



# Scientia Agropecuaria

Web page: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Facultad de Ciencias  
Agropecuarias

Universidad Nacional de  
Trujillo

## RESEARCH ARTICLE



### Effect of five cooking methods on the physicochemical, nutritional and sensory characteristics of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Efecto de cinco métodos de cocción en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)

Miriam Ramos<sup>1</sup>, \* ; Rolys Bustillos<sup>2</sup> ; Salomón Santolalla<sup>3</sup> ; Tarsila Tuesta<sup>4</sup> ; Reynaldo Silva-Paz<sup>5</sup> ; Oscar Jordán-Suárez<sup>6, 7</sup> 

<sup>1</sup> Departamento Académico de Ingeniería de Alimentos y Productos Agropecuarios, Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

<sup>2</sup> Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú.

<sup>3</sup> Departamento Académico de Ingeniería Agronómica, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Hermilio Valdizán, Huánuco, Perú.

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería Química y Textil, Universidad Nacional de Ingeniería, Grupo de Investigación en Alimentos (GIA-FIQT-UNI), Lima, Perú.

<sup>5</sup> Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.

<sup>6</sup> Facultad de Ciencias de los Alimentos, Universidad Le Cordon Bleu, Lima, Perú.

<sup>7</sup> Facultad de Ingeniería Pesquera y de Alimentos, Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Ica, Perú.

\* Corresponding author: [meramos@lamolina.edu.pe](mailto:meramos@lamolina.edu.pe) (M. Ramos).

Received: 26 November 2022. Accepted: 21 June 2023. Published: 10 July 2023.

#### Abstract

This study aimed to evaluate the effect of five cooking methods (steam, grill, oven, frying and microwave) on farm-raised rainbow trout's sensory acceptability, physicochemical characteristics, and nutritional value. A survey was conducted with 307 consumers to create a marinade made with salt, garlic, cumin and pepper. The filets marinated in this mixture were cooked, and photographs were taken to determine their sensory profile using the Check All That Apply (CATA) method, as well as their appearance through both visual (n = 289) and virtual (n = 100) surveys. Similarity was found between the sensory attribute maps for frying, oven and grilling in both evaluation methods. Significant differences (p < 0.05) in proximal composition were observed between the cooking techniques studied because of their technological parameters. The methods with the best visual acceptability were frying and microwave, and they caused an increase in the peroxide index. The n-6/n-3 ratio for both techniques (3.62 and 2.05) was within the requirement, being higher in frying due to the predominance of Omega 6 fatty acids incorporated by the oil used. This study demonstrated that the Peruvian consumer prefers cooking techniques characterized by ease of preparation and marked the development of color and texture attributes.

**Keywords:** rainbow trout; cooking; frying; microwave; fatty acids; sensory.

#### Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de cinco métodos de cocción (vapor, plancha, horno, microondas, frito) en las características fisicoquímicas, valor nutricional y aceptabilidad sensorial de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) de origen piscícola. Se aplicó una encuesta a 307 consumidores para definir la formulación de la solución de adobado constituida por sal, ajos, comino y pimienta. Los filetes marinados en esta solución fueron cocinados por cada método y se registraron fotografías para la determinación de los perfiles sensoriales mediante el método CATA (*Check All That Apply*), así como la aceptabilidad de la apariencia mediante la evaluación virtual (n = 289) y presencial (n = 100). En ambas modalidades se encontró una similitud entre los mapas de atributos sensoriales para el frito, horneado y a la plancha. Se evidenciaron diferencias significativas (p < 0,05) en la composición proximal entre las técnicas estudiadas como consecuencia de los parámetros tecnológicos de cocción. El frito y microondas obtuvieron la mayor aceptabilidad en apariencia y ocasionaron un incremento del índice de peróxido. La relación n-6/n-3 para ambas técnicas (3,62 y 2,05) se ubicó dentro del requerimiento, siendo mayor en la fritura debido al predominio de ácidos grasos Omega 6 incorporados por el aceite empleado. La elección de estos dos métodos demuestra que el consumidor peruano aprueba técnicas caracterizadas por la facilidad de preparación y un marcado desarrollo de atributos de color y textura.

**Palabras clave:** trucha arcoiris; cocción; fritura; microondas; ácidos grasos; sensorial.

DOI: <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2023.022>

#### Cite this article:

Ramos, M., Bustillos, R., Santoolalla, S., Tuesta, T., Silva-Paz, R., & Jordán-Suárez, O. (2023). Efecto de cinco métodos de cocción en las características fisicoquímicas, nutricionales y sensoriales de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). *Scientia Agropecuaria*, 14(2), 247-257.

## 1. Introducción

La producción mundial de trucha ha experimentado un crecimiento de 495,7 a 959,6 miles de toneladas entre el 2000 – 2020, siendo Noruega y Chile los principales productores (FAO, 2022). Esta misma tendencia se ha observado en el Perú durante el periodo 2012 - 2021, habiendo alcanzado 51,649 t (Ministerio de la Producción, 2022). La comercialización en el mercado interno se orienta al rubro gastronómico y la diferencia se destina a la exportación.

La trucha constituye una alternativa a los alimentos proteicos como la carne y el huevo, y destaca por su composición en ácidos grasos como el Omega 3, caracterizado por sus múltiples beneficios para la salud (Karimian-Khosroshahi et al., 2016). La calidad nutricional y sensorial de la trucha fresca está influenciada por el tipo de alimento, sistema de cultivo, la calidad del agua, factores geográficos y la forma de sacrificio (Uiuiu et al., 2020). El consumo habitual de trucha implica someterla a un tratamiento de cocción con el cual se asegura la calidad higiénica y se incrementa la digestibilidad proteica. A su vez ocurren cambios en los atributos sensoriales de textura, sabor, color y aroma originados por la pérdida de agua, desnaturalización de proteínas y pardeamiento no enzimático; colateralmente se promueve la degradación de los ácidos grasos poliinsaturados debido a la oxidación de lípidos (Flaskerud et al., 2017).

La oferta gastronómica de trucha frecuentemente involucra el empleo de técnicas como el fritado, la parrilla y la plancha. Esto mismo conduce a la obtención de características sensoriales propias de cada método de cocción y el acondicionamiento previo (marinado) que el consumidor prefiere de acuerdo con sus patrones de consumo (Feng et al., 2020). La forma de preparación implica el empleo de insumos culinarios que ocasionan cambios en su composición química y atributos de calidad sensorial. Dado que la preparación de la trucha no se encuentra estandarizada, la percepción del consumidor es variable y se desconoce la influencia de los métodos de cocción tradicionales u otras formas de cocción en la aceptabilidad sensorial.

Se ha estudiado el efecto de técnicas como el fritado, horneado, cocción a vapor y al vacío (*sous vide*) en la aceptabilidad sensorial de filetes de esturión y salmón, que otorgan características diferenciadas en cuanto al sabor, color y la textura (Feng et al., 2020; Głuchowski et al., 2019). Esto último refleja la importancia de tomar la opinión de los consumidores en cuanto a las características principales que prefieren en los productos, lo cual

puede ser investigado mediante métodos descriptivos rápidos que ofrecen respuestas equivalentes a las de un juez entrenado (Tárrega, 2022).

Recientemente se viene empleando encuestas *on-line* para la evaluación sensorial en relación con la apariencia (Oliveira & Silva et al., 2020). En este sentido, el estudio del perfil descriptivo sensorial es considerado como el punto de partida para conocer las características sensoriales que posee un producto y sobre esta presentar estrategias de mejora que se encuentren alineadas a las exigencias del consumidor.

Debido a la limitada información sobre el efecto de métodos de cocción en las características sensoriales de la trucha empleando herramientas virtuales de análisis, se planteó como objetivo evaluar el efecto de cinco métodos de cocción en las características fisicoquímicas, valor nutricional y aceptabilidad sensorial de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*).

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Muestra

Se recolectaron tres lotes de 15 kg de trucha en su etapa comercial (~9 meses) de la piscigranja de Vilcabamba, provincia de Daniel Alcides Carrión, región de Pasco siguiendo las buenas prácticas acuícolas y procedimientos de muestreo por lote. Se aplicó un sacrificio tradicional (asfixia). Luego, fueron escamadas y evisceradas de manera manual y fileteadas mediante un corte dorsal para su caracterización. Estas se mantuvieron refrigeradas por 36 horas hasta su análisis y preparación.

### 2.2 Estudio de los métodos de cocción

#### 2.2.1 Preparación y cocción de los filetes de trucha

Los filetes eviscerados (<7 °C) fueron adobados por inmersión durante un minuto bajo refrigeración (Adaptado de Ortega-Heras et al., 2020) empleando una relación de 1:0,6 (filetes/solución de adobado). Esta última compuesta por sal (1,5%), zumo de ajo (1,8%), comino (0,1%) y pimienta (0,1%) y la diferencia por agua. Posteriormente, fueron drenados antes de someterse a los métodos de cocción (Baylan et al., 2016) bajo las condiciones descritas en la Figura 1. Estos tratamientos fueron realizados a 3430 msnm (punto de ebullición H<sub>2</sub>O ~ 95 °C) y cuyas coordenadas geográficas responden a una Latitud: -10.513344 y Longitud: -76.443550.

#### 2.2.2 Encuesta con consumidores

La generación de descriptores sensoriales de trucha cocida y selección de ingredientes de adobado se realizó a través de una encuesta virtual mediante

un formulario Google de acuerdo con las recomendaciones de Oliveira & Silva et al. (2020) con la participación de 307 consumidores (56,4% mujeres y 43,6% varones, con edades entre 18 a 50 años). Se emplearon las fotografías adquiridas de los filetes de trucha sometidos a cinco métodos de cocción (vapor, plancha, horno, microondas, frito). Además, se solicitó a los consumidores mencionar qué ingredientes emplear para la preparación de los filetes previo a su cocción, seleccionando a los tres más mencionados.

## 2.3 Métodos para la caracterización de trucha fresca, filetes crudos y cocidos

### 2.3.1 Análisis sensorial en trucha fresca

Como indicador de frescura se analizaron sensorialmente las truchas enteras de acuerdo con la NTP ISO 4121:2008 (INACAL, 2019a) en cuanto al olor, aspecto y sabor.

### 2.3.2 Peso, rendimiento y talla

El peso y rendimiento se determinó mediante una balanza digital de 30 kg de capacidad (Marca Betler®). Se reportaron los pesos de 24 truchas muestreadas distribuidas en tres lotes y para los rendimientos se tuvo en cuenta el peso de la trucha fresca entera y eviscerada (Eslava, 2009). Para medir la talla (cm) se utilizó un escalímetro manual de escala 1/100 (Maped®).

### 2.3.3 Análisis proximal, pH y nitrógeno amoniacal

La composición proximal se realizó de acuerdo con los métodos de la AOAC (2007). El pH según NTP ISO 2917 (INACAL, 2005), mientras que el nitrógeno amoniacal mediante lo descrito en la NTP ISO 201.032:1982 (INACAL, 2015).

### 2.3.4 Adquisición de imágenes y análisis de color

Se adquirieron imágenes (fotografías) de la trucha fresca entera (n = 24), los filetes crudos (n = 24) y

los filetes cocidos (por triplicado). Cada pieza fue colocada en platos blancos sobre una superficie oscura y fotografiados bajo iluminación artificial empleando una cámara de celular Xiaomi redmi 10 de 64 MP fijada a un trípode ubicado a 40 cm del objetivo dispuesto de una lámpara de 50 watts para todas las muestras, con un ángulo cenital.

El color se determinó mediante el análisis de imágenes adquiridas previamente, las cuales fueron procesadas empleando el *software* ImageJ® para obtener los parámetros de color en el espacio RGB y posteriormente fueron transformados a la escala CIElab de acuerdo con la metodología adaptada de Sunoj et al. (2018).

### 2.3.5 Índice de peróxido

Se realizó para las truchas sometidas a las cinco técnicas de cocción mediante el método volumétrico para alimentos de origen animal (AOAC, 2007).

### 2.3.6 Perfil de ácidos grasos

Se siguió las directrices de la familia de normas ISO 12966 partes 1, 2 y 4 (ISO, 2014, 2015, 2017) referente a la cuantificación de grasas y aceites de origen animal y vegetal mediante cromatografía de gases. La cual describe las etapas de extracción de la grasa, metilación de ácidos grasos y cromatografía.

### 2.3.7 Análisis sensorial CATA

Se empleó una ficha incluyendo los 18 términos seleccionados por un panel interno a partir de la encuesta inicial (Moussaoui & Varela, 2010).

Para describir características sensoriales y evaluar la aceptabilidad se aplicó una evaluación con 289 (50,9% mujeres y 49,1% varones, entre 18 a 50 años) y 100 consumidores (70% mujeres y 30% varones, entre 20 a 61 años) de forma virtual y presencial, respectivamente.

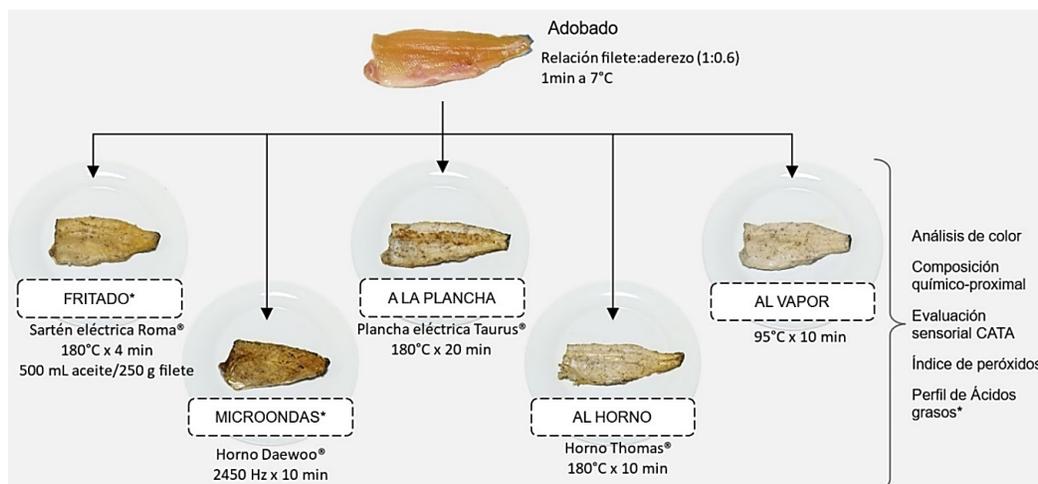


Figura 1. Metodología del estudio de cocción.

Adicionalmente en el formulario virtual se solicitó opciones de acompañamiento para la presentación de la trucha cocida. La aceptabilidad de la apariencia fue evaluada empleando una escala de 1 a 9 puntos (Pio Ávila et al., 2019). Se compararon las respuestas del análisis virtual versus el presencial para identificar correspondencia.

### 2.4 Análisis de datos

Los tratamientos de los cinco métodos de cocción fueron caracterizados en los parámetros colorimétricos, composición proximal, índice de peróxido, aceptabilidad sensorial y perfil de ácidos grasos siguiendo un Diseño Completamente al Azar (DCA). Se analizaron mediante un ANOVA, seguido de la prueba de contraste de Tukey a un 95% de confiabilidad.

Los datos del análisis CATA se trabajaron con un análisis de correspondencia y la prueba de Q de Cochran para encontrar diferencias significativas de atributos según el método de cocción, utilizando el programa XLSTAT 2023. Para encontrar la similitud o disimilitud entre los espacios sensoriales del entorno virtual versus el presencial se aplicó el Análisis Jerárquico de Factores Múltiples (HFMA) empleando el Software R Project 4.1.0.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1 Características de calidad de la trucha fresca entera y en filetes

La trucha entera reportó un color, aspecto y sabor "Bueno"; comparado con los criterios organolépticos para pescado fresco y cocido (sabor), muestran

su cercanía al máximo grado de frescura. Se observa una variación de los parámetros colorimétricos (Figura 2) entre el color de la trucha entera (externo) versus filetes (interno). En cuanto al color de los filetes, la luminosidad (L\*) fue 55,77 y para las coordenadas a\* y b\*, 10,15 y 28,13. Al respecto, Ayvaz et al. (2017) analizaron el color basado en el análisis de imágenes, reportando L\* = 66,38 a 67,88 y en los índices a\* = 28,24 - 32,23; b\* = 28,89 - 32,89. En contraste al estudio de García-Macías et al., (2006), quienes emplearon otra técnica de análisis para tres variedades de trucha y cuatro intervalos de peso (L\* = 43,02 a 47,53; a\* = -0,35 a -1,50; b\* = 8,34 a 10,07), encontrando variabilidad. Por lo general, en pescados y truchas, predomina el color blanco debido a la carencia de pigmentos musculares como mioglobina (García-Macías et al., 2006) pero que pueden variar de acuerdo con el alimento suministrado y la inclusión de pigmentos (D'Souza et al., 2016). Esto tiene un impacto en el valor comercial, así como en el tamaño, la forma y el color de la piel (Colihueque et al., 2011).

En relación con peso y talla se ha observado valores inferiores a otros estudios. Por el contrario, existe similitud a los valores de trucha comercial (265 g) y talla de 27 cm, indicadores que están asociados a la fase de engorde y de los requerimientos del mercado del piscicultor (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero, 2004). Productores regionales (Apurímac) manifiestan que el 75% pesan en promedio de 200 a 250 g, mientras el 19% entre 250 y 350 g, el 4,8% menores a 200 g y finalmente, un 4,8% con pesos mayores a 350 g (Zárate et al., 2018).

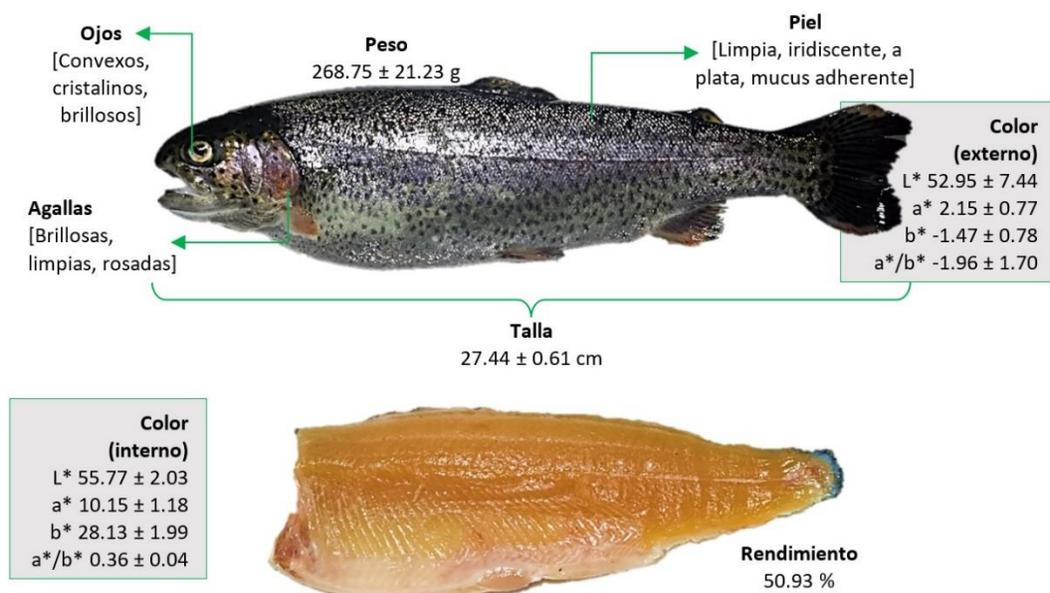


Figura 2. Características de la trucha entera y filetes.

**Tabla 1**

Características fisicoquímicas de los filetes de trucha cruda y cocidos por cinco métodos de cocción

Características	Cruda	A vapor	Microondas	A la plancha	Fritado	Horno
Humedad (%)	73,87±0,06 <sup>a</sup>	70,85±0,14 <sup>b</sup>	38,95±0,08 <sup>f</sup>	62,24±0,09 <sup>d</sup>	57,61±0,14 <sup>e</sup>	67,11±0,01 <sup>c</sup>
Proteína (%)	18,62±0,02 <sup>f</sup>	22,48±0,00 <sup>e</sup>	43,60±0,14 <sup>a</sup>	27,55±0,06 <sup>b</sup>	26,89±0,00 <sup>c</sup>	25,24±0,00 <sup>d</sup>
Grasa (%)	5,80±0,03 <sup>c</sup>	5,28±0,11 <sup>d</sup>	13,43±0,01 <sup>a</sup>	7,75±0,10 <sup>b</sup>	13,41±0,02 <sup>a</sup>	5,94±0,09 <sup>c</sup>
Ceniza (%)	1,65±0,11 <sup>cd</sup>	1,37±0,01 <sup>d</sup>	4,00±0,04 <sup>a</sup>	2,45±0,17 <sup>b</sup>	2,11±0,03 <sup>bc</sup>	1,76±0,03 <sup>cd</sup>
Nitrógeno amoniacal (mg/100g)	12,01±0,25	-	-	-	-	-
pH	6,39±0,02	-	-	-	-	-
Índice de peróxido (meq/kg grasa extraída)	-	1,34±0,01 <sup>b</sup>	4,00±0,04 <sup>a</sup>	No detectable	3,99±0,01 <sup>a</sup>	No detectable
Valor energético (kcal/100 g)	126,90±0,34 <sup>f</sup>	137,40±0,95 <sup>e</sup>	295,27±0,69 <sup>a</sup>	179,95±1,12 <sup>c</sup>	228,21±0,19 <sup>b</sup>	154,38±0,83 <sup>d</sup>
L*	55,77±1,03 <sup>c</sup>	74,58±0,49 <sup>a</sup>	49,00±1,77 <sup>d</sup>	64,42±0,82 <sup>b</sup>	65,08±3,52 <sup>b</sup>	74,21±0,53 <sup>a</sup>
a*	10,15±0,09 <sup>a</sup>	0,48±0,44 <sup>d</sup>	8,61±1,04 <sup>b</sup>	2,71±0,34 <sup>c</sup>	2,74±0,39 <sup>c</sup>	0,08±0,02 <sup>d</sup>
b*	28,13±0,96 <sup>b</sup>	19,59±0,61 <sup>c</sup>	39,79±1,72 <sup>a</sup>	27,90±1,27 <sup>b</sup>	40,49±1,30 <sup>a</sup>	23,03±1,50 <sup>c</sup>
a*/b*	0,36±0,01 <sup>a</sup>	0,02±0,02 <sup>d</sup>	0,22±0,02 <sup>b</sup>	0,10±0,01 <sup>c</sup>	0,07±0,01 <sup>c</sup>	0,00±0,00 <sup>d</sup>

El rendimiento de filete obtenido (63,96%) resultó superior en comparación a truchas de variedades danesas, americanas y mexicanas (53,14 a 55,25%) clasificadas en función a cuatro intervalos de peso (García-Macías et al., 2006). Se ha observado que a mayor ganancia de peso el rendimiento en filete se incrementa (Crouse et al., 2018). El peso y talla encontrados reflejan patrones comerciales del mercado peruano, condicionado por la practicidad de manejo, optando por piezas más pequeñas con fines de recolección, transporte y formas de consumo. Adicionalmente, esta variabilidad es atribuida al sistema de crianza, genética de la trucha, técnicas de manejo de crecimiento y recolección de truchas para su comercialización (Colihueque et al., 2011).

La composición química de los filetes (Tabla 1) es próxima a los estudios realizados por D'Souza et al. (2016) con una variación en el tenor graso y con predominio de los ácidos grasos poliinsaturados atribuible a factores como el sistema de alimentación, zona geográfica y el clima, los cuales podrían influir en la pigmentación del músculo, tamaño, madurez sexual y rendimiento (Asadi et al., 2021; Castro-González & Carrillo-Domínguez, 2015; D'Souza et al., 2016; Karimian-Khosroshahi et al., 2016). A lo anterior se suma la influencia de los parámetros fisicoquímicos del agua (temperatura, concentración de oxígeno, de minerales, conductividad eléctrica, dureza, nitritos, nitratos, alcalinidad total), calidad genética, procedencia de las ovas embrionadas y su manejo productivo.

Un indicador de la frescura de las truchas es el nitrógeno volátil total (NVT) representado en mayor proporción por el nitrógeno amoniacal (Tabla 1). Este último se encontró por debajo del máximo permisible (30 mg/100g) cuyos niveles aumentan a medida que transcurre el almacenamiento debido a

la degradación autocatalítica de nucleótidos y aminoácidos libres como sostiene Ayvaz et al. (2017).

El valor de pH de los filetes (6,39) se ubicó en el rango de 5,8 a 6,8 reglamentado por INACAL (2019b) y semejantes al estudio de Ayvaz et al. (2017), donde se han reportado de 6,26 a 6,41 en truchas crudas y que la salazón puede provocar una reducción de éste. Asimismo, se encontró un valor próximo al pH de peces procedentes del sacrificio por unos métodos alternativos (6,52) versus el tradicional (6,53) donde no se registraron diferencias entre ambas técnicas (Díaz-Villanueva y Robotham, 2015).

## 3.2 Estudio de los métodos de cocción

### 3.2.1 Propuesta de ingredientes en la solución de adobado

La mayoría de los encuestados procedieron de la costa y sierra (92,1%), mientras en menor porcentaje de la selva. Los ingredientes que obtuvieron el mayor número de menciones fueron la sal, ajos y especias (comino y pimienta) los cuales son característicos y frecuentes en la gastronomía peruana. Alternativamente, los participantes propusieron incluir ingredientes tales como orégano, kion o jengibre y variedades de ajíes (mirasol y panca). Esta elección refleja patrones culturales típicos de cada región, así como la accesibilidad de ingredientes, encontrando relación con componentes comunes en la preparación de potajes típicos según la región.

### 3.2.2 Perfil descriptivo y aceptabilidad de los métodos de cocción

Los mapas sensoriales generados en las evaluaciones (virtual y presencial) explicaron un 97,10 y 78,45% de los datos. Se formaron cuatro grupos con características sensoriales próximas en las dos

modalidades de evaluación (Figura 3). El Análisis Jerárquico de Factores Múltiples (HFMA) muestra una similitud entre los perfiles sensoriales del frito (985), horneado (798) y a la plancha (243), mientras que los tratamientos de microondas (124) y el vapor (653) muestran diferencias entre ambas encuestas

de acuerdo con lo mostrado con las coordenadas de nubes parciales (Figura 4). El HMFA es empleado como herramienta de comparación del grado de verbalización de paneles al comparar las mismas muestras (Bécue-Bertaut & Lê, 2011; Le Dien & Pagès, 2003).

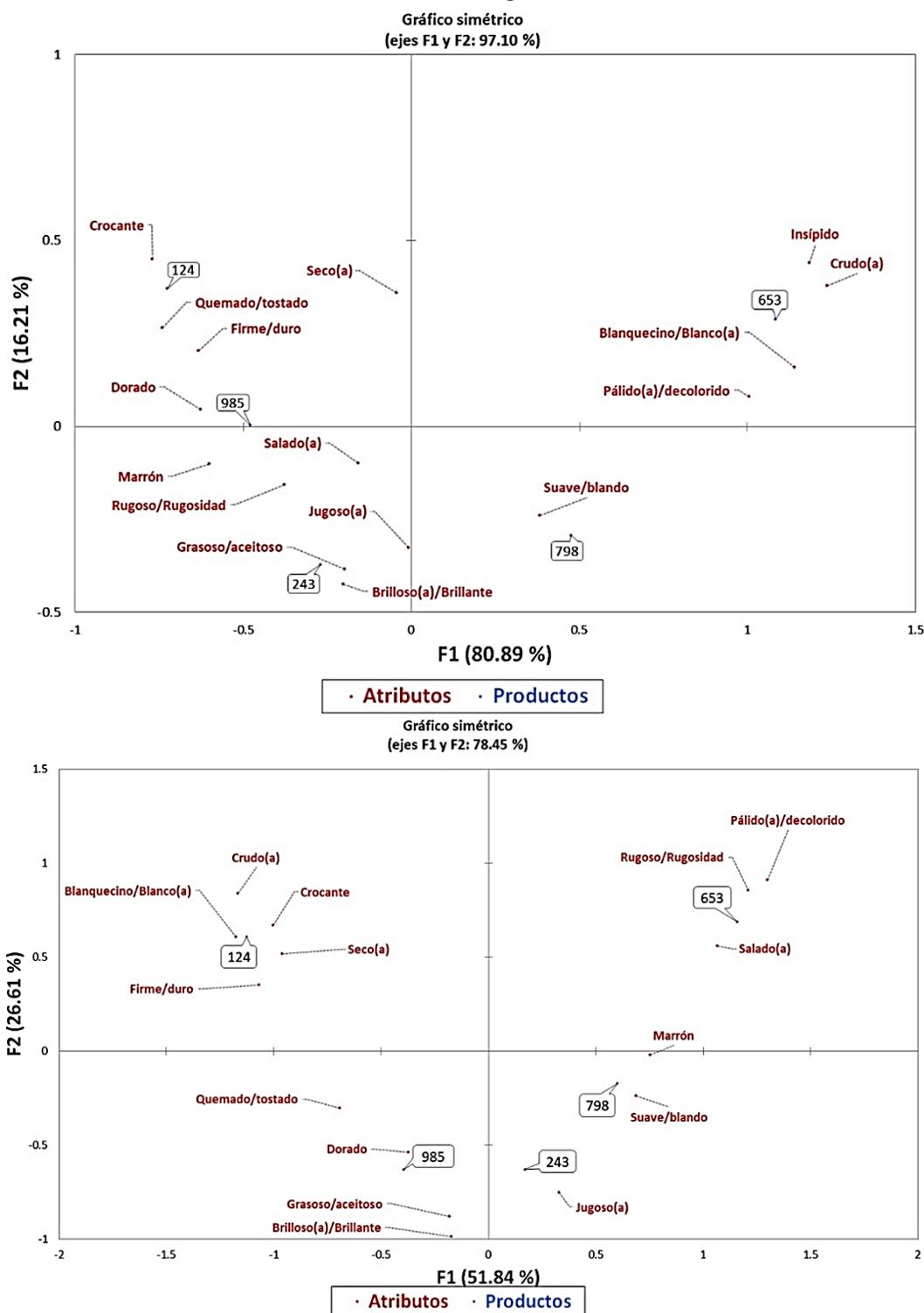
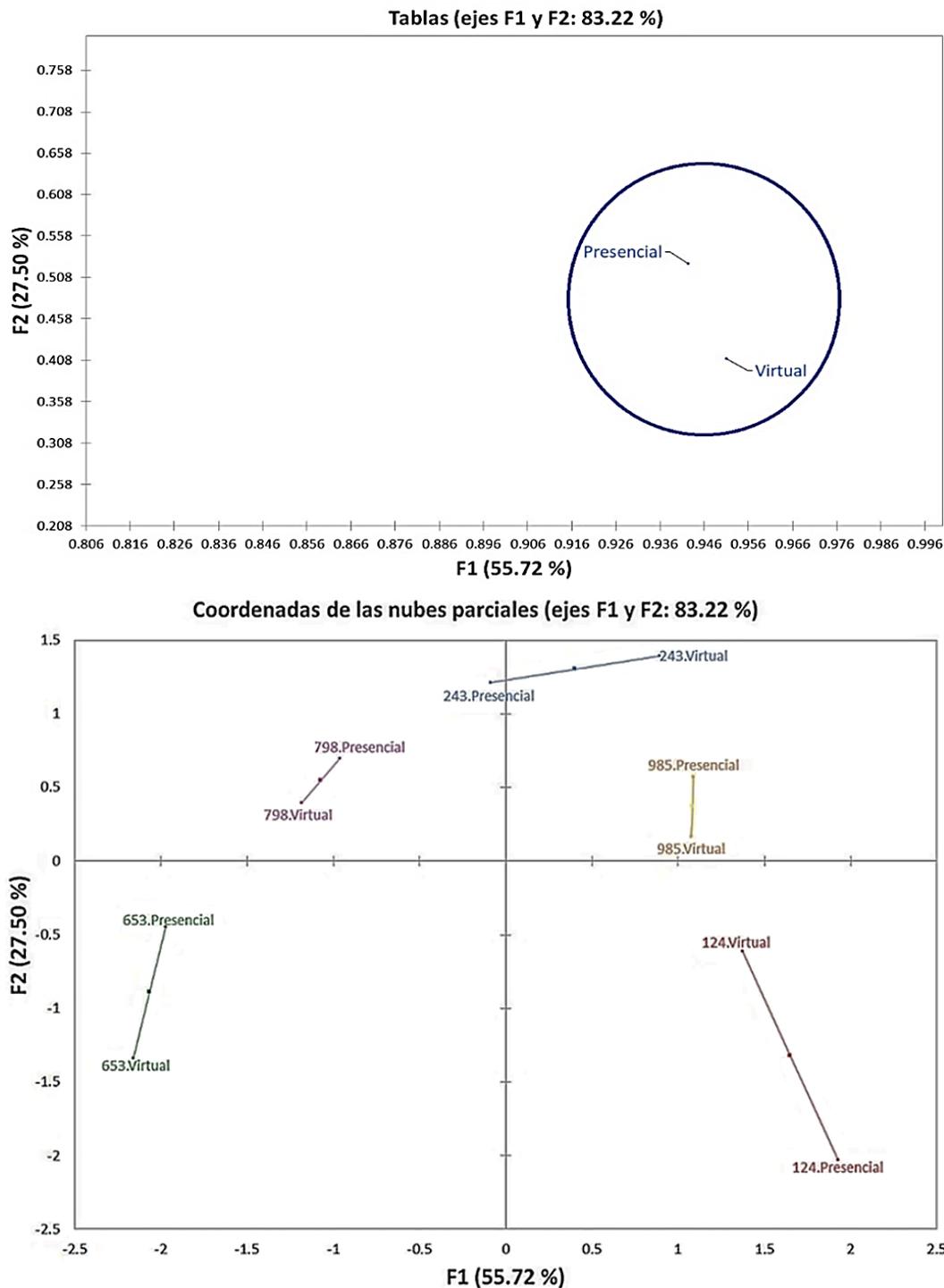


Figura 3. Mapa sensorial de CATA virtual (inferior) y presencial (superior)  
Nota: frito (985), horneado (798), a la plancha (243), microondas (124) y al vapor (653).



**Figura 4.** Análisis Jerárquico de Factores Múltiple (HFMA) de las muestras.  
 Nota: frito (985), horneado (798), a la plancha (243), microondas (124) y al vapor (653)

Según la evaluación presencial se formaron cinco grupos tipificados por descriptores que mejor caracterizan a cada método de cocción. Estos últimos afectan significativamente los parámetros colorimétricos, atribuidos a las reacciones Maillard responsables del color y sabor con distintos grados de intensidad de acuerdo con la severidad de la cocción

por encima de 60 °C (Elzoghby et al., 2015) y la evaporación del agua, que influyen en la composición nutricional y atributos sensoriales. Los métodos con mayor aceptabilidad (aparición) en ambas modalidades de encuesta fueron el frito y el microondas ( $p > 0,05$ ) y el de menor aceptación la cocción al vapor.

**Feng et al. (2020)** evaluaron el color sensorial de cuatro métodos de cocción ubicando al frito y horneado en primer lugar, seguido de microondas y por último el vapor. Ambos estudios sitúan al frito como la técnica de mayor aceptabilidad, la cual implica una elevada temperatura y en consecuencia un mayor desarrollo de color (dorado). La elección del método del frito no se asocia con el concepto de alimento saludable (**Wainwright & Lampert, 2007**). Tomando en cuenta esto, se recomienda la cocción del vapor incluyendo uno de los acompañamientos sugeridos de acuerdo al balance nutricional de una ración de comida.

### 3.2.3 Propuesta de acompañamiento del plato

En la encuesta virtual los consumidores sugirieron filetes de mayor tamaño en comparación a los empleados (~70g) y acompañados de guarniciones como arroz cocido, papa sancochada, combinaciones de vegetales crudos (lechuga, zanahoria, tomate y cebolla) y/o cocidos (betarraga, vainitas, arveja, choclo), así como salsa de ají, ocapa y vinagreta. Cabe señalar que el acompañamiento sugerido corresponde a la dieta cotidiana del poblador peruano. Sin embargo, en cada región existen hierbas aromáticas que pueden aplicarse para innovar platos y adecuarlos a la gastronomía local. La innovación de otros métodos de cocción y la incorporación de diversos ingredientes en la elaboración de platos a partir de la trucha nos permite explorar otras formulaciones como respuesta a la percepción del consumidor.

### 3.3 Características fisicoquímicas de filetes cocidos de trucha

Se evidenciaron cambios físicos y químicos por efecto de la cocción (**Tabla 1**) mostrando una reducción de la humedad por evaporación del agua y, en consecuencia, una mayor concentración de proteína, grasa (excepto al vapor) y cenizas. Estos hallazgos muestran una tendencia similar con el estudio de **Karimian-Khosroshahi et al. (2016)** en cuanto a las variaciones de los nutrientes descritos. Cabe mencionar que los parámetros de temperatura, tiempo y potencia (microondas) seleccionados ocasionan cambios físicos diversos. Por ejemplo, **Weber et al. (2008)** reportaron una pérdida de humedad de 8% mediante la cocción por microondas y 33% para la fritura, mientras que en este estudio las pérdidas fueron de 35 y 16%.

A consecuencia de los procesos de cocción ocurren reacciones de degradación térmica que afectan los lípidos como se evidencia a través del índice de peróxido (**Tabla 1**).

Estos valores pueden intensificarse con el aumento de las temperaturas y los tiempos de cocción (**Cropotova et al., 2019**) siendo los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) los más susceptibles a la degradación. Como consecuencia se originan radicales libres que desencadenan reacciones de oxidación (**Weber et al., 2008**).

En general, los tratamientos exhibieron tonalidades de color variables según la intensidad del proceso de cocción aplicado (**Tabla 1**). Uno de los cambios es originado por la desnaturalización de proteínas que provocan la liberación de agua en etapas iniciales de la cocción y en consecuencia confieren una apariencia más opaca (**Yu et al., 2014**). Otro factor involucrado es la reacción de Maillard que otorga diversas intensidades de color marrón por la formación de melanoidinas (**Voyer & Alvarado, 2019**). De acuerdo con el análisis de imágenes se evidencia distintos grados de brillo por la utilización de aceite (fritura) y grasas naturales liberadas (**Figura 1**).

Se observó una concentración de los ácidos grasos en los tratamientos de mayor aceptabilidad (microondas y frito) por efecto de la pérdida de humedad (**Tabla 2**), siendo los predominantes el Palmítico (C16:0), Oleico (C18:1n9c) y Linoleico (C18:2n6c) con una misma tendencia en estudios con truchas y bagres plateados (**Cano-Estrada et al., 2018; Weber et al., 2008**). Respecto a los ácidos grasos esenciales Eicosapentanoico (EPA) y Docosahexanoico (DHA) la cocción por microondas reportó mayor concentración de estos respecto al frito, comportamiento que ha sido reportado al comparar ambos métodos (**Asghari et al., 2013**). Además, durante la fritura se incorporaron ácidos grasos del aceite empleado, procedente de semillas oleaginosas.

En cuanto a la relación n-6/n-3 el tratamiento por fritura presentó el valor más alto (3,62) mostrando una diferencia significativa respecto al microondas (2,05). Para el filete crudo se obtuvo 2,27, siendo inferior en comparación al valor reportado (2,7) por **Neff et al. (2014)** para truchas de lago. Estas diferencias se atribuyen al predominio de fuentes de omega 6 en el alimento de los peces, el cual estuvo constituido por harina de semillas oleaginosas, trigo y subproductos del trigo, afrecho de canola, aceite de soya, concentrado proteico de maíz entre otros. Desde el punto de vista nutricional se recomienda una relación n-6/n-3 entre 1/1 y 5/1 (**Lupette & Benning, 2020**). En este sentido el tratamiento por microondas (2/1) resultaría más saludable, tal como lo señala **Sengór et al. (2014)**.

Tabla 2

Contenido de ácidos grasos expresados en porcentajes en filetes de trucha crudo, filetes fritos y cocidos por microondas

Ácidos grasos		Filete crudo	Filete frito	Filete cocido por microondas	Flaskerud et al. (2017) mg/100g pescado	
					Cruda	Microondas
<b>Saturados</b>						
Ácido Mirístico	C14:0	0,14 <sup>b</sup>	0,12 <sup>c</sup>	0,28 <sup>a</sup>	178-256	119±52
Ácido Pentadecanoico	C15:0	0,01 <sup>b</sup>	<0,01	0,03 <sup>a</sup>	-	-
Ácido Palmítico	C16:0	1,08 <sup>c</sup>	1,86 <sup>b</sup>	2,28 <sup>a</sup>	1,329-1,805	1,222±394
Ácido Heptadecanoico	C17:0	0,02 <sup>b</sup>	0,02 <sup>b</sup>	0,04 <sup>a</sup>	-	-
Ácido Esteárico	C18:0	0,32 <sup>b</sup>	0,65 <sup>a</sup>	0,68 <sup>a</sup>	357-515	254±94
Ácido Araquídico	C20:0	0,01 <sup>c</sup>	0,04 <sup>a</sup>	0,03 <sup>b</sup>	11-14,7	8,4
Ácido Behémico	C22:0	<0,01	0,04 <sup>a</sup>	0,02 <sup>b</sup>	-	-
Ácido Tricosanoico	C23:0	0,05 <sup>c</sup>	0,06 <sup>b</sup>	0,11 <sup>a</sup>	-	-
<b>Monoinsaturados</b>						
Ácido Palmítoleico	C16:1	0,24 <sup>b</sup>	0,18 <sup>c</sup>	0,48 <sup>a</sup>	-	-
Ácido Heptadecenoico	C17:1	0,01 <sup>b</sup>	<0,01	0,02 <sup>a</sup>	-	-
Ácido Oleico	C18:1n9c	1,41 <sup>c</sup>	2,81 <sup>b</sup>	2,94 <sup>a</sup>	-	-
Ácido Eicosenoico	Cis11 C20:1n9	0,06 <sup>c</sup>	0,09 <sup>b</sup>	0,15 <sup>a</sup>	130-186	83,2±31,6
Ácido Nervónico	C24:1	0,01 <sup>b</sup>	<0,01	0,03 <sup>a</sup>	-	-
<b>Polinsaturados</b>						
Ácido Linoleico	C18:2n6c	1,80 <sup>c</sup>	5,24 <sup>a</sup>	3,59 <sup>b</sup>	1,300-1,768	1,062±1,062
Ácido Gamma linolénico	C18:3n6	0,02 <sup>b</sup>	<0,01	0,05 <sup>a</sup>	17,6-25,2	10,8±4,5
Ácido Linolénico	C18:3n3	0,20 <sup>c</sup>	0,59 <sup>a</sup>	0,40 <sup>b</sup>	154-207	101±37
Ácido Eicosatrienoico	C20:3n-6	0,05 <sup>b</sup>	0,04 <sup>c</sup>	0,10 <sup>a</sup>	54,7-75,9	38,6±13,1
Ácido Eicosatrienoico	C20:3n-3	<0,01	<0,01	0,02	14,0-20,3	6,9±7,1
Ácido Eicosapentanoico	C20:5n-3	0,18 <sup>b</sup>	0,19 <sup>b</sup>	0,40 <sup>a</sup>	-	-
Ácido Docosahexanoico	C22:6n-3	0,44 <sup>c</sup>	0,67 <sup>b</sup>	1,03 <sup>a</sup>	-	-
<b>EPA + DHA</b>					680-868	472±183
<b>Totales</b>						
Saturados		1,63 <sup>c</sup>	2,79 <sup>b</sup>	3,47 <sup>a</sup>	1,885-2,606	1,609±442
Monoinsaturados		1,73 <sup>c</sup>	3,08 <sup>b</sup>	3,62 <sup>a</sup>	1,947-2,731	1,529±413
Polinsaturados		2,78 <sup>c</sup>	6,83 <sup>a</sup>	5,78 <sup>b</sup>	2,468-3,303	1,840±455
Relación n-6/n-3		2,28 <sup>b</sup>	3,62 <sup>a</sup>	2,05 <sup>c</sup>	-	-
Ácidos grasos sin identificar		0,47 <sup>b</sup>	0,31 <sup>c</sup>	0,94 <sup>a</sup>	-	-
Grasa		6,56 <sup>c</sup>	13,04 <sup>b</sup>	13,84 <sup>a</sup>	-	-

Nota: Límite de cuantificación (ácidos grasos) = 0,01%

En estudios similares (Neff et al., 2014; Schneedorferová et al., 2015) se ha observado que la relación n-6/n-3 experimenta un aumento significativo por efecto del frito en relación con el filete crudo. Aunque también existen estudios donde no se han identificado diferencias significativas atribuido al método de cocción (Weber et al., 2008). La importancia de estos ácidos grasos polinsaturados (AGPI) radica en sus beneficios para la salud como, por ejemplo, la reducción de colesterol en la sangre y la prevención de enfermedades cardiovasculares, hipertensión arterial, diabetes tipo 2 y resistencia a la insulina, enfermedades vinculadas a procesos inflamatorios (Lombardo & Chicco, 2006). Alternativamente al frito convencional se han realizado estudios aplicando la fritura al vacío que se caracteriza por brindar un producto de mejor calidad en términos nutricionales y sensoriales. Dado que reducen la temperatura debido a la baja presión, se logra una absorción de aceite inferior, menor oxidación y mayor retención de compuestos responsables del sabor (Zhang et al., 2020). La eficiencia de esta tecnología puede incrementarse en combinación con el microondas para mejorar la

velocidad de calentamiento, acelerar el proceso de deshidratación y reducir el tiempo de fritura y el contenido de aceite (Shi et al., 2019; Zhang et al., 2020). La implementación de estas tecnologías se ve limitada por la inversión y capacidades de producción a gran escala.

Los métodos abarcados en este estudio son de uso habitual en la preparación de alimentos a nivel doméstico. Sin embargo, dada la creciente incorporación de nuevas técnicas de cocción más saludables, gourmet y eficientes, se podría explorar el empleo del glaseado, gratinado y *sous vide* sobre las características sensoriales. Además, de opciones sin tratamiento térmico como el caso del ceviche.

#### 4. Conclusiones

La trucha empleada en el estudio presentó características de calidad propias del recurso hidrobiológico y condicionadas por el sistema de alimentación. Cada método de cocción otorgó atributos sensoriales, de color y de composición química a los filetes, encontrando diferencias significativas entre ellos, siendo la fritura y microondas los de mayor

aceptabilidad. Esta misma tendencia se correlaciona entre las respuestas virtuales y presenciales. Dada la abundancia de ácidos grasos insaturados procedentes de la materia prima en combinación con el frito o microondas, se registró un aumento significativo del índice de peróxidos atribuido a la intensidad del tratamiento térmico en comparación a la cocción al vapor. El público encuestado antepone razones sensoriales a las nutricionales para la selección de los métodos de cocción de la trucha. No obstante, sugiere acompañamientos de guarniciones compuestas con hortalizas y carbohidratos, además de salsas.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento de la investigación a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán en el marco de los Proyectos de investigación con Fondos Concursables 2021. Resolución N° 0156-2021-UNHEVAL-VRI.

#### ORCID

M. Ramos  <https://orcid.org/0000-0002-3970-2857>  
 R. Bustillos  <https://orcid.org/0000-0001-9974-5325>  
 S. Santolalla  <https://orcid.org/0000-0001-8042-6797>  
 T. Tuesta  <https://orcid.org/0000-0002-2594-9322>  
 R. Silva-Paz  <https://orcid.org/0000-0003-4400-7469>  
 O. Jordán-Suárez  <https://orcid.org/0000-0002-1280-7704>

#### Referencias bibliográficas

AOAC. (2007). Official Methods of Analysis of AOAC international (W. Horwitz & G. Latimer, Eds.; 18th ed.). AOAC International.

Asadi, M., Kenari, A., & Esmaili, M. (2021). Restricted- protein feeding strategy decreased the protein consumption without impairing growth performance, flesh quality and non-specific immune parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 531. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735946>

Asghari, L., Zeynali, F., & Sahari, M. A. (2013). Effects of boiling, deep-frying, and microwave treatment on the proximate composition of rainbow trout fillets: Changes in fatty acids, total protein, and minerals. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(4), 847–853. <https://doi.org/10.1111/jai.12212>

Ayvaz, Z., Çakir, F., Gündüz, H., et al. (2017). The Use of Computer-Based Image Analysis on Colour Determination of Liquid Smoked Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Treated with Different Dry Salt-Sugar Mixtures. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 5(12), 1528. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1528-1535.1446>

Baylan, M., Ozcan, B. D., Kucukgulmez, A., et al. (2016). Effects of cooking methods on electrophoretic patterns of rainbow trout. *Italian Journal of Animal Science*, 10(3), 175–177. <https://doi.org/10.4081/ijas.2011.e33>

Bécue-Bertaut, M., & Lê, S. (2011). Analysis Of Multilingual Labeled Sorting Tasks: Application To A Cross-Cultural Study In Wine Industry. *Journal of Sensory Studies*, 26(5), 299–310. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00345.x>

Cano-Estrada, A., Castañeda-Ovando, A., Ramírez-Godínez, J., et al. (2018). Proximate and fatty acid composition in raw and cooked muscle tissue of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with commercial fishmeal. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(8), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13674>

Castro-González, M. I., & Carrillo-Domínguez, S. (2015). Impacto de seis técnicas de cocción sobre la composición de ácidos grasos en marlín (*Makaira nigricans*) y merluza (*Merluccius productus*). *Nutrición Hospitalaria*, 32(3), 1289–1299. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.3.9258>

Colihueque, N., Parraguez, M., Estay, F. J., et al. (2011). Skin color characterization in rainbow trout by use of computer-based image analysis. *North American Journal of Aquaculture*, 73(3), 249–258. <https://doi.org/10.1080/15222055.2011.581578>

Cropotova, J., Mozuraityte, R., Standal, I. B., et al. (2019). Assessment of lipid oxidation in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*) subjected to different antioxidant and sous-vide cooking treatments by conventional and fluorescence microscopy methods. *Food Control*, 104, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.04.016>

Crouse, C. C., Davidson, J. W., Good, C. M., et al. (2018). Growth and fillet quality attributes of five genetic strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in a partial water reuse system and harvested at different sizes. *Aquaculture Research*, 49(4), 1672–1681. <https://doi.org/10.1111/are.13623>

Díaz-Villanueva, J., & Robotham, H. (2015). Comparación de dos métodos de sacrificio en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). *Latin American Journal of Aquatic Research*, 43(2), 287–294. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue2-fulltext-3>

D'Souza, N., Skonberg, D. I., Stone, D. A. J., et al. (2006). Effect of soybean metal-based diets on the product quality of rainbow trout fillets. *Journal of Food Science*, 71(4), S337–S342. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2006.00018.x>

Elzoghby, A. O., Elgohary, M. M., & Kamel, N. M. (2015). Implications of Protein- and Peptide-Based Nanoparticles as Potential Vehicles for Anticancer Drugs. In *Advances in Protein Chemistry and Structural Biology* (1st ed., Vol. 98). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/bs.apcsb.2014.12.002>

Eslava, P. (2009). Estimación del rendimiento y valor nutricional del Besote *Joturus pichardi* Poey , 1860 (Pisces: Mugilidae). *Rev. MZV Córdoba*, 14(1), 1576–1586.

FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. In *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022*. FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>

Feng, Q., Jiang, S., Feng, X., et al. (2020). Effect of different cooking methods on sensory quality assessment and in vitro digestibility of sturgeon steak. *Food Science & Nutrition*, 8(4), 1957–1967. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1483>

Flaskerud, K., Bukowski, M., Golovko, M., et al. (2017). Effects of cooking techniques on fatty acid and oxylipin content of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Science and Nutrition*, 5(6), 1195–1204. <https://doi.org/10.1002/fsn3.512>

Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero [FONDEPES]. (2004). *Manual de cultivo de trucha arco iris en jaulas*. p.57

García-Macias, J. A., Núñez González, F. A., Rentería Monterrubio, A. L., et al. (2006). Carcass and meat quality of three rainbow *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), varieties. *Hidrobiologica*, 16(1), 11–22.

Gluchowski, A., Czarniecka-Skubina, E., Wasiak-Zys, G., et al. (2019). Effect of various cooking methods on technological and sensory quality of atlantic salmon (*Salmo salar*). In *Food Science* (Vol. 8, Issue 8). <https://doi.org/10.3390/foods8080323>

INACAL. (2005). NTP ISO 2917: Carne y Productos Cárnicos. Medición de pH.

INACAL. (2015). NTP 201.032:1982: Carne y Productos cárnicos. Determinación del contenido de nitrógeno amoniacal.

INACAL. (2019a). Análisis Sensorial - Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas. NTP ISO 4121:2008 (Revisada el 2019).

INACAL. (2019b). Trucha fresca, refrigerada. requisitos y definiciones.

ISO. (2014). ISO 12966: Part 1. Guidelines on modern gas chromatography of fatty acid methyl esters.

- ISO. (2015). ISO 12966: Part 4. Determination by capillary gas chromatography.
- ISO. (2017). ISO 12966: Part 2. Preparation of methyl esters of fatty acids.
- Karimian-Khosroshahi, N., Hosseini, H., Rezaei, M., et al. (2016). Effect of Different Cooking Methods on Minerals, Vitamins, and Nutritional Quality Indices of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Properties*, 19(11), 2471–2480. <https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1039028>
- Le Dien, S., & Pagès, J. (2003). Hierarchical multiple factor analysis: Application to the comparison of sensory profiles. *Food Quality and Preference*, 14(5–6), 397–403. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00027-2](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00027-2)
- Lombardo, Y. B., & Chicco, A. G. (2006). Effects of dietary polyunsaturated n-3 fatty acids on dyslipidemia and insulin resistance in rodents and humans. A review. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 17(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2005.08.002>
- Lupette, J., & Benning, C. (2020). Human health benefits of very-long-chain polyunsaturated fatty acids from microalgae. *Biochimie*, 178, 15–25. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2020.04.022>
- Ministerio de la Producción. (2022). Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola. [www.produce.gob.pe](http://www.produce.gob.pe)
- Moussaoui, K. A., & Varela, P. (2010). Exploring consumer product profiling techniques and their linkage to a quantitative descriptive analysis. *Food Quality and Preference*, 21(8), 1088–1099. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2010.09.005>
- Neff, M. R., Bhavsar, S. P., Braekevelt, E., et al. (2014). Effects of different cooking methods on fatty acid profiles in four freshwater fishes from the Laurentian Great Lakes region. *Food Chemistry*, 164, 544–550. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.104>
- Oliveira e Silva, R., do Carmo Rouxinol, M. I. F., & da Silva Coutinho Patarata, L. A. (2020). The use of photography to perform an online consumer test on the freshness of chicken breast and the extension of shelf life. *Journal of Sensory Studies*, 35(3). <https://doi.org/10.1111/joss.12565>
- Ortega-Heras, M., Villarreal, E., Mateos, S., et al. (2020). Application of a seasoning obtained from red grape pomace as a salt replacer for the elaboration of marinated chicken breasts: study of their physical-chemical and sensory properties and microbiological stability. *CYTA - Journal of Food*, 18(1), 122–131. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1709558>
- Pio Ávila, B., Cardozo, L. O., Alves, G. D., et al. (2019). Consumers' Sensory Perception of Food Attributes: Identifying the Ideal Formulation of Gluten- and Lactose-Free Brownie Using Sensory Methodologies. *Journal of Food Science*, 84(12), 3707–3716. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14845>
- Schneedorferová, I., Tomčala, A., & Valterová, I. (2015). Effect of heat treatment on the n-3/n-6 ratio and content of polyunsaturated fatty acids in fish tissues. *Food Chemistry*, 176, 205–211. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.058>
- Şengör, G. F. Ü., Alakavuk, D. Ü., & Tosun, Ş. Yasemin. (2014). Effect of Cooking Methods on Proximate Composition, Fatty Acid Composition, and Cholesterol Content of Atlantic Salmon (*Salmo salar*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22, 160–167.
- Shi, H., Zhang, M., & Yang, C. (2019). Effect of low-temperature vacuum frying assisted by microwave on the property of fish fillets (*Aristichthys nobilis*). *Journal of Food Process Engineering*, 42(4), 1–8. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13050>
- Sunoj, S., Igathinathane, C., Saliendra, N., et al. (2018). Color calibration of digital images for agriculture and other applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 146(September), 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2018.09.015>
- Tárrega, A. (2022). Introducción al uso de métodos rápidos de evaluación sensorial. In F. Pérez & M. Salvador (Eds.), *Análisis sensorial de alimentos y respuesta del consumidor* (pp. 285–288). Editorial Acribia S.A.
- Uiuiu, P., Cocan, D., Constantinescu, R., et al. (2020). Water quality parameters which influence rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) welfare in classic systems. *Scientific Papers-Series D-Animal Science*, 63(1), 509–515.
- Voyer, L. E., & Alvarado, C. (2019). Reacción de Maillard: Efectos patogénicos. *Medicina*, 2(79), 137–143.
- Wainwright, R. E., & Lampert, D. (2007). Current and Future Frying Issues. In *Deep Frying: Chemistry, Nutrition, and Practical Applications: Second Edition* (Second Ed., Issue 1). AOCS Press. <https://doi.org/10.1016/B978-1-893997-92-9.50030-X>
- Weber, J., Bochi, V. C., Ribeiro, C. P., et al. (2008). Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chemistry*, 106(1), 140–146. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.05.052>
- Yu, X., Llave, Y., Fukuoka, M., et al. (2014). Estimation of color changes in fish surface at the beginning of grilling based on the degree of protein denaturation. *Journal of Food Engineering*, 129, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.12.030>
- Zárate, I., Sánchez, C., Palomino, H., et al. (2018). Caracterización de la crianza de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en la provincia de Chincheros, Apurímac, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 29(4), 1310. <https://doi.org/10.15381/rirep.v29i4.15196>
- Zhang, X., Zhang, M., & Adhikari, B. (2020). Recent developments in frying technologies applied to fresh foods. *Trends in Food Science and Technology*, 98 (December 2019), 68–81. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.007>