

Percepción del estímulo graso en alimentos y sensibilidad al amargo Perception of fat stimulus in foods and sensibility to bitter

A. B. De la Cruz-Pérez^a, S. J. Villanueva-Rodríguez^a, A. L. Gutiérrez-Salomón^b, J. A. Barajas-Ramírez^{c*}

^a Unidad de Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ), 44270, Guadalajara, Jalisco, México.

^b Área Académica de Química, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Pachuca, Hidalgo, México.

^c Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Politécnica de Pénjamo, 36921, Pénjamo, Guanajuato, México

Resumen

La percepción del gusto amargo inducida por el 6-n-propiltiouracilo, conocida como *estatus* PROP, se asocia con la capacidad gustativa general y la sensibilidad a otros estímulos, como la grasa. No obstante, persiste la duda, si dicha sensibilidad influye en la capacidad de identificar grasas en alimentos complejos. El presente estudio evaluó el efecto de la sensibilidad al gusto amargo en la identificación de grasas en dos matrices alimentarias. Participaron 57 mexicanos, clasificados según su *estatus* PROP en superdegustadores (SD), degustadores medio (MD) y no degustadores (ND). Se analizaron dos matrices alimentarias (café con leche y puré de papa), con dos concentraciones de grasa (1 % y 6 % m/m de ácido linoleico). Se empleó una prueba discriminativa (2-AFC) y se calculó el parámetro d' mediante el modelo de Thurstone para determinar la magnitud de la diferencia percibida. Los resultados indicaron que los SD identifican la grasa con mayor facilidad en la matriz de café, lo cual se evidencia con un valor de d' superior. El uso del modelo de Thurstone permitió reducir la variabilidad en las respuestas, validando su utilidad en este tipo de análisis sensorial.

Palabras Clave: Estatus PROP, sensibilidad gustativa, percepción sensorial, prueba discriminativa 2-AFC, ácidos grasos.

Abstract

The perception of the bitter taste imparted by 6-n-propylthiouracil, known as PROP status, is associated with taste sensitivity and sensitivity to other stimuli such as fat. There is uncertainty about whether fat sensitivity influences the identification of fats in complex foods. The objective was to evaluate the effect of bitter taste sensitivity on fat identification in two food matrices. Fifty-seven Mexicans participated, classified according to their PROP status: Super Tasters (SD), Medium Tasters (MD), and Non-Tasters (ND). Two food matrices were analyzed (coffee with milk and mashed potatoes), with two fat concentrations (1% and 6% w/w linoleic acid). A discriminative test (2-AFC) was conducted, and the data were analyzed using d' (d' prime) according to the Thurstone model. The SD group identified fat more easily in coffee drinks, as evidenced by a higher d' . Using the Thurstone model, it is possible to reduce response variability.

Keywords: PROP taster status, taste sensitivity, sensory perception, fat detection, 2-AFC discriminative test, fatty acids

1. Introducción

La sensibilidad gustativa es la capacidad de percibir o identificar un estímulo de las sustancias que ingresan al organismo (Costanzo, 2024), por lo que el sentido del gusto es considerado un sensor clave, ya que afecta directamente el consumo de alimentos de cada individuo. Este sentido, a través de los cinco gustos básicos (dulce, ácido, umami,

salado y amargo), proporciona información crítica de las sustancias químicas que se encuentran presentes en alimentos, indicando la calidad y la naturaleza de ellos, lo que provoca la aceptación o el rechazo de los alimentos (Kinnamon y Finger, 2019; Barlow, 2022). Las papilas gustativas contienen receptores para todos los gustos básicos, y estos se transmiten principalmente por dos mecanismos: receptores acoplados a proteína G (GPCR)

*Autor para la correspondencia: villafuerte@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: andelacruz_al@ciatej.edu.mx (Andrea Berenice De la Cruz Pérez), svillanueva@ciatej.mx (Socorro Josefina Villanueva Rodríguez), ana_gutierrez@uaeh.edu.mx (Ana Luisa Gutiérrez Salomón), jarabarajas@uppenjamo.edu.mx (Jahir Antonio Barajas Ramírez)

para dulce, amargo y umami; y receptores tipo canal para el gusto salado y ácido (Fabián et al., 2015).

El gusto amargo ha sido el más estudiado debido a que se asocia con la toxicidad de sustancias, y a la predisposición genética (Tuzim y Korolczuk, 2021). La sensibilidad al amargo impartido por el 6-propiltiouracilo (PROP) ha permitido una clasificación. Esta sustancia tiene un sabor amargo para algunas personas e insípido para otras. Aquellos que no perciben amargor se clasifican como no degustadores (ND), los individuos que perciben un amargor moderado se clasifican como medio degustadores (MD), mientras que las personas que perciben un amargor intenso son los superdegustadores (SD) (Tepper et al., 2001).

La sensibilidad al gusto amargo ha sido asociada a la sensibilidad a otros estímulos, como el dulzor impartido por los azúcares de los alimentos y al estímulo graso impartido por ácidos grasos de cadena larga. Algunos autores han reportado que los no degustadores (ND) son amantes de los alimentos dulces, mientras que los SD presentan poco gusto por éstos (Graham et al., 2021). Por otra parte, se ha reportado una relación entre el consumo de grasas con la sensibilidad al gusto amargo; una menor sensibilidad al gusto amargo se asocia a una mayor ingesta de grasas (Graham y et al., 2021). Además, el consumo elevado de alimentos altos en grasa, provocan una disminución de la sensibilidad gustativa a la grasa (Brondel et al., 2022).

Anteriormente, se creía que la grasa se detectaba únicamente por sus características aromáticas y texturales. Se ha evidenciado que los ácidos grasos pueden detectarse mediante el sentido del gusto (Liu et al., 2016; Reed y Xia, 2015). Las diferencias en la sensibilidad a la grasa entre individuos se han relacionado con polimorfismos del gen *CD36* (Zhou et al., 2016).

Recientemente, se ha reportado que las personas con sobrepeso y obesidad son menos sensibles a las grasas, por lo que requieren consumir mayor cantidad de dichos alimentos para lograr percibir la sensación en la boca y lograr saciedad (Griffin et al., 2020). La investigación de Martínez-Ruiz et al., (2014) mostró que la población mexicana estudiada con IMC bajo presentó una alta sensibilidad al estímulo graso impartido por el ácido linoleico, asimismo, esta población reportó un menor consumo de alimentos ricos en grasa, como comida rápida y comida callejera. Algunos estudios sugieren que las personas con mayor sensibilidad al PROP consumen menos alimentos dulces, aderezos y bebidas alcohólicas (Barajas-Ramírez et al., 2024; Criado et al., 2024) y, por el contrario, mayor consumo de verduras (Deshaware y Singhal, 2017), lo cual impacta en el peso de las personas y, por consecuencia, en su salud.

En su estudio con soluciones de ácidos grasos y PROP, Subramanian et al. (2024) reportaron que los individuos con obesidad presentan una menor capacidad para detectar estímulos grasos y amargos. A diferencia de las evaluaciones en soluciones, que constituyen la mayoría de los antecedentes, existen pocos estudios que analicen la relación entre la sensibilidad gustativa y matrices alimentarias complejas de consumo cotidiano, algunos son los estudios realizados en leches, natillas y pudín de chocolate (Zhou et al., 2016; Constanzo et al., 2017; Abd et al., 2025). En estos sistemas los lípidos no solo aportan valor nutricional, sino que son determinantes de los

atributos de textura, sabor y aroma. Estas propiedades son responsables de la palatabilidad, definida como la cualidad de los alimentos que los hace agradables al paladar (Enciso et al., 2023).

Constanzo et al. (2017) analizaron natillas de vainilla elaboradas con distintos niveles de aceite de canola. Los resultados mostraron que los participantes con mayor sensibilidad gustativa a la grasa lograban clasificar correctamente las muestras según su contenido de graso de las natillas. En esta misma línea, Bolhuis et al. (2016) analizaron matrices alimentarias donde interactúan la sal y la grasa, para evaluar como la sensibilidad al estímulo influye en la preferencia por salsas de tomate con distintos niveles de aceite y sal. Sus resultados demostraron que los individuos más sensibles prefieren concentraciones de grasa significativamente menores en comparación con sujetos menos sensibles

Dentro del análisis sensorial, los métodos de discriminación son los más adecuados para determinar si existe una diferencia sensorial entre dos muestras confundibles, las cuales son tan parecidas que resulta difícil considerarlas iguales o diferentes. La prueba pareada de selección forzada (2- *Alternative Forced Choice*, 2-*AFC*) es de modalidad unilateral y específica, debido a que la persona tiene que identificar una cualidad determinada dentro del par de muestras presentadas simultáneamente, haciéndola una prueba potente (Ennis y Jesionka, 2011; Ennis et al., 2014; Jogan et al., 2014). Un enfoque común para analizar los datos de las pruebas de diferencia es aplicar el modelo de Proporción de Discriminadores (Jesionka, Rousseau y Ennis, 2014), en este modelo se calcula la probabilidad en que el respondiente seleccione la respuesta correcta o no; con este resultado de categorización de los respondientes se puede suponer si la muestra es diferente o igual. Debido a que las pruebas de discriminación varían en su sensibilidad para detectar diferencias, se han desarrollado modelos psicofísicos para mitigar esta limitación. El más utilizado es el modelo de Thurstone, el cual postula que la variabilidad de la percepción genera fluctuaciones en la medición y, por tanto, integra reglas de decisión cognitiva” (O’Mahony et al., 1994). Bajo este enfoque, la respuesta sensorial a cada estímulo se representa mediante una distribución normal. Al comparar estas distribuciones, es posible calcular el parámetro d' en unidades de desviación estándar. Este valor cuantifica la magnitud de la diferencia percibida entre dos muestras, basándose en la proporción de respuestas correctas obtenidas en la evaluación. Finalmente, el valor de d' se determina mediante las tablas de Ennis (1993), considerando que, a mayor puntaje, mayor es el grado de diferencia entre los productos Angulo y O’Mahony, 2009).

A partir de lo anterior, surgen interrogantes críticas: ¿influye la complejidad de la matriz alimentaria y la interacción en la capacidad de detectar la grasa? y ¿esta capacidad de identificación está influenciada por la sensibilidad del evaluador al gusto amargo? Bajo esa premisa, el objetivo del presente estudio fue determinar si la sensibilidad al gusto amargo (*estatus* PROP) influye en la percepción de grasa en función del tipo de matriz alimentaria (café con leche y puré de papa) empleando el modelo de Thurstone para cuantificar dicha relación.

2. Materiales y métodos

2.1. Participantes

Se realizó una convocatoria verbal dirigida a estudiantes universitarios de la zona metropolitana de Guadalajara. De los 83 voluntarios reclutados, 57 conformaron la muestra final tras aplicar los criterios de selección. Como criterios de inclusión, se consideró que el participante contara con buen estado de salud, ausencia de intolerancia a la lactosa, la firma del consentimiento informado - bajo los lineamientos de la Declaración de Helsinki (1975) - y la asistencia a todas las sesiones de evaluación. Se excluyeron a nueve individuos por no completar las pruebas sensoriales. Asimismo, se eliminaron los datos de 17 participantes debido al uso incorrecto de la escala de intensidad, identificado por el marcaje persistente de los valores máximos ante las soluciones de amargor. La muestra final estuvo integrada por participantes de entre 20 y 25 años, distribuidos equitativamente según su estatus PROP en tres categorías de 19 individuos cada una: Superdegustadores (SD), No degustadores (ND) y Medio degustadores (MD).

2.2. Preparación de matrices alimentarias

Los alimentos se prepararon la mañana del día de la evaluación y se sirvieron a temperatura ambiente. El puré de papa se preparó a partir de hojuelas deshidratadas (Verde Valle®), utilizando lotes de 80 g de hojuelas de papa disueltas en 250 mL de agua en ebullición con 5 g de sal. Se desarrollaron dos variantes con concentración lipídicas del 1 % y 6 % (m/m) mediante la adición de ácido linoleico (Sigma Aldrich®). El proceso de preparación consistió en una homogenización inicial de 3 minutos, seguida de la incorporación de 190 mL de agua fría y un mezclado final de 1 minuto, asegurando la uniformidad de la matriz en ambas muestras.

El café con leche se preparó a partir de una formulación base compuesta de 1.2 g de café soluble y 9 g de sacarosa por cada 100 mL de bebida. Para la variante con 1 % (m/m) de grasa, se utilizó como matriz leche light (Lala®), cuya composición nutricional aporta dicha concentración de manera natural. Para la variante con 6 % (m/m) de grasa, se empleó leche entera (Lala®, 3.3 g de grasa/100 mL), la cual fue estandarizada mediante la adición de 2.7 mL de ácido linoleico (Sigma Aldrich®) hasta alcanzar el nivel lipídico requerido. Las muestras se homogenizaron con un batidor eléctrico.

Con el fin de mantener la consistencia entre los estímulos, se utilizó el mismo tipo de grasa añadida en ambas matrices. Se seleccionó el ácido linoleico como indicador de la sensibilidad al estímulo graso, de acuerdo con lo reportado previamente por otros grupos de investigadores (Besnard et al., 2016, Pepino et al., 2012). Así mismo, ambas matrices fueron sometidas a un proceso de homogenización con el fin de asegurar la correcta incorporación de la grasa, garantizando que ésta no sea perceptible visualmente y evitando así posibles sesgos en la evaluación.

2.3. Preparación de soluciones PROP

La clasificación de los participantes según su sensibilidad gustativa al PROP, se realizó mediante el método de las tres soluciones (Tepper et al., 2001). Para este propósito, se prepararon seis soluciones: tres concentraciones de PROP (0.032 mM, 0.32 mM y 3.2 mM) y tres de NaCl (0.01 M, 0.1 M y 1.0 M). Todas las muestras fueron disueltas en agua purificada marca Ciel® y preparadas el mismo día en que se aplicaron las pruebas sensoriales para garantizar su estabilidad.

2.4. Pruebas Sensoriales

Las pruebas sensoriales se realizaron en un laboratorio bajo condiciones controladas de temperatura (24°C) e iluminación blanca, utilizando cabinas individuales para garantizar la independencia de los juicios. Se instruyó a los participantes a no fumar ni consumir alimentos y bebidas (especialmente café), goma de mascar y evitar uso de pasta dental durante los 60 min previos a cada sesión; asimismo, se solicitó evitar el uso de perfumes o cremas corporales.

El estudio constó de cuatro sesiones de aproximadamente 40 min, realizadas en días distintos dentro de un horario de 10 a 13 horas. Estas se dividieron en dos sesiones para determinar el estatus PROP y dos sesiones adicionales por cada grupo de alimentos evaluados (figura 1).



Figura 1. Diseño experimental de las pruebas sensoriales. Prueba PROP y 2 AFC (19 sujetos x 3 réplicas = 57 observaciones por cada alimento)

2.4.1 Estatus PROP

A cada participante se le presentaron las soluciones (15 mL) en recipientes desechables, codificadas con números aleatorios de tres dígitos y dispuestas en orden de concentración ascendente. Este diseño buscó mitigar la fatiga sensorial al iniciar con estímulos más bajos, evaluando primero las soluciones PROP y posteriormente las de NaCl. Siguiendo el protocolo de Tepper et al., (2001), se instruyó a los panelistas para que introdujeran la muestra y agitarla en la boca y expectorar antes de registrar la intensidad percibida en la escala. Para evitar efectos de arrastre o resabios, se instruyó a los participantes realizar un enjuague bucal exhaustivo entre muestra. La prueba se realizó por duplicado (dos sesiones de aproximadamente 15 min).

Los participantes calificaron la intensidad de las soluciones mediante una Escala de Magnitud Etiquetada

(LMS - *Labeled Magnitude Scale*) vertical de 10 cm, la cual contenía las leyendas “apenas detectable” en el extremo inferior, “intensidad más fuerte imaginable” en el extremo superior y las etiquetas ligeramente fuerte, moderadamente fuerte, muy fuerte, extremadamente fuerte, distribuidas de forma semilogarítmica a lo largo de la escala.

Los panelistas se clasificaron según el comportamiento de las gráficas individuales de intensidad, comparando los promedios y desviaciones estándar obtenidos por cada solución. Siguiendo los criterios de Tepper et al. (2001), se definieron tres grupos: no degustadores (ND), cuando la intensidad percibida del NaCl fue superior a la del PROP; superdegustadores (SD), si la curva de intensidad del PROP superó a la del NaCl; y degustadores medios (MD), cuando ambas curvas se superpusieron.

2.4.2 Pruebas de diferencia

Las muestras se presentaron en recipientes desechables codificados con números aleatorios de tres dígitos, en proporciones de 5 g para el puré de papa y 15 mL para el café con leche. Con el objetivo de identificar la diferencia percibida en el contenido de grasa, se aplicó una prueba de comparación forzada de dos alternativas (2 AFC) por triplicado para cada matriz alimentaria.

El estudio se dividió en dos sesiones - una por cada grupo de alimentos - para evitar la fatiga sensorial de los participantes. Durante cada sesión, las muestras se presentaron de forma simultánea y se instruyó a los panelistas para que las evaluaran de izquierda a derecha. Tras la degustación, los participantes indicaron una boleta física cuál de las muestras percibían como “más grasa”. Finalmente, se requirió un enjuague bucal con agua potable a temperatura ambiente entre cada muestra para asegurar la limpieza del paladar.

2.5. Análisis de datos

Para cada grupo de alimento y para cada categoría de catador PROP se determinó la proporción de respuestas correctas ($p = \text{número de respuestas correctas} / \text{número total de ensayos}$) para obtener el valor d' siguiendo el procedimiento propuesto por Bi y Ennis (1998) y Ennis (1993). Para identificar las diferencias entre las categorías de estatus PROP en cada grupo de alimentos se realizó un análisis de chi-cuadrada. Todos los cálculos se realizaron en el software XLSTAT Standard con la herramienta Sensory Data versión 2024. Se consideró un alfa de 0.05.

3. Resultados

Los resultados de la prueba 2-AFC revelaron que los tres grupos de sujetos clasificados por su estatus PROP fueron capaces de diferenciar el contenido de grasa en las muestras de café ($p < 0.0001$). El grupo de SD detectó la presencia de grasa con mayor facilidad, lo cual se refleja en un valor de d' (2.29) significativamente más alto en comparación con los otros grupos (Tabla 1). En la Figura 2, se observa el porcentaje de respuestas correctas para los tres grupos, en donde se evidencia una diferencia

estadísticamente significativa entre los grupos de estatus PROP ($\chi^2_{(2,0.05)} = 8.29, p < 0.05$). El porcentaje de respuestas correctas fue notablemente superior en el grupo de los SD, confirmando su mayor agudeza sensorial ante este estímulo. Estos hallazgos sugieren que la composición de la matriz, caracterizada por la presencia de azúcares añadidos y lactosa, podría potenciar la detección de lípidos especialmente en individuos con alta sensibilidad al PROP.

Tabla 1. Valores de d' por alimento y grupos de estatus PROP.

Muestras	Valor d'		
	SD	MD	ND
Café con leche	2.29 ± 0.38*	0.97 ± 0.25*	1.23 ± 0.27*
Puré de papa	0.35 ± 0.44	0.35 ± 0.47	0.28 ± 0.48

*Diferencia estadísticamente significativa $p < 0.0001$; $d' \pm DE$

La diferencia en el contenido de grasa en el puré de papa resultó imperceptible para todos los participantes, independientemente de su estatus PROP (Tabla 1). Desde la perspectiva psicofísica, para que dos muestras se consideren distinguibles, el valor de d' debe ser al menos igual a la unidad, umbral que corresponde a una proporción de respuestas correctas igual al 75%. No obstante, en la Figura 1 se aprecia que ninguno de los tres grupos de evaluadores alcanzó dicho valor, lo que indica que ninguno de ellos logró percibir diferencias entre muestras. Estos hallazgos evidencian que los componentes de la matriz alimentaria pueden condicionar significativamente la detección de grasa, actuando como un factor que puede favorecer o enmascarar su percepción.

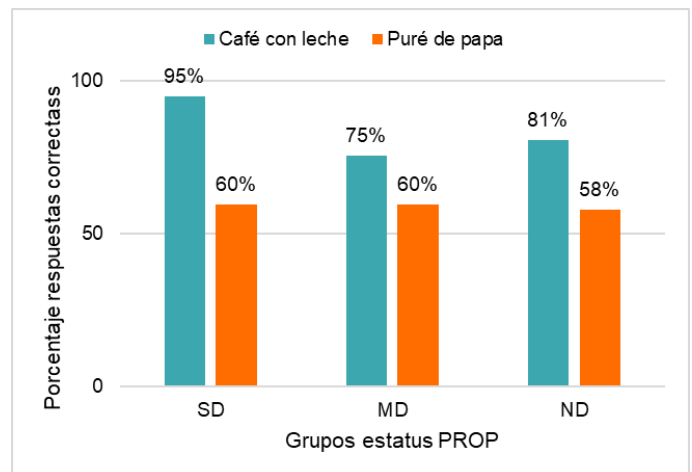


Figura 2. Respuestas correctas para la prueba 2-AFC en café con leche y puré de papa por grupos de estatus PROP. SD: Superdegustadores, MD: Medio degustadores y ND: No degustadores.

4. Discusión

Los hallazgos de esta investigación aportan datos complementarios sobre la sensibilidad gustativa al amargo y la percepción del estímulo graso en matrices alimentarias complejas. En este estudio, los participantes

superdegustadores (SD) diferenciaron con mayor facilidad el contenido de grasa en una matriz dulce (café con leche) en comparación con medio (MD) y no degustadores (ND). Estos resultados coinciden con lo observado por Ponnusamy et al. (2023), quienes reportaron que individuos hipersensibles a la grasa presentan también una mayor sensibilidad a estímulos dulces y amargos como el PROP.

Actualmente, existen pocos estudios que comparen la sensibilidad al amargo con la percepción de grasa en alimentos reales. Entre ellos, destaca el trabajo de Nasser et al. (2001) quienes utilizaron helado de vainilla adicionado con ácido linoleico y reportaron que el 80 % de los SD identificaron la grasa frente a un solo 17 % de los ND. Los datos obtenidos en el café con leche son comparables con dicho estudio, ya que ambas son matrices lácteas de carácter dulce. Cabe destacar que la incapacidad para detectar la grasa en alimentos se ha identificado como un factor que puede conducir a un consumo excesivo de estos (Karmous et al., 2022).

Por el contrario, la detección de grasa puede verse comprometida por la interacción de otros estímulos, como el salado. En el puré de papa, no detectaron diferencias significativas ($d' < 1$, $p > 0.05$) al obtener valores de d' más bajos. Este fenómeno de enmascaramiento concuerda con lo expuesto por Bolhuis et al. (2016), quienes demostraron que, en matrices saladas, las preferencias están influenciadas por el contenido de sal más que por el contenido de grasa. Otros factores, como la temperatura y la viscosidad, podrían incidir en esta percepción; no obstante, al no ser evaluados en este proyecto, representan interrogantes para futuras investigaciones.

Finalmente, en el ámbito metodológico, la prueba pareada 2AFC empleada en este estudio facilitó el cálculo de d' , el cual otorga un mayor rigor y peso estadístico a los análisis de discriminación sensorial (Brockhoff y Christensen, 2010). En el presente trabajo, el uso del parámetro d' permitió cuantificar con precisión la magnitud de la diferencia percibida y determinar cómo el estatus PROP influye en la sensibilidad sensorial en función de la matriz evaluada.

Asimismo, de acuerdo con Yang y Ng (2017), el método 2 AFC destaca como una de las pruebas de discriminación más robusta en la ciencia sensorial debido a su simplicidad experimental. Al evaluar solo dos muestras simultáneamente, se reduce de manera significativamente el impacto de la fatiga sensorial, el efecto de acumulación y la carga en la memoria de corto plazo, factores que suelen comprometer la validez en protocolos que involucran tres o más estímulos.

5. Conclusiones

Los resultados de esta investigación confirman que la sensibilidad al amargo influye en la capacidad de detección de grasa, aunque dicha asociación está supeditada a la naturaleza de la matriz alimentaria. Se evidenció que la composición del alimento condiciona la percepción sensorial, sugiriendo fenómenos de facilitación en matrices dulces y de enmascaramiento en matrices saladas.

A partir de estos hallazgos, se recomienda que futuras investigaciones evalúen diversas matrices que combine

múltiples estímulos gustativos para sustentar con mayor precisión estas interacciones. Asimismo, factores críticos como la temperatura y el estado físico (líquido o sólido) del alimento deben ser considerado en el diseño experimental, dado su potencial impacto en la detección de la grasa.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún interés financiero o relación personal que pudiera haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

Agradecimientos

A la Secretaria de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por el financiamiento a través del proyecto CF-2019/87193 y la beca de posgrado. A los voluntarios que han participado en este proyecto y a los profesores por la orientación en el desarrollo de este.

Referencias

- Abd, S., Abdul, M., Haji, H., Jan, H. and Abdul, M. (2025) 'Association between fat preference and fat taste sensitivity in healthy weight and obese pregnant women based on the pre-pregnancy body mass index', *Food Quality and Preference*. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2025.105428>
- Angulo, O. y O'Mahony, M. (2009). Aplicación del modelo de Thurston a las pruebas sensoriales de diferencia. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 59, 349-357.
- Barajas-Ramírez, J. A., Pardo-Nuñez, J., Aguilar-Raymundo, V. G., Gutiérrez-Salomón, A. L. (2024). Influence of taste sensitivity on preference and sensory perception of mezcal. *Food Research International*, 181, 114125. <http://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114125>
- Barlow, L. A. (2022). The sense of taste: Development, regeneration, and dysfunction. *WIREs Mechanisms Disease*. 14(3), e1547. <http://doi.org/10.1002/wsbm.1547>
- Besnard P, Passilly-Degrace P, Khan NA. Taste of Fat: A Sixth Taste Modality? *Physiol Rev*. 2016 Jan;96(1):151-76. doi: 10.1152/physrev.00002.2015. PMID: 26631596
- Bi, J. y Ennis, DM (1998). A Thurstonian variant of the beta-binomial model for replicated difference tests. *Journal of Sensory Studies*, 13: 461-466. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1998.tb00100.x>
- Bolhuis DP, Newman LP, Keast RS. Effects of Salt and Fat Combinations on Taste Preference and Perception. *Chem Senses*. 2016 Mar;41(3):189-95. doi: 10.1093/chemse/bjv079.
- Brockhoff, P. y Christensen, R. (2010). Thurstonian models for sensory discrimination tests as generalized linear models. *Food Quality and Preference*. 21, 330-338. <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.04.003>
- Brondel, L., Quilliot, D., Mouillot, T., Khan, N. A., Bastable, P., Boggio, V., Leloup, C, y Pénicaud, L. (2022). Taste of fat and obesity: Different hypotheses and our point of view. *Nutrients*, 14(3), 555. <http://doi.org/10.3390/nu14030555>
- Costanzo A, Orellana L, Nowson C, Duesing K, Keast R. (2017) Fat Taste Sensitivity Is Associated with Short-Term and Habitual Fat Intake. *Nutrients*, Jul 20;9(7):781. doi: 10.3390/nu9070781.
- Costanzo A. (2024). Temporal patterns in taste sensitivity. *Nutrition Review*, 82(6), 831-847. <http://doi.org/10.1093/nutrit/nuad097>
- Criado, C., Muñoz-González, C., Fernández-Ruiz, V., Arroyo, T., Cabellos, J. M., Palacios, A., & Pozo-Bayón, M. A. (2024). PROP taste status has limited impact on wine flavour perception and acceptability by consumers. *Food Quality and Preference*, 116, 105150 <http://doi.org/10.1016/j.foodqual.2024.105150>
- Deshaware, S., y Singhal, R. (2017). Genetic variation in bitter taste receptor gene TAS2R38, PROP taster status and their association with body mass index and food preferences in Indian population. *Gene*, 627, 363–368. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2017.06.047>

- Enciso-Ramírez, M. A., Reyes-Castillo, Z., y Valdés-Miramontes, E. H. (2023). Variantes genéticas en CD36: evidencia emergente en la percepción oral de las grasas y las preferencias alimentarias. *Nutrición Hospitalaria*, 40(6), 1262-1269. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.04711>
- Ennis, D.M. (1993). The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies*, 8: 353-370. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1993.tb00225.x>
- Ennis, J. M., & Jesionka, V. (2011). The Power Of Sensory Discrimination Methods Revisited. *Journal of Sensory Studies*, 26(5), 371–382. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2011.00353.x>
- Ennis, J. M., Rousseau, B., & Ennis, D. M. (2014). Sensory difference tests as measurement instruments: A review of recent advances. *Journal of Sensory Studies*, 29(2), 89–102. <https://doi.org/10.1111/joss.12086>
- Fabián, T.K., Beck, A., Fejérdy, P., Hermann, P. y Fábíán, G. (2015). Mecanismos moleculares del reconocimiento del gusto: Consideraciones sobre el papel de la saliva. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 16 (3), 5945-5974. <https://doi.org/10.3390/ijms16035945>
- Graham, C. A. M., Pilic, L., McGrigor, E., Brown, M., Easton, I. J., Kean, J. N., Sarel, V., Wehlye, Y., Davis, N., Hares, N., Barac, D., King, A., Mavrommatis, Y., y Pilic, L. (2021). The associations between bitter and fat taste sensitivity, and dietary fat intake: Are they impacted by genetic predisposition? *Chemical Senses*, 46, bjab020. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjab029>
- Griffin, L. E., Diako, C., Miller, L. E., Neilson, A. P., Ross, C. F., y Stewart, A. C. (2020). Preference for and sensitivity to flavanol mean degree of polymerization in model wines is correlated with body composition. *Appetite*, 144, 104442. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2019.104442>
- Jesionka, V., Rousseau, B., & Ennis, J. M. (2014). Transitioning from proportion of discriminators to a more meaningful measure of sensory difference. *Food Quality and Preference*, 32, 77–82. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.04.007>
- Jogan, M., y Stocker, A. A. (2014). A new two-alternative forced choice method for the unbiased characterization of perceptual bias and discriminability. *Journal of Vision*, Vol 14(3):22, <http://doi.org/10.1167/14.3.20>
- Karmous I., Doggui R., Sayed K. A, Ben A. N., Khan N.A, Jamoussi H. (2022). Is fat taste associated with diet quality? A cross-sectional study conducted among Tunisian adults. *Appetite*, 106138. <http://doi.org/10.1016/j.appet.2022.106138>
- Kinnamon S. C. y Finger T.E. (2019). Recent advances in taste transduction and signaling. *Faculty Reviews*, 17(8), 2117. <http://doi.org/10.12688/f1000research.21099.1>
- Liu D, Archer N, Duesing K, Hannan G, Keast R. (2016). Mechanism of fat taste perception: Association with diet and obesity. *Progress in Lipid Research*. Jul; 63:41-9. doi: 10.1016/j.plipres.2016.03.002.
- Martínez-Ruiz, N.R., López-Díaz, J.A., Wall-Medrano, A., Jiménez-Castro, J.A. y Angulo O. (2014). Oral fat perception is related with body mass index, preference and consumption of high-fat foods. *Physiology Behavior*, 22, 129:36-42. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2014.02.010>
- Nasser, J. A., Kissileff, H. R., Boozer, C. N., Chou, C.J. y Pi-Sunyer, F.X. (2001). PROP taster status and oral fatty acid perception. *Eating Behavior*, 2(3), 237-45. [http://doi.org/10.1016/s1471-0153\(01\)00031-9](http://doi.org/10.1016/s1471-0153(01)00031-9)
- Reed DR, Xia MB. Recent advances in fatty acid perception and genetics. *Adv Nutr*. 2015 May 15;6(3):353S-60S. doi: 10.3945/an.114.007005.
- Subramanian, G., Ponnusamy, V., Vasanthakumar, K., Panneerselvan, P., Krishnan, V., Subramanian, S. (2024). The gustin gene variation at rs2274333 and PROP taster status affect dietary fat perception: a stepwise multiple regression model study. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 128:109619. <http://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2024.109619>
- Tepper, B. J, Christensen, C. M. y Cao, J. (2001). Development of brief methods to classify individuals by PROP taster status. *Physiology & Behavior*.73(4), 571-577. [http://doi.org/10.1016/s0031-9384\(01\)00500-5](http://doi.org/10.1016/s0031-9384(01)00500-5)
- Tuzim, K. y Korolczuk, A. (2021) An update on extra-oral bitter taste receptors. *Journal of Translational Medicine*, 19(1), 440. <http://doi.org/10.1186/s12967-021-03067-y>
- O'Mahony, M., S. Masuoka and R. Ishii. 1994. A theoretical note on difference tests: models, paradoxes and cognitive strategies. *Journal Sensory Studies*, 9: 247-272.
- Ponnusamy, V., Subramanian, G., Muthuswamy, K., Shanmugamprema, D., Vasanthakumar, K., Krishnan, V., y Subramanian, S. (2023). Tongue papillae density and fat taster status- a cardinal role on sweet and bitter taste perception among Indian population. *Food Research International*, 163, 112294. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112294>
- Yang, Q., y Ng, M. L. (2017). Paired comparison/directional difference test/2-alternative forced choice (2-AFC) test, simple difference test/same-different test. En L. Rogers (Ed.), *Discrimination testing in sensory science* (pp. 109–134). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101009-9.00005-8>
- Zhou X, Shen Y, Parker JK, Kennedy OB, Methven L. (2016). Relative Effects of Sensory Modalities and Importance of Fatty Acid Sensitivity on Fat Perception in a Real Food Model. *Chemosensory Perception*, 9:105-119. doi: 10.1007/s12078-016-9211-5.