y presentar sintomatología física se asocia con la presencia de mayores niveles de estrés.

Así mismo, los resultados de esta investigación refieren que los hombres tienen mayor facilidad de poder enfrentar situaciones estresantes que las mujeres. Este hallazgo coincide con lo encontrado por Amado y Condori (2019) quienes mencionan la existencia de diferencias estadísticamente significativas en los niveles de estrés entre los hombres y mujeres evaluados ($t=3.258$; $p<0.05$), siendo las mujeres quienes tienen mayor estrés que los hombres. Frente a esto, mencionan que las mujeres suelen reaccionar con niveles altos de estrés frente a sus pares hombres, sin embargo, los hombres suelen utilizar estrategias de auto sabotaje para lograr minimizar la presencia del estrés.

CONCLUSIONES

Un 32.5 % y 33.3 % de estudiantes escolarizados en una zona rural peruana presentaron un nivel de estrés académico moderado y severo respectivamente. Estos datos se obtuvieron en el año 2020 caracterizado por la pandemia de la COVID - 19. Se encontró que los mismos porcentajes de estudiantes se enfrentaron a un nivel severo y moderado de estresores; sin embargo, más del 50 % de los estudiantes presentaron un nivel moderado y severo de síntomas físicos, psicológicos y comportamentales. Finalmente, un 65 % de los estudiantes empearon estrategias de afrontamiento en un nivel moderado y severo.

Se encontró que el nivel de estrés académico no es estadísticamente diferente por la variación de edad de los estudiantes. Sin embargo, si existen diferencias significativas del nivel de estrés académico según el género de los estudiantes, siendo el género femenino con mayor frecuencia de un nivel de estrés moderado y severo. Finalmente, fue mayor la frecuencia de estresores (40.7%) y síntomas (42.8%) de

estrés académico para el género femenino; sin embargo, los estudiantes de género masculino presentaron una mayor frecuencia de estrategias de afrontamiento (39.7%).

REFERENCIAS

- Alania, R.D., Llancari, R.A., De la Cruz, M.R., y Ortega, D.I. (2020). Adaptación del cuestionario de estrés académico SISCO SV al contexto de la crisis por COVID-19. *Socialium*, 4(2), 113-130. <http://www.revistasocialium.com/index.php/es/article/view/79/pdf>
- AlAteeq, D., Alijhani, S. y AlEesa, D. (2020). Perceived stress among students in virtual classrooms during the COVID-19 outbreak in KSA. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 15(5), 398-403. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658361220301128>
- Alvarez, M.M. (2021). Diseño de un corto documental para evidenciar el estrés académico generado por las clases virtuales en los estudiantes del 5to grado de secundaria en el contexto de la pandemia por la Covid-19 en una institución educativa privada del distrito de Pachacámac [Tesis de maestría, Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f5034c08-bfae-450d-bcb3-425fb9e7b0fa/content>
- Aslam , I., Ochnik, D. & Çınar, O. (2020). Exploring Perceived Stress among Students in Turkey during the COVID-19 Pandemic. *Int J Environ Res Public Health*, 17(23), 1-16. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17238961>
- Azaola, M.C. (2010). Importancia, significado y participación en la escolarización en zonas rurales Un estudio etnográfico en Michoacán, México. *Perfiles educativos*, 32(130), 67-82. <http://www.scielo.org.mx/pdf/peredu/v32n130/v32n130a5.pdf>
- Barraza, A. (2006). Un modelo conceptual para el estudio del estrés académico. *Revista Psicología Científica*, 8(17). <http://www.psicologiacientifica.com/estres-academico-modelo-conceptual>
- Corvalán, J. (2006). Educación para la población rural en siete países de América Latina. Síntesis y análisis global de resultados por países. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 51(4), 40-79. <https://www.redalyc.org/pdf/4136/413635245003.pdf>
- Estrada, E., Mamani, M., Gallegos, N. y Zuloaga, M. (2021). Estrés académico en estudiantes universitarios peruanos en tiempos de la pandemia del COVID 19. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 40 (1), 1-6. <http://doi.org/10.5281/zenodo.4675923>

- Figuroa, T.A., Montalvo, J., Calderón, A., Arispe, C. (2021). Escuelas rurales en el Perú: factores que acentúan las brechas digitales en tiempos de pandemia (COVID-19) y recomendaciones para reducirlas. *Educación*, 30(58), 11-33. <https://doi.org/10.18800/educacion.202101.001>
- Gaeta , ML.L. y Hernández, P.M. (2009). Estrés y adolescencia: estrategias de afrontamiento y autorregulación en el contexto escolar. *STVDIVM Revista de Humanidades*, 15, 327-344. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3074506.pdf>
- Husky, M.M., Kovess-Masfety, V., Swendsen, J.D. (2020). Stress and anxiety among university students in France during Covid-19 mandatory confinement. *Comprehensive Psychiatry*, 102, 1-3. <https://doi.org/10.1016/j.comppsy.2020.152191>
- Llancari, G. (2019). Estrés en estudiantes del sexto grado de primaria del Distrito de Acobamba Huancavelica [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5233>
- Mather, M., Lighthall, N., Nga, L., & Gorlick, M. (2010). Sex differences in how stress affects brain activity during face viewing. *Neuroreport*, 21(14), 933–937. <http://doi:10.1097/WNR.0b013e32833ddd92>.
- Montoya, R. y Sandoval, H. (2021). Estrés académico y dependencia al teléfono móvil en adolescentes peruanos en el contexto de la pandemia por COVID-19 [Tesis de maestría, Universidad Peruana Unión]. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4430>
- Miriam, Q. (2019). Las consecuencias de la educación escolarizada: Una mirada desde la modernización social rural en el sureste poblano. En *Marejadas rurales y luchas por la vida* (Primera, Vol. 3, pp. 211–227). Asociación Mexicana de Estudios Rurales A.C.
- Wang, C., Pan, R., Wan, X., Tan, Y., Xu, L., Ho, C.S. & Ho, R.(2020). Immediate psychological responses and associated factors during the initial stage of the 2019 Coronavirus Disease (Covid-19) epidemic among the general population in China. *Int J Environ Res Public Health*, 17(5), 1-25. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17051729>

COMUNICACIÓN BREVE

Oportunidades y retos para el cacao fino de aroma peruano

Opportunities and challenges for Peruvian fine-flavor cacao

Lady Cabrera-de-la-Cruz¹, Aladino Cabrera-Campos² y Julio Vidaurre-Ruiz³*

RESUMEN

El notable aumento en el precio del cacao a nivel global ha generado interés tanto en la comunidad científica como en los diversos actores que intervienen en la cadena productiva. La presente comunicación tuvo por objetivo recoger algunas opiniones sobre los retos y mejoras que se deben abordar, desde la perspectiva del pequeño productor, academia y gobierno. Se discute la necesidad de mejorar las variedades nativas de cacao fino de aroma para que sean altamente productivas y resilientes al cambio climático, así como la urgencia de una transferencia efectiva de conocimiento por parte de la academia en la optimización de las condiciones de los procesos de fermentación, secado y tostado, según la variedad de cacao y considerando las condiciones de los productores. También se sugieren acciones para promover el consumo de cacao, como su inclusión en la gastronomía, promoción de sus propiedades nutraceuticas, redefinición de los objetivos de las ferias y formación de escuelas de catadores especializados. Por último, señalamos que es necesario el sinceramiento de intervenciones del estado para evitar la redundancia de esfuerzos, así como la asignación de presupuesto para el cumplimiento del “Plan Nacional de desarrollo de la Cadena Productiva del Cacao y Chocolate al 2030”.

Palabras clave: Cacao, postcosecha, precio, variedades nativas, políticas.

ABSTRACT

The notable increase in the price of cocoa globally has generated interest both in the scientific community and in the many actors involved in the production chain. The objective of this communication was to collect some opinions on the opportunities and challenges that must be addressed from the perspective of small producers, academia and government. The need to improve native varieties of fine-flavor cocoa to be highly productive and resilient to climate change is discussed, as well as the urgency of effective knowledge transfer from academia in optimizing the conditions of fermentation, drying, and roasting processes, according to cocoa variety and considering producers' conditions. Actions to promote cocoa consumption, such as its inclusion in gastronomy, promotion of its nutraceutical properties, redefinition of fair objectives, and formation of specialized taster schools, are also suggested. Finally, it is noted that it is necessary to clarify state interventions to avoid redundant efforts, as well as to allocate a budget to fulfil the “National Plan for the Development of the Cocoa and Chocolate Production Chain by 2030”.

Keywords: Cocoa, postharvest, price, native varieties, policies.

* Autor para correspondencia

¹ Sierra y Selva Exportadora – Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, Perú. Email: lcabrera@sierraexportadora.gob.pe

² Finca Agro apícola La Arboleda, Perú. Email: larboledafinca@gmail.com

³ Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. Email: vidaurrejm@lamolina.edu.pe

INTRODUCCIÓN

El cacao, con su rica historia y diversidad genética, ha sido un elemento fundamental en la cultura y la economía de muchas sociedades a lo largo del tiempo. Desde las antiguas civilizaciones mesoamericanas hasta la actualidad, el cacao ha sido venerado por sus múltiples usos y su inconfundible sabor. En Perú, se han reconocido múltiples variedades nativas de cacao fino de aroma, cada una con características únicas y perfiles de sabor distintos. Entre estas destacan el cacao Chuncho de Cusco, el cacao blanco de Piura y el cacao de Amazonas. Estas variedades no sólo son valoradas por su calidad sensorial, sino también por su importancia cultural y medicinal (Bustamante et al., 2022; Tschardt et al., 2023). Hoy en día, las variedades nativas de cacao representan una oportunidad única en el mercado, tanto por su calidad como por su historia. A pesar de que la mayoría del cacao producido es de calidad estándar (perfil sensorial plano, sin notas aromáticas distintivas), también existen las variedades regionales únicas que ofrecen beneficios de mercado significativos por su alta demanda en el mercado nacional e internacional. A nivel mundial la producción de granos de cacao es liderada por países africanos como Costa de Marfil, Ghana y Nigeria que representan el 67.4%; por otro lado, los países de América Latina con mayor producción son Brasil, Ecuador, Perú y Colombia que constituyen el 15.3% (Figura 1).

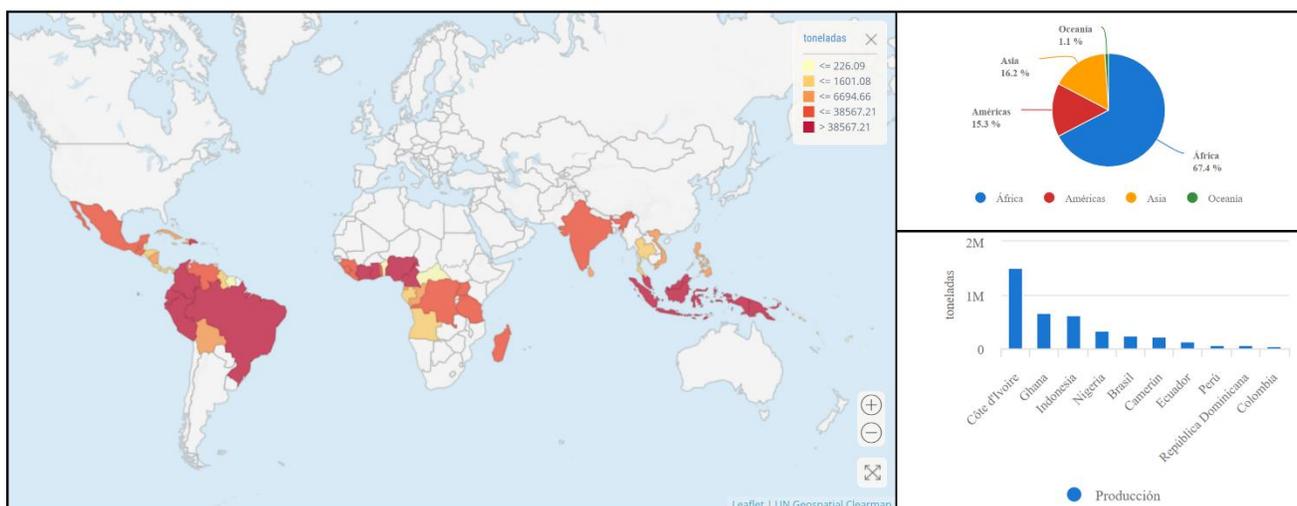


Figura 1. Estadística de producción mundial del cacao (*Theobroma cacao* L.). Fuente: Adaptado de FAOSTAT (2022). La producción nacional de cacao en Perú representa aproximadamente el 60% de la biodiversidad mundial de este cultivo (Gutierrez et al., 2022). En el año 2023, la producción alcanzó las 150.7 mil toneladas, las cuales fueron producidas directamente por 89.8 mil familias pertenecientes a la agricultura familiar. Este resultado marcó un crecimiento del 6.1% en comparación con el año anterior, siendo las principales regiones productoras que contribuyeron a este aumento San Martín, Junín, Ucayali, Huánuco y Cusco (SIEA, 2024). Según datos de Fluctuante (2024), el cual es un portal web de estadísticas de exportaciones peruanas, en el año 2023, las exportaciones de cacao en grano peruano alcanzaron los 219

millones de dólares, equivalentes a 70 mil toneladas. Estas cifras representan un aumento significativo del 39% en valor y del 9% en volumen en comparación con el año anterior. Un aspecto destacado es el cambio en los destinos de las exportaciones, donde Malasia emergió como el principal mercado comprador de cacao peruano, superando a los Países Bajos. Malasia importó un total de 68 millones de dólares, equivalente a 22 mil toneladas de cacao en grano peruano. Estas cifras muestran un impresionante incremento del 325% en valor y del 226% en volumen en relación con el año anterior, lo que indica una creciente demanda y reconocimiento internacional del cacao peruano. Además, el Perú se destaca por su compromiso con la sostenibilidad y la equidad en la producción de cacao. Es el primer productor a nivel mundial en comercializar con doble certificación, tanto orgánica como de comercio justo (*Fairtrade*). Asimismo, el país ocupa el segundo lugar como productor de cacao orgánico a nivel global, según datos de Sierra y Selva Exportadora (Gestion, 2024, Forbes, 2024).

A nivel de variedades producidas en el Perú, se estima que el 56% del área dedicada al cultivo de cacao está ocupada por el clon no nativo CCN-51 (Colección Castro Naranjal 51). Este clon, introducido desde la década de 1970, ha sido seleccionado y mejorado específicamente por su alta productividad. Sin embargo, aún queda un 44% del área cacaotera sembrada con cacao nativo (Ceccarelli et al., 2022; Tschardt et al., 2023). En el Perú se han reconocido múltiples variedades nativas de cacao con distintos perfiles sensoriales, como el cacao Chunchu en las estribaciones andinas del sur de Cusco, el cacao blanco de Piura (también llamado Porcelana) en las llanuras costeras del noroeste, y el cacao de Amazonas, que muestra una mezcla genética con un fuerte antecedente del cacao blanco de Piura. Estas variedades no sólo destacan por sus sabores únicos, sino que también reflejan la rica diversidad genética del cacao peruano (Bustamante et al., 2022; Oliva-Cruz et al., 2021, 2022) (Figura 2).



Figura 2. Diversidad genética de cacaos en Finca La Arboleda (Carretera Las Naranjas Km 6.2, Jaén – Perú).

El cacao fino de aroma peruano se distingue por su calidad sensorial excepcional, caracterizado por notas frutales, florales, herbáceas, amaderadas y especiadas, entre otras (Mejía et al., 2021). El desarrollo completo del perfil sensorial de cacao es producto del cuidado del grano a lo largo de todo el proceso postcosecha (fermentación, secado y tostado). El aroma único del cacao se deriva de una compleja mezcla de más de 600 compuestos químicos, incluyendo alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres y pirazinas. Este cacao fino de aroma es altamente valorado en la industria del chocolate premium a nivel nacional e internacional (Gutierrez et al., 2022).

El reciente incremento en el precio del cacao a nivel mundial ha captado la atención de la comunidad científica y de los actores involucrados en la cadena. Este fenómeno es consecuencia de una combinación de factores, entre los cuales se destacan los eventos climáticos extremos, como sequías e inundaciones, que han afectado a los principales productores mundiales del grano de cacao, como, Costa de Marfil y Ghana. Esta situación ha generado una escasez de cacao a nivel mundial, lo que ha resultado en una reducción en la producción y la oferta a escala global. Esta disminución en la disponibilidad ha impulsado un aumento significativo en los precios internacionales del cacao, alcanzando más de US\$ 6,000 por tonelada en la bolsa de Nueva York hasta la fecha. Se espera que el precio para el cacao fino de aroma sea mayor, dado que sus particulares características y creciente demanda generan un valor adicional en comparación con el cacao convencional o estándar. Hasta el año pasado, esta variedad de cacao se cotizaba hasta el doble del precio promedio nacional, lo que resalta su posicionamiento y preferencia en el mercado. Si bien este hecho podría representar una oportunidad para los productores peruanos, se debe tener en cuenta que el cacao fino de aroma, sólo representa un 5% de la producción total del mercado y que su producción demanda de muchos cuidados, incluso, aún se desconoce cómo protegerlo de ciertas plagas (Díaz-Valderrama et al., 2020; Huaman-Pilco et al., 2023).

No cabe duda que el cambio climático también afectará nuestros cultivos, producto de los cambios fluviales, alteración de la temperatura de la tierra y variación de los ciclos estacionales, por lo tanto, urgen medidas desde la parte técnica, para encarar los cambios. La presente comunicación corta, recoge algunas opiniones sobre los retos y mejoras que se deben abordar, desde la perspectiva del pequeño productor, academia y gobierno; pudiendo servir, como documento de apoyo para los tomadores de decisión a nivel de la industria, academia y estado.

RETOS EN LA CADENA DEL CACAO DE FINO AROMA PERUANO

Implementación de programas de selección y mejoramiento de variedades nativas de cacao fino de aroma

Actualmente el 54% de los agricultores cacaoteros producen material de propagación en sus propias fincas, mientras que sólo el 15% lo obtiene de los 39 viveros del país. Esta realidad es completamente distinta cuando nos comparamos con países vecinos como el Ecuador, el cual cuenta con más de 554 viveros disponibles (Ceccarelli et al., 2022). Las variedades nativas de cacao, aunque pueden ofrecer atributos sensoriales únicos, a menudo no han sido sometidas a un riguroso proceso de selección para lograr altos rendimientos, lo que resulta en una menor y más variable productividad. Es imperativo que se intensifiquen los esfuerzos para caracterizar mejor el material genético del cacao y se promuevan programas de selección y mejoramiento de variedades nativas de cacao fino de aroma. Estos programas no sólo pueden mejorar la productividad y la resistencia a enfermedades, sino que también pueden demostrar a los pequeños agricultores y a las cooperativas la viabilidad de una agricultura altamente productiva y resiliente al cambio climático.

Fortalecimiento del manejo postcosecha del cacao fino de aroma

Es de suma importancia la implementación de prácticas adecuadas de manejo postcosecha del cacao fino de aroma. El establecimiento de parámetros en cada proceso, es de importancia para lograr el desarrollo completo del perfil sensorial. Una fermentación adecuada elimina sabores no deseados y promueve la formación de compuestos aromáticos y de sabor característicos del cacao fino de aroma. Así como, un secado uniforme y controlado es esencial para evitar la proliferación de hongos y garantizar la conservación de las cualidades organolépticas del cacao. La exposición excesiva al sol o la humedad durante el secado pueden comprometer la calidad del producto final, afectando su aroma y sabor. El tostado es donde se desarrollan aún más los sabores y aromas característicos del cacao fino de aroma. El tostado adecuado requiere un equilibrio cuidadoso entre temperatura y tiempo para resaltar las notas deseables y eliminar posibles sabores amargos o astringentes (Valle-Epquín et al., 2020). Si bien las condiciones de trabajo de los productores en el Perú son diferentes, se tiene que recurrir a la academia para la realización de investigaciones aplicativas, con la finalidad de estandarizar los procesos y lograr una plena transferencia de conocimientos.

Promoción y articulación comercial efectiva de la cadena de cacao fino de aroma

Para impulsar el consumo de cacao y sus derivados, es fundamental promocionar activamente sus propiedades nutraceuticas y su versatilidad en la gastronomía peruana. Una estrategia eficaz es aprovechar las redes sociales y otros canales de difusión nacional para educar al público sobre sus beneficios. También es importante la reevaluación de las normas de etiquetado para productos que contienen pasta de cacao, ya que, al contener grasa saturada de forma natural, no deberían tener un símbolo que perjudique su promoción en el consumo. Además, es esencial redefinir los objetivos de las ferias de cacao y chocolate, enfocándolas en el posicionamiento de marcas emergentes y facilitando nuevos acercamientos comerciales. Estas ferias deben convertirse en plataformas para destacar la calidad y la diversidad de los productos de cacao peruano, atrayendo tanto a consumidores nacionales como internacionales. Por otro lado, la formación de escuelas de catadores especializados en cacao puede jugar un papel crucial en la promoción y apreciación de la calidad del cacao peruano, ampliando así, el grupo reducido catadores de cacao que actualmente cuenta Perú.

Evaluación de políticas en la cadena de cacao implementadas hasta la fecha

Para lograr una evaluación efectiva, es necesario establecer un padrón de productores y organizaciones agrarias que permita visualizar claramente las intervenciones en curso. Esta información es crucial para evitar la redundancia de esfuerzos dentro de la misma cadena y garantizar una asignación eficiente de recursos por parte del MIDAGRI. Así mismo, es importante la evaluación del cumplimiento del Plan Nacional de desarrollo de la Cadena Productiva del Cacao y Chocolate 2020-2030, así como su sinceramiento en la asignación de presupuesto por parte del gobierno.

CONCLUSIONES

Si bien el cacao fino de aroma peruano tiene el potencial de destacarse en el mercado global debido a sus características sensoriales únicas y a la creciente demanda de productos de alta calidad, también enfrenta desafíos significativos, como la necesidad de mejorar la selección y el mejoramiento de variedades nativas, fortalecer el manejo postcosecha y promover una articulación comercial efectiva. Sin embargo, con el compromiso de los productores, el apoyo de instituciones gubernamentales y la colaboración de la academia y la industria, el cacao fino de aroma peruano puede convertirse en un referente mundial de calidad y sostenibilidad en la producción de cacao.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustamante, D. E., Motilal, L. A., Calderon, M. S., Mahabir, A., & Oliva, M. (2022). Genetic diversity and population structure of fine aroma cacao (*Theobroma cacao* L.) from north Peru revealed by single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *10*. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.895056>
- Ceccarelli, V., Lastra, S., Loor Solórzano, R. G., Chacón, W. W., Nolasco, M., Sotomayor Cantos, I. A., Plaza Avellán, L. F., López, D. A., Fernández Anchundia, F. M., Dessauw, D., Orozco-Aguilar, L., & Thomas, E. (2022). Conservation and use of genetic resources of cacao (*Theobroma cacao* L.) by gene banks and nurseries in six Latin American countries. *Genetic Resources and Crop Evolution*, *69*(3), 1283–1302. <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01304-3>
- Díaz-Valderrama, J. R., Leiva-Espinoza, S. T., & Aime, M. C. (2020). The History of Cacao and Its Diseases in the Americas. *Phytopathology*®, *110*(10), 1604–1619. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-20-0178-RVW>
- FAOSTAT. (2022). Base de datos estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Granos de cacao. Información hasta el 2022. Recuperado el 01 de marzo del 2024. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es>.
- Forbes. (2024). Los altos precios internacionales del cacao mejorarán la rentabilidad de los productores peruanos, asegura el Gobierno. Recuperado el 23 de febrero del 2024. Disponible en: <https://forbes.pe/economia-y-finanzas/2024-02-23/los-altos-precios-internacionales-del-cacao-mejoraran-la-rentabilidad-de-los-productores-peruanos-asegura-el-gobierno>
- Fluctuante. (2024). Estadísticas de exportaciones peruanas. Granos de cacao. Recuperado el 01 de marzo del 2024. Disponible en: <https://fluctuante.lat/>
- Gestión. (2024). Precio internacional del cacao rompió récord histórico. Recuperado el 23 de febrero del 2024. Disponible en: https://gestion.pe/economia/precio-internacional-del-cacao-rompio-record-historico-midagri-cultivos-noticia/#google_vignette
- Gutierrez, E. A., Caetano, A. C., Hoyos, Y. R., Santos, M. G., & Espinoza, S. L. (2022). Physicochemical and organoleptic profile of the native fine aroma cocoa from northeastern area of Peru. *Food Science and Technology*, *42*. <https://doi.org/10.1590/fst.06422>
- Huaman-Pilco, A. F., Torres-de la Cruz, M., Aime, M. C., Leiva-Espinoza, S. T., Oliva-Cruz, S. M., & Díaz-Valderrama, J. R. (2023). First Report of Thread Blight Caused by *Marasmius tenuissimus* on

Cacao (*Theobroma cacao*) in Peru. *Plant Disease*, 107(1), 219. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-22-0420-PDN>

- Mejía, A., Meza, G., Espichán, F., Mogrovejo, J., & Rojas, R. (2021). Chemical and sensory profiles of Peruvian native cocoas and chocolates from the Bagua and Quillabamba regions. *Food Science and Technology*, 41(suppl 2), 576–582. <https://doi.org/10.1590/fst.08020>
- Oliva-Cruz, M., Goñas, M., Bobadilla, L. G., Rubio, K. B., Escobedo-Ocampo, P., García Rosero, L. M., Rojas Briceño, N. B., & Maicelo-Quintana, J. L. (2022). Genetic Groups of Fine-Aroma Native Cacao Based on Morphological and Sensory Descriptors in Northeast Peru. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.896332>
- Oliva-Cruz, M., Goñas, M., García, L. M., Rabanal-Oyarse, R., Alvarado-Chuqui, C., Escobedo-Ocampo, P., & Maicelo-Quintana, J. L. (2021). Phenotypic Characterization of Fine-Aroma Cocoa from Northeastern Peru. *International Journal of Agronomy*, 2021, 1–12. <https://doi.org/10.1155/2021/2909909>
- SIEA. (2024). Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. Perfil productivo y competitivo de los principales cultivos del sector. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Recuperado el 01 de marzo del 2024.
- Tscharntke, T., Ocampo-Ariza, C., Vansynghel, J., Ivañez-Ballesteros, B., Aycart, P., Rodriguez, L., Ramirez, M., Steffan-Dewenter, I., Maas, B., & Thomas, E. (2023). Socio-ecological benefits of fine-flavor cacao in its center of origin. *Conservation Letters*, 16(1). <https://doi.org/10.1111/conl.12936>
- Valle-Epquín, M. G., Balcázar-Zumaeta, C. R., Auquiñivín-Silva, E. A., Fernández-Jeri, A. B., Idrogo-Vásquez, G., & Castro-Alayo, E. M. (2020). The roasting process and place of cultivation influence the volatile fingerprint of Criollo cocoa from Amazonas, Peru. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 599–610. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.04.16>



 ¡Hola Revista PAKAMUROS !

 pakamuros@unj.edu.pe

 <https://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros>

 Carretera Jaén - San Ignacio Km24 - sector Yanuyacu - Jaén
Módulo de Ing. Civil - 4° piso