

Análisis de la sensibilidad gustativa al estímulo amargo en dos poblaciones mexicanas

Barajas-Ramírez J.A.^{a*}, Aguilar-Raymundo V.G.^a, León-Medina M.M.^{a,b}, Sánchez-Gutiérrez M.E.^c,

^a Universidad Politécnica de Pénjamo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Carretera Irapuato – La Piedad, Predio El Derramadero, Km 44. C.P. 36900, Pénjamo, Guanajuato, México.

^b CONAHACYT- Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. Av. Normalistas 800 Colinas de la Normal. Guadalajara, Jalisco. C.P. 44270

^c Universidad Autónoma de la Ciudad de México, Colegio de Ciencia y Tecnología, Ciudad de México, México. Dr. García Diego núm. 168, Doctores, Cuauhtémoc, C.P. 06720

* jabarajas@uppenjamo.edu.mx

RESUMEN

La sensibilidad gustativa al sabor amargo del propiltiouracilo ha sido considerada como un indicador de sensibilidad general a diversos estímulos orales. La intensidad de percepción del propiltiouracilo permite clasificar a las personas como No Degustadoras (ND), Degustadoras (D) y Superdegustadoras (SD). La sensibilidad a propiltiouracilo varía entre poblaciones. En México existen pocos estudios sobre la distribución de estas frecuencias. El objetivo de este estudio fue identificar y analizar las proporciones de ND, D y SD en dos poblaciones de la región central de México. La sensibilidad a propiltiouracilo de los participantes (148 en Guanajuato y 163 en Hidalgo) se evaluó empleando el método de tres soluciones. La distribución total de frecuencias fue de 50 ND, 204 D y 57 SD, sin existir diferencia entre poblaciones [$\chi^2_{(2,0.05)} = 4.83$; $P = \text{NS}$]. Las proporciones correspondieron con 16, 66 y 18 % de ND, D y SD, respectivamente; lo que representa una diferencia entre la muestra analizada y las reportadas en muestras de poblaciones mexicanas del norte y el oriente de México. Los resultados de este trabajo pueden generar pautas para el desarrollo de más estudios en el área de evaluación sensorial de este tipo en México.

Palabras clave: Sensibilidad gustativa, Propiltiouracilo, Distribución de frecuencias

ABSTRACT

Taste sensitivity to the bitter taste of propylthiouracil has been considered an indicator of general sensitivity to various oral stimuli. The intensity of perception of propylthiouracil makes it possible to classify people as Non-Tasters (NT), Tasters (T), and Supertasters (ST). Sensitivity to propylthiouracil varies between populations. In Mexico, there are few studies on the distribution of these frequencies. The aim of this study was to identify and analyze the proportions of NT, T, and ST in two populations from the central region of Mexico. The sensitivity to propylthiouracil of the participants (148 in Guanajuato and 163 in Hidalgo) was evaluated using the three-solution test. The total distribution of frequencies was 50 NT, 204 T, and 57 ST, with no difference between populations [$\chi^2_{(2,0.05)} = 4.83$; $P = \text{NS}$]. The proportions corresponded to 16, 66 and 18% NT, T, and ST, respectively; signifying a difference between the sample analyzed and recent studies conducted among population samples from the north and east of Mexico. The results of this work can generate guidelines for developing more studies of this kind in the area of sensory evaluation in Mexico.

Keywords: Taste sensitivity, Propylthiouracil, Frequencies distribution

INTRODUCCIÓN

La sensibilidad gustativa al sabor amargo impartido por el propiltiouracilo (PROP), difiere entre individuos (Chamoun et al., 2018). Los humanos pueden ser clasificados de acuerdo con la intensidad con que perciben el sabor amargo de esta sustancia en No Degustadores (ND), Degustadores (D) y Superdegustadores (SD) al PROP. Los SD reportan que el sabor de esta sustancia es muy intenso, mientras que los ND lo reportan como poco intenso o casi imperceptible (Deshaware & Singhal, 2017).

La sensibilidad gustativa a PROP ha sido considerada como indicador de sensibilidad gustativa general a estímulos orales como el dulce, el ácido y amargo (Hwang et al., 2016; Melis & Barbarossa, 2017); así como el graso (Ebba et al., 2012) y las diferencias texturales (Hayes & Duffy, 2007), por lo que podría influir en las preferencias y hábitos de consumo de alimentos (Diószegi et al., 2019), alcohol (Kurshed et al., 2023) y tabaco (Baker et al., 2018), contribuyendo entre otras cosas a diferencias en el Índice de Masa Corporal de las personas (Melis et al., 2021).

La sensibilidad a PROP se ha asociado con diferencias en tres sitios polimórficos del gen *TAS2R38* (Melis & Barbarossa, 2017; Naciri et al., 2023). Estudios en diferentes regiones del mundo han mostrado que las frecuencias de ND, D y SD pueden variar entre poblaciones (Robino et al., 2014; Wang et al., 2022). Las poblaciones de individuos de origen caucásico en Estados Unidos y Europa suelen tener una distribución cercana al 25, 50 y 25 % de ND, D y SD, respectivamente; lo que se ha asociado con las frecuencias alélicas de los polimorfismos mencionados en esa población (Caló et al., 2011; Melis et al., 2022). Otras estimaciones señalan una distribución cercana al 70% degustadores y 30% ND en poblaciones caucásicas en estados Unidos y Europa, con una distribución de 30, 45 y 25 % de ND, D y SD, respectivamente (Zhao & Tepper, 2007). En general, las frecuencias de ND, D y SD en poblaciones de este origen suelen tener poca variación con respecto a estos valores (Guo & Reed, 2001).

Los estudios relacionados con las frecuencias de ND, D y SD a PROP en poblaciones mexicanas son escasos. Se han realizado estudios en la región norte (Martínez-Ruiz et al., 2014) y sur (Barajas-Ramírez et al., 2016) del país, revelando una menor prevalencia de ND en comparación con las poblaciones caucásicas.

Debido a la trascendencia que puede tener la sensibilidad gustativa a PROP en la selección de alimentos, el riesgo a desarrollar padecimientos como ciertos tipos de cáncer (Lambert et al., 2019) o el desarrollo de sobrepeso u obesidad, la identificación de la distribución proporciones de este rasgo en poblaciones mexicanas puede aportar elementos para abrir pautas al desarrollo de políticas públicas orientadas a la disminución de padecimientos o estados que pongan en mayor susceptibilidad a la población. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación consistió en identificar y analizar las proporciones de ND, D y SD en dos poblaciones del centro del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Participantes. Se realizaron pruebas de sensibilidad gustativa en dos poblaciones de México. Los participantes fueron personas de origen mexicano, con edades entre 18 y 47 años (178 mujeres, 133 hombres). Los sujetos fueron previamente informados sobre los procedimientos que se realizarían y se les notificó que las pruebas no representarían ningún riesgo a su salud. Los participantes firmaron un consentimiento informado antes de comenzar con alguna prueba, de acuerdo con los principios de la declaración de Helsinki.

Sensibilidad gustativa. La sensibilidad gustativa al estímulo amargo del propiltiouracilo fue evaluada empleando el método de tres soluciones (Tepper et al., 2001). Los participantes se presentaron a la sesión sin haber consumido algún alimento o bebida y sin haberse aseado la boca, al menos una hora antes de la prueba. Los sujetos recibieron 10 mL de cada una de tres soluciones de propiltiouracilo (0.032, 0.32 y 3.2 mM/L) y tres soluciones de cloruro de sodio (0.01, 0.1 y 1.0 M/L) en vasos plásticos del número cero, identificados con números aleatorios de tres dígitos. Antes de probar alguna solución, los participantes debieron enjuagar su boca con agua. Después de probar cada una

de las soluciones, los sujetos evaluaron su intensidad con una escala Lineal de Magnitud Etiquetada (LMS) de 100 mm de longitud, que contenía las etiquetas “apenas detectable”, “débil”, “moderada”, “fuerte”, “muy fuerte” y “la más fuerte imaginable”, localizadas en los puntos 1.4, 6.0, 17.0, 34.7, 52.5 y 100. La escala fue presentada en una computadora, con acceso a internet para el registro de las respuestas de los participantes en la plataforma frontera2019.com.mx.

Las respuestas de los sujetos ante los estímulos amargo del propiltiouracilo, y salado del cloruro de sodio fueron graficadas. Los sujetos fueron clasificados como degustadores cuando la intensidad de percepción de los dos estímulos fue similar, como no degustadores cuando la intensidad de percepción del salado fue superior que el amargo, y como superdegustadores cuando el individuo indicó que la intensidad del estímulo amargo era muy superior a la del estímulo salado (Tepper et al., 2001).

Análisis estadístico. Las frecuencias de sujetos en cada una de las categorías fueron comparadas entre poblaciones. Las frecuencias observadas en las dos poblaciones mexicanas analizadas se compararon con las frecuencias esperadas, de acuerdo con los resultados de estudios de otras poblaciones mexicanas, y en poblaciones caucásicas, en la que más reportes existen. Las comparaciones de frecuencias se realizaron empleando chi-cuadrada. Se utilizó $P < 0.05$ para indicar diferencia significativa.

RESULTADOS

Sensibilidad a propiltiouracilo

Las cantidades de mujeres y hombres participantes (84 mujeres y 64 hombres en la muestra poblacional de Guanajuato, 94 mujeres y 69 hombres en la muestra poblacional de Hidalgo) no fueron significativamente diferentes [$\chi^2 = 2.70$ y $\chi^2 = 3.83$, respectivamente; $P = NS$ en ambas]. La sensibilidad a propiltiouracilo (PROP) de cada participante se determinó al comparar los valores de intensidad percibida reportados para los estímulos amargo y graso. Los participantes fueron agrupados en ND, D y SD, de acuerdo con la intensidad de percepción de propiltiouracilo y NaCl. La Tabla 1 muestra los valores de intensidad promedio registrados para el estímulo amargo en cada uno de los grupos.

Tabla 1. Valores asignados a cada solución de propiltiouracilo (PROP) y NaCl por grupo de sensibilidad al estímulo amargo

Estímulo	Sensibilidad a propiltiouracilo		
	No degustadores (n= 50)	Degustadores (n=204)	Superdegustadores (n=57)
0.032 mM PROP	0.37 (0.05) <i>b</i>	1.08 (0.07) <i>a</i>	1.40 (0.16) <i>a</i>
0.32 mM PROP	1.00 (0.09) <i>c</i>	3.23 (0.11) <i>b</i>	4.24 (0.16) <i>a</i>
3.2 mM PROP	2.63 (0.12) <i>c</i>	6.18 (0.16) <i>b</i>	7.61 (0.25) <i>a</i>
0.01 M NaCl	1.16 (0.12) <i>a</i>	0.99 (0.06) <i>ab</i>	0.74 (0.06) <i>b</i>
0.1 M NaCl	3.08 (0.25) <i>a</i>	2.97 (0.12) <i>a</i>	1.91 (0.12) <i>b</i>
1.0 M NaCl	6.01 (0.25) <i>a</i>	6.48 (0.16) <i>a</i>	4.59 (0.18) <i>b</i>

Valores corresponden con medias (SE). Letras diferentes entre columnas indican diferencia significativa (Tukey, $P < 0.05$)

El comportamiento de los sujetos en ambas poblaciones al indicar la intensidad de percepción de las soluciones de propiltiouracilo y NaCl fue similar. Los grupos de hombres y mujeres clasificados como ND, D y SD, de los estados de Hidalgo y Guanajuato que participaron en el estudio, emplearon la escala de la misma manera ante las soluciones recibidas [$P=NS$], y las diferencias en la intensidad de percepción obedecieron a la sensibilidad a PROP.

Efecto de sexo

Las proporciones de sujetos clasificados como ND, D y SD a PROP fueron diferentes entre hombres y mujeres en las dos poblaciones. La Figura 1 muestra los porcentajes de sujetos clasificados por cada categoría en las dos poblaciones.

En Guanajuato se observó un porcentaje de hombres clasificados como D, ligeramente menor que el de mujeres, la proporción de hombres clasificados como SD fue mayor que la de mujeres ($\chi^2 = 8.01$; $P<0.01$). La muestra poblacional del estado de Hidalgo tuvo un comportamiento un tanto diferente al descrito anteriormente. En esta población, la proporción de mujeres clasificadas como D fue menor que en la población de Guanajuato, pero la cantidad de mujeres clasificadas como SD fue superior a la de hombres identificados con esta categoría ($\chi^2 = 13.53$; $P<0.001$).

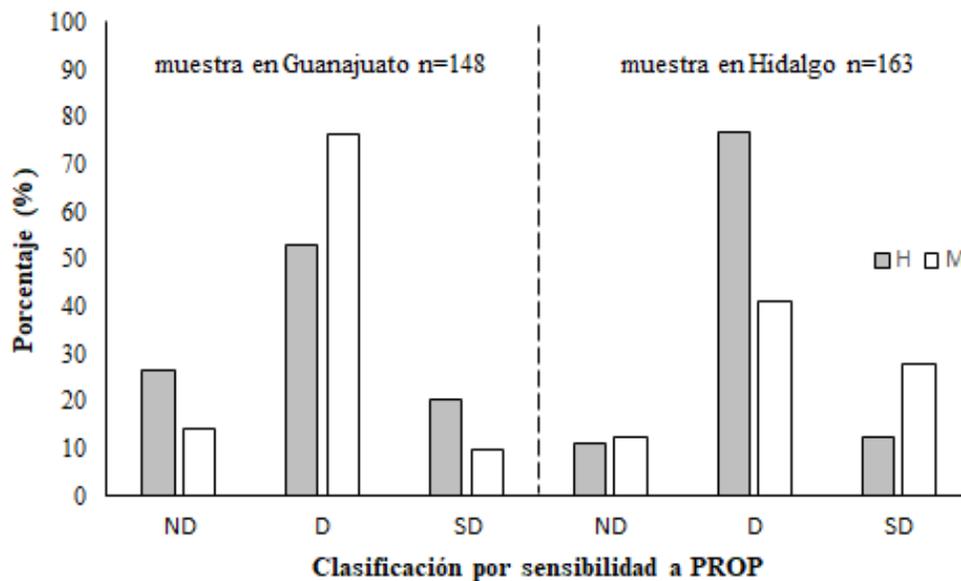


Figura 1. Porcentaje de sujetos por su nivel de sensibilidad a PROP y sexo en cada estado

En el estudio de Wang et al. (2022) se reportó un análisis de sensibilidad gustativa al estímulo amargo impartido por feniltiocarbamida, un compuesto que, al igual que PROP, contiene el grupo N-C=S, que le proporciona su característico sabor amargo y que ha sido empleado en estudios de sensibilidad y genética. En el reporte mencionado, los investigadores señalaron no haber encontrado diferencia en las frecuencias de ND, D y SD a PTC entre cuatro regiones de China, aunque sí encontraron diferencia en las proporciones de ND y SD entre los hombres y mujeres participantes. De la misma manera, Choi & Chan (2015) reportaron una mayor frecuencia de mujeres

degustadoras y superdegustadoras que hombres en esta categoría, lo que fue asociado con que las mujeres presentaron mayor densidad de papilas gustativas que los hombres.

Frecuencias por poblaciones

Las frecuencias registradas de cada uno de los tres niveles de sensibilidad a propiltiouracilo se muestran en la Figura 2. Las cantidades observadas de sujetos No degustadores, Degustadores y Superdegustadores en Guanajuato fueron de 29, 98 y 21, respectivamente; mientras que, en la muestra de sujetos de Hidalgo, correspondieron con 21, 106 y 36, respectivamente. Las poblaciones no fueron significativamente diferentes en cuanto a las frecuencias observadas en cada categoría [$\chi^2_{(2,0.05)} = 4.83$; $P=NS$].

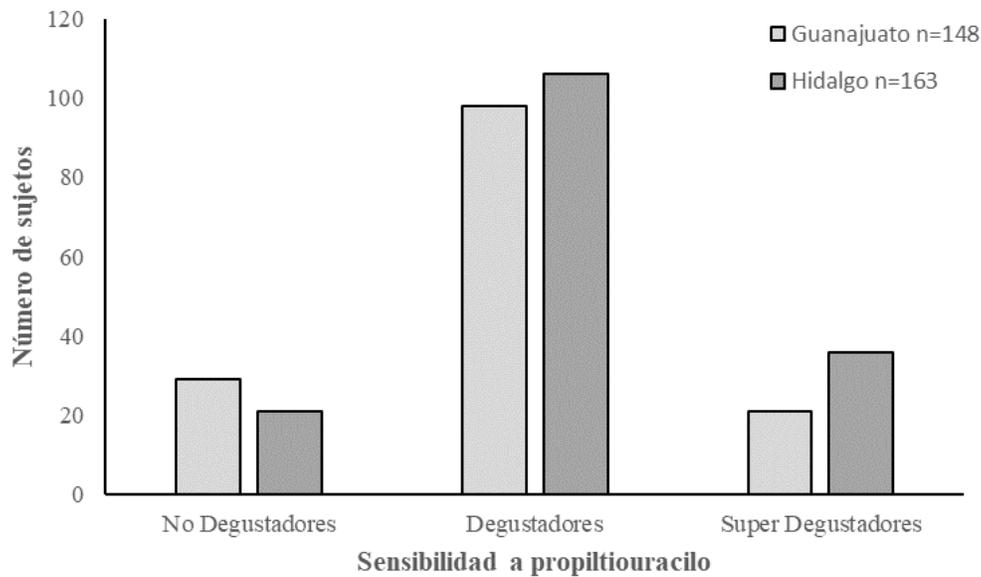


Figura 2. Frecuencia de sujetos por nivel de sensibilidad a propiltiouracilo en las muestras poblacionales de Guanajuato e Hidalgo

Al no existir diferencia en las frecuencias de ND, D y SD entre estas poblaciones, las frecuencias observadas en cada categoría se conjuntaron y su resultado podría suponer la distribución de frecuencias en estas poblaciones mexicanas, correspondiendo con el 16, 66 y 18% de ND, D y SD, respectivamente. Las frecuencias de ND, D y SD encontradas en las muestras de dos estados del centro de México difieren del 13, 55 y 32%, respectivos [$\chi^2_{(2,0.05)} = 16.62$; $P<0.001$], encontrados en una población de mexicanos habitantes en la ciudad de Veracruz, ubicada al oriente de la República Mexicana (Barajas-Ramírez et al., 2016). Los resultados encontrados en este estudio fueron comparados con los que se reportaron en la ciudad de Chihuahua, localizada en la frontera norte de México (Martínez-Ruiz et al., 2014). Aunque en aquel trabajo, los sujetos fueron clasificados solamente como degustadores y no degustadores, con frecuencias de 90% y 10%, respectivamente, la metodología empleada fue la misma y las

frecuencias fueron diferentes a las observadas en esta muestra poblacional de la región central de México [$\chi^2_{(1,0.05)} = 4.87; P < 0.05$].

Las diferencias de frecuencias observadas entre poblaciones de acuerdo con su origen étnico es un fenómeno común que ha sido reportado en distintos estudios. Mientras que las frecuencias de ND, D y SD en poblaciones de origen caucásico son cercanas a una distribución mendeliana, las frecuencias en poblaciones con una elevada carga genética de origen asiático o africano suelen alejarse de dicha distribución (Guo & Reed, 2001). En México se registra carencia de estudios de este tipo y, aunque no se tienen datos sobre sensibilidad al estímulo amargo impartido por PROP en poblaciones de origen Amerindio de la zona de Mesoamérica, existen reportes en los que se emplearon pruebas de umbrales de detección; es decir, la identificación de la concentración mínima a la que se detecta el sabor amargo, de la feniltiocarbamida, en poblaciones del centro y sur de México, en los que se encontraron proporciones de ND cercanas al 10% (Aréchiga-Viramontes & Mejía Sánchez, 2013; Kalmus et al., 1964).

La población mestiza en México es resultado de alrededor de 500 años de mezcla de poblaciones Amerindia, con componentes de poblaciones Europea y Africana, principalmente. Las poblaciones mestizas del Occidente y Norte de México (Guadalajara y Chihuahua) poseen un mayor componente europeo que la población del centro del país, representada por la Ciudad de México, la cual muestra una mayor presencia de componentes Amerindios (Rangel-Villalobos et al., 2008). Las poblaciones en las que se realizaron las pruebas de sensibilidad gustativa en este estudio se encuentran en la zona Centro de México y, aunque no se cuenta con información precisa de la carga genética de estas poblaciones en particular, es probable que, por su cercanía, la composición genética sea más similar a la de la Ciudad de México, con una mayor carga genética de población Amerindia, lo que podría conferirles el efecto de poseer una menor sensibilidad al estímulo amargo del PROP y que podría ser resultado de la adaptación al ambiente y la dieta.

La distribución de frecuencias de sujetos ND, D y SD observadas en las poblaciones de Guanajuato e Hidalgo es diferente a la observada en la población de origen Caucásico, la cual suele ser cercana al 30, 45 y 25 % de ND, D y SD, respectivamente, y presenta menor dispersión de frecuencias entre estudios que otras poblaciones como las de origen africano e Indio (Guo & Reed, 2001; Risso et al., 2016).

La hipótesis de que una mayor sensibilidad al sabor amargo impartido por PROP y feniltiocarbamida funciona como factor protector o preventivo contra el consumo de tabaco y alcohol, y que además condiciona al menor consumo de vegetales con preponderante sabor amargo, es generalmente aceptada (Tepper et al., 2009). A pesar de ello, es preciso hacer notar que existen estudios en los que no se ha encontrado relación entre esas variables (Yackinous & Guinard, 2002; Wilkerson et al., 2008). En el mismo sentido, existen estudios que han relacionado la menor sensibilidad al estímulo amargo con mayores valores de IMC o mayor propensión a presentar sobrepeso u obesidad (Trius-Soler et al., 2022). Al ser México un país en el que el sobrepeso y la obesidad son elevados, el desarrollo de estudios en los que se evalúe la relación entre la sensibilidad a PROP y el IMC, considerando factores adicionales como los hábitos de consumo de alimentos, el ambiente y otros elementos genéticos, puede contribuir a comprender mejor dicho efecto.

CONCLUSIÓN

Las frecuencias de no degustadores, degustadores y superdegustadores a propiltiouracilo en las muestras de las poblaciones de Hidalgo y Guanajuato fueron similares entre sí; aunque son diferentes a las

reportadas en poblaciones del norte y sur de México, en las que se han realizado estudios de este tipo. Por la importancia que puede tener este rasgo fenotípico en aspectos de hábitos de consumo de alimentos y salud, es recomendable realizar más estudios de esta índole en México.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las Instituciones de adscripción por el apoyo otorgado durante el desarrollo del proyecto; así como, al Consejo Nacional de Ciencia, Humanidades y Tecnología por el financiamiento otorgado a través del fondo CONAHCyT Ciencia de Frontera 2019 / 87193.

BIBLIOGRAFÍA

- Aréchiga-Viramontes & Mejía-Sánchez, M. (2013). Sensibilidad gustativa a la feniltiocarbamida en poblaciones mayas. *Estudios de Cultura Maya*, 21, 15-24.
- Baker, A.N., Miranda, A.M., Garneau, N.L. & Hayes, J.E. (2018). Self-reported smoking status, *TAS2R38*, variants, and propylthiouracil phenotype: An exploratory crowdsourced cohort study. *Chemical Senses*, 43, 617-625.
- Barajas-Ramírez, J.A., Quintana-Castro, R., Oliart-Ros, R.M. & Angulo-Guerrero, O. (2016). Bitter taste perception and *TAS2R38* genotype: effects on taste sensitivity, food consumption and anthropometry in Mexican adults. *Flavour and Fragrance Journal*, 31(4), 310-318
- Caló, C., Padiglia, A., Zonza, A., Corrias, L., Contu, P., Tepper, B.J. & Barbarossa, I.T. (2011). Polymorphisms in *TAS2R38* and the taste bud trophic factor, *gustin* gene co-operate in modulating PROP taste phenotype. *Physiology & Behavior*, 104(5), 1065-1071.
- Chamoun, E., Hutchinson, J.M., Krystia, O., Mirotta, J.A., Mutch, D.M., Buchholz, A.C., Duncan, A.M., Choi, S.E. & Chan, J. (2015). Relationship of 6-n-propylthiouracil taste intensity and chili pepper use with body mass index, energy intake, and fat intake within an ethnically diverse population. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*. 115(3), 389-396
- Deshaware, S. & 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
- Diószegi, J., Llanaj, E. & Ádány, R. (2019). Genetic background of taste perception, taste preferences, and its nutritional implication: A systematic review. *Frontiers in Genetics*, 10, 1272
- Ebba, S., Abarintos, R. A., Kim, D.G., Tiyouh, M., Stull, J.C., Movalia, A. & Smutzer, G. (2012). The examination of fatty acid taste with edible strips. *Physiology and Behavior*, 106(5), 579-586
- Guo, S.W. & Reed, D. R. (2001). The genetics of pheniltiocarbamide perception. *Annals of Human Biology*. 28(2), 111-142
- Hayes, J. E. & Duffy, V.B. (2007). Revisiting sugar-fat mixtures: Sweetness and creaminess vary with phenotypic markers of oral sensation. *Chemical Senses*, 32, 225-236
- Hwang, L.D., Breslin, P.A.S. Reed, D.R., Zhu, G., Martin, N.G., & Wright, M.J. (2016). Is the association between sweet and bitter perception due to genetic variation? *Chemical Senses*, 41, 737-744
- Kalmus, H.; De Garay, A.L.; Rodarte, U.; & Cobo, L. (1964). The frequency of PTC tasting, hard ear wax, colour blindness and other genetical characters in urban and rural Mexican populations. *Human Biology*. 36(2), 134-145

- Kurshed, A.A.M., Vincze, F., Pikó, P., Kósa, Z., Sándor, J., Ádány, R. & Diószegi, J. (2023). Taste preference-related genetic polymorphism modify alcohol consumption behavior of the Hungarian General and Roma populations. *Genes*, 14, 666
- Lambert, J.D.; VanDusen, S.R.; Cockcroft, J.E.; Smith, E.C., Greenwood, D.C. & Cade, J.E. (2019). Bitter taste sensitivity, food intake, and risk of malignant cancer in the UK Women's Cohort Study. *European Journal of Nutrition*. 58(5), 2111-2121
- Martínez-Ruiz, N.R., Wall-Medrano, A., Jiménez-Castro, J.A., Díaz-López, J.A. & Angulo-Guerrero, O. (2014). Relación entre el fenotipo PROP, el índice de masa corporal, la circunferencia de cintura, la grasa corporal total y el consumo dietario. *Nutrición Hospitalaria*, 29(1), 173-179
- Melis, M. & Barbarossa, I.T. (2017). Taste perception of sweet, sour, salty, bitter, and umami and changes due to L-arginine supplementation, as a function of genetic ability to taste 6-n-propylthiouracil. *Nutrients*, 9, 541
- Melis, M., Mastinu, M., Naciri, L.C., Muroli, P. & Barbarossa, I.T. (2022). Associations between sweet taste sensitivity and polymorphisms (SNPs) in the TAS1R1 and TAS1R3 genes, gender, PROP tastes status, and density of fungiform papillae in a genetic homogeneous Sardinian cohort. *Nutrients*, 14, 4903
- Melis, M., Mastinu, M., Pintus, S., Cabras, T., Crnjar, R. & Barbarossa, I.T. (2021). Differences in salivary proteins as a function of PROP taster status and gender in normal weight and obese subjects. *Molecules*, 26, 2244
- Naciri, L.C., Mastinu, M., Crnjar, R., Barbarossa, I.T. & Melis, M. (2023). Automated identification of the genetic variants of TAS2R38 bitter taste receptor with supervised learning. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 21, 1054-1065
- Rangel-Villalobos, H., Muñoz-Valle, J.F.; González-Martín, A., Gorostiza, A., Magaña, M.T. & Páez-Riveros, L.A. (2008). Genetic admixture, relatedness, and structure patterns among Mexican populations revealed by the Y-chromosome. *American Journal of Physical Anthropology*. 135, 448-461
- Risso, D.S., Kozlitina, J., Sainz, E., Gutierrez, J., Wooding, S., Getachew, B., Luiselli, D., Berg, C.J. & Drayna, D. (2016). Genetic variation in the TAS2R38 bitter taste receptor and smoking behaviors. *PLoS ONE*, 11(10), e0164157
- Robino, A., Mezzavilla, M., Pirastu, N., Dognini, M., Tepper, B.J. & Gasparini, P. (2014). A population-based approach to study the impact of PROP perception on food liking in populations along the Silk Road. *PLoS ONE*. 9 (3), e91716
- Tepper, B.J., Christensen, C.M. & Cao, J. (2001). Development of brief methods to classify individuals by PROP taster status. *Physiology and Behavior*. 73(4), 571-577
- Tepper, B.J.; White, E.A.; Koelliker, Y.; Lanzara, C.; d'Adamo, P. & Gasparini, P. (2009). Genetic variation in taste sensitivity to 6-n-propylthiouracil and its relationship to taste perception and food selection. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1170, 126-139
- Trius-Soler, M.; Bersano-Reyes, P.A.; Góngora, C.; Lamuela-Raventós, R.M.; Nieto, G & Moreno, J.J. (2022). Association of phenylthiocarbamide perception with anthropometric variables and intake and liking for bitter vegetables. *Genes & Nutrition*. 17(1), 12
- Wang, X., Wang, L., Xia, M., Teng, F., Chen, X., Huang, R., Zhou, J., Xiao, J. & Zhai, L. (2022). Variations in the TAS2R38 gene among college students in Hubei. *Hereditas*, 159(1), 46
- Wilkerson, J.E.; Bailey, J.M.; Bieniasz, M.E.; Rock, C.L. & Ruffin, M.T. (2008). Cervical cancer precursors, diet and bitter taste (6-n-propylthiouracil 'PROP') receptors. *The Open Nutrition Journal*. 2, 51-53
- Yackinos, C.A. & Guinard, J.X. (2002). Relation between PROP (6-n-propylthiouracil) taster status, taste anatomy and dietary intake measures for young men and women. *Appetite*. 38,201-209

Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Zhao, L. & Tepper, B.J. (2007) Perception and acceptance of selected high-intensity sweeteners and blends in model soft drinks by propylthiouracil (PROP) non-tasters and super-tasters. *Food Quality and Preference*. 18, 531-540