

Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos

Difference tests in the sensorial analysis of food

RICARDO OLIVAS-GASTÉLUM¹, GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ-MOORILLÓN²,
MARÍA GUADALUPE GASTÉLUM-FRANCO²

Resumen

La evaluación sensorial de alimentos es de suma importancia en la investigación y el desarrollo de alimentos. El tipo de análisis sensorial dependerá del tipo de información requerida, y en este sentido, el presente artículo provee un panorama de las estrategias utilizadas en pruebas de diferencia, que se utilizan cuando se desea conocer si dos alimentos son perceptiblemente distintos. Las pruebas de diferencia son ampliamente usadas tanto en la academia como en la industria, con aplicaciones en el control de calidad, el estudio del impacto por cambios en la formulación o el proceso, la habilidad de los consumidores para discriminar entre dos productos similares, entre otras aplicaciones. Primero, se presenta una revisión de las pruebas discriminativas, haciendo énfasis en los diferentes tipos de pruebas, para luego describir las teorías de análisis estadístico de resultados, describiendo especialmente, los diversos problemas que se presentan en este tipo de pruebas. Finalmente, se presenta la modelación Thurstoniana que puede ser usada para obtener información, considerando el procesamiento central en el cerebro. La consideración de todas estas variables permitirá la selección del protocolo más adecuado en investigaciones de evaluación sensorial con este tipo de pruebas.

Palabras clave: Análisis sensorial, pruebas estadísticas, pruebas de diferencia

Abstract

Food sensorial analysis is an important area in research and development of new food alternatives. The type of sensorial analysis used, will depend on the type of information required; in this sense, this article contains a panoramic view of some difference tests, which are used to determine if there are perceptible differences among two food sample. These tests are widely used both in academy and industry, in applications such as food process quality control, evaluation of the impact on changes in food process or formulation, as well as for the ability of consumers to distinguish between two similar products, among other applications. First, there is a revision of discriminative tests, emphasizing on the different test included; then, the descriptions of the theories of analysis of results are included, especially describing the problems related to those analyses. Finally, the Thurstonian modeling is explained, that can be used to obtain information, considering the central processing of information that is carried out in the brain. The consideration of all the above variables, will allow select the most appropriate protocol for the type of sensorial analysis required in a particular food analysis

Keywords: Sensorial analysis, statistical tests, difference tests

Introducción

La aceptación de los alimentos por los consumidores, está muy relacionada con la percepción sensorial de los mismos, y es común que existan alimentos altamente nutritivos, pero que no son aceptados por los consumidores. De aquí parte la importancia del proceso de evaluación sensorial en los alimentos, siendo ésta una técnica de medición tan importante, como los métodos químicos, físicos y microbiológicos.

La evaluación sensorial es el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos, y deriva del latín *sensus*, que quiere decir sentido (Anzaldúa – Morales, 1994). Las técnicas de evaluación sensorial

tienen fundamento científico al igual que otros tipos de análisis, al ser respaldadas por la estadística y la psicología, entre otras disciplinas. El estudio sensorial es de suma importancia en la industria de los alimentos

¹ Estudiante de posgrado. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos, Universidad de las Américas, Cholula, Puebla, 72820, México. Tel (222) 229 2126 Fax (222) 229 2727. Correo electrónico: ricardo.olivasgm@udlap.mx

² Profesor-Investigador de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Chihuahua. Apdo. Postal 1542-C Chihuahua, Chihuahua 31170 México. Tel/Fax (614)414-4492. Correo electrónico: vnevare@uach.mx, ggastel@uach.mx

y tiene aplicaciones aún insospechadas, si tan solo se estudia seria y cuidadosamente. La evaluación sensorial de alimentos se lleva a cabo por medio de diferentes pruebas, dependiendo del tipo de información que se busque obtener. Existen tres tipos principales de pruebas: las pruebas afectivas, las de discriminación, y las descriptivas. Las pruebas afectivas son aquellas que buscan establecer el grado de aceptación de un producto a partir de la reacción del juez evaluador. Por otro lado, las pruebas de discriminación son aquellas en las que se desea establecer si dos muestras son lo suficientemente diferentes para ser catalogadas como tal. Finalmente, las pruebas descriptivas intentan definir las propiedades de un alimento y medirlas de la manera más objetiva posible (Anzaldúa – Morales, 1994). Cada tipo de prueba busca obtener información de una o varias muestras de alimento, no obstante, el tipo de información a obtener es muy diferente para cada una de ellas. El objetivo del presente documento, es hacer una revisión de diversas pruebas discriminativas, considerando sus características y utilidad.

Pruebas discriminativas. Se deben usar cuando un investigador desea determinar si dos muestras son perceptiblemente diferentes (Stone y Sidel, 1993). Es posible que dos muestras tengan formulaciones químicamente diferentes, pero la percepción sensorial de las personas sea incapaz de percibir la diferencia. El desarrollo de productos se basa en esta posibilidad, al reformular los ingredientes de los alimentos, procurando que el consumidor no detecte diferencia alguna. Por otro lado, cuando se busca reformular para crear un producto nuevo o mejorado, es deseable que el consumidor detecte diferencia entre el producto nuevo y el ya existente (Lawless y Heymann, 1999).

Las pruebas discriminativas son concebidas como pruebas simples, sin embargo, la teoría asociada a éstas las hace más complejas de lo que se considera inicialmente. Las pruebas discriminativas son ampliamente utilizadas en la academia y en la industria, en los procedimientos de control de calidad, en el estudio del impacto por cambios en la formulación o el proceso, así como en la habilidad de los consumidores para discriminar entre dos productos similares (Lee *et al.*, 2007). Las pruebas de discriminación son de mayor utilidad cuando se tienen solamente dos productos para evaluar. Esto no debe confundirse con el número de muestras que utilizan los distintos procedimientos, ya que hay pruebas que presentan más de dos muestras a los evaluadores, pero evalúan diferencia entre dos

productos. Es posible realizar pruebas de diferenciación de más de dos productos, pero no son eficientes y carecen de fondo estadístico (Lawless y Heymann, 1999).

Existen distintos tipos de pruebas discriminativas; algunas buscan establecer si hay o no diferencia entre dos muestras, independientemente de la razón por la cual se podría generar esta. Por otro lado, también existen pruebas de diferencia que identifican un atributo o característica como la fuente de posible diferencia (e.g. dulzura, amargor, sabor a cocido). La estrategia cognitiva para cada prueba es diferente, por tanto su eficacia para encontrar diferencias varía, aún cuando la diferencia real entre dos muestras sea constante (O'Mahony y Rousseau, 2002).

Tipos de pruebas discriminativas. Estas se clasifican como se indica a continuación:

Pruebas de comparación apareada. Hay dos maneras de realizar esta prueba: indicando el atributo a comparar (prueba de decisión forzada con dos alternativas) o sin indicarlo (prueba igual-diferente). El uso de una u otra depende del objetivo del estudio. Si el experimentador conoce la fuente de la diferencia entre las dos muestras, puede utilizar cualquiera de los dos tipos. Sin embargo, si la diferencia es debida a más de un atributo, o si el origen de la diferencia no es claro, es necesario utilizar el segundo tipo. Las pruebas de diferencia que indican atributos específicos a evaluar, como la 2-AFC y 3-AFC, son más poderosas que aquellas que no los especifican como la dúo – trío y la triangular (O'Mahony y Rousseau, 2002). No obstante, cuando se trabaja con jueces no entrenados en detectar atributos específicos, como consumidores, es comprensible el uso de pruebas más sencillas.

Prueba igual-diferente. Esta prueba consiste en determinar si dos muestras difieren o no, sin especificar la o las dimensiones de la diferencia. Es de utilidad cuando se evalúan cambios en la formulación que pueden afectar más de un parámetro. Un ejemplo sería un estudio sobre dos pasteles idénticos en formulación excepto por la cantidad de azúcar. Además del dulzor del pastel, es probable que otros parámetros como la textura o el color de la corteza cambien tras la reformulación. Sería incorrecto evaluar solamente el cambio en el dulzor, ya que subestimaría la diferencia que existe entre los dos productos. En el desarrollo de esta prueba, se presentan al juez dos muestras simultáneamente y se le pide que indique si percibe las muestras como iguales o diferentes. Un ejemplo de la hoja de respuesta de esta prueba se observa en la

Figura 1. La tarea del juez evaluador es comparar las dos muestras y decidir si son similares o diferentes. Esta prueba tiene cuatro posibles secuencias de presentación (AA, BB, AB, BA) que deben ser presentadas en igual número y de manera aleatoria entre los jueces (Lawless y Heymann, 1999).

Fecha _____			
Ante usted hay dos pares de muestras.			
Pruebe las muestras del primer par en la secuencia que es presentada, de izquierda a derecha. Indique si las muestras son iguales o diferentes.			
Proceda de la misma manera con el segundo par.			
Par			
1	_____	Iguales	Diferentes
2	_____	Iguales	Diferentes

Figura 1. Ejemplo de la hoja de respuesta para la prueba igual-diferente

Prueba triangular. En esta prueba se presentan tres muestras simultáneamente, dos de ellas son idénticas y una es de una formulación diferente. El panelista debe indicar cual de las tres es la muestra diferente (Figura 2). Al igual que con la prueba igual-diferente, esta prueba permite al investigador conocer si existe diferencia perceptible entre dos productos sin tener que especificar la naturaleza de la posible diferencia (Anzaldúa-Morales, 1994). La hipótesis nula para la prueba triangular establece que la probabilidad de escoger la muestra diferente cuando no existe diferencia entre las muestras es de uno en tres ($H_0: P_t=1/3$). Para esta prueba, existen seis posibles secuencias de presentación de las muestras (AAB, ABA, BAA, BBA, BAB, ABB) que deben ser presentadas a los jueces en igual número y de manera aleatoria.

Fecha _____		
Ante usted hay tres muestras. Dos de ellas son iguales entre sí.		
Pruebe las muestras e indique con un círculo cuál es la muestra diferente.		
_____	_____	_____

Figura 2. Ejemplo de la hoja de respuesta para la prueba triangular

Prueba dúo-trío. En esta prueba se presentan tres muestras simultáneamente al juez. Una de ellas está identificada como referencia y es idéntica a una de las dos muestras identificadas con código. La tarea del juez es identificar la muestra codificada más similar a la referencia. Al igual que la prueba triangular, permite identificar si hay diferencia entre dos productos, pero no indica en qué atributo difieren. Para esta prueba, hay dos formatos a seguir: con referencia constante o con referencia balanceada (Figura 3). Cabe resaltar que para el juez evaluador no existe diferencia entre ambos formatos. El formato de referencia constante, todos los panelistas reciben la misma muestra referencia, dando como consecuencia dos secuencias de presentación (RA AB, RA BA). Por otro lado, cuando se usa referencia balanceada, la mitad de los panelistas reciben una muestra como referencia y la otra mitad reciben la otra, obteniendo así cuatro secuencias de presentación (RA AB, RA BA, RB AB, RB BA). Este último método es de utilidad cuando ambos productos son prototipos y los evaluadores no están familiarizados con ninguno de éstos, o cuando la cantidad del producto más conocido no es suficiente para hacer la prueba con referencia constante (Lawless y Heymann, 1999).

Fecha _____	
Frente a usted hay una muestra de referencia, marcada con R, y dos muestras marcadas con claves. Una de las muestras es idéntica a R y la otra es diferente. Pruebe primero la muestra de referencia, y después las otras muestras en el orden en que son presentadas, de izquierda a derecha. Indique con un círculo el número de la muestra más parecida a la muestra de referencia.	
Referencia	_____ _____

Figura 3. Ejemplo de la hoja de respuesta para la prueba dúo-trío.

Prueba ABX. La prueba ABX es un ejercicio de emparejamiento a la muestra. El panelista recibe dos muestras de referencia, una siendo el control y otra la muestra «modificada» que generalmente tiene un cambio en su formulación o en su procesamiento. Además, recibe una muestra X que es igual a una de las referencias expuestas y el juez deberá indicar a qué muestra de referencia es idéntica (Huang y Lawless, 1998; Lawless y Heymann, 1999; MacMillan y Creelman, 1991). En esencia, este ejercicio se asemeja a una prueba dúo-trío en reversa (Figura 4). En teoría, al recibir dos muestras

referencia, el juez inspecciona las dos referencias y descubre la naturaleza de la diferencia entre ambas, si es que hay (Huang y Lawless, 1998). Al ser presentadas todas las diferencias al juez, la prueba debería tener las mismas ventajas que las pruebas duales tradicionales (O'Mahony *et al.*, 1994). El periodo de inspección de las muestras referencia puede servir como periodo de «calentamiento». Asimismo, es posible que la prueba esté aventajada por el hecho de que sólo se evalúa una muestra desconocida, induciendo a menos fatiga sensorial o adaptación. La naturaleza de la diferencia no es especificada a los panelistas, lo que representa un desafío para descubrirla; no obstante, la variación natural característica de los alimentos podría representar una falsa señal y atraer la atención de los jueces sobre características que no son realmente diferentes entre las muestras (Lawless y Heymann, 1999).

Fecha _____

Frente a usted hay dos muestras de referencia marcadas con A y B respectivamente, y una muestra X. La muestra X es idéntica a A ó a B. Indique con un círculo a qué referencia es idéntica la muestra X.

A
B

X

Figura 4. Ejemplo de la hoja de respuesta para la prueba ABX.

Se han desarrollado numerosos estudios para definir los métodos de discriminación más poderosos, con el fin de disminuir la imprecisión de resultados o conclusiones. Entre más poderosa es una prueba, mayor la probabilidad de que esta encuentre diferencia entre dos muestras cuando ésta diferencia exista (Rousseau *et al.*, 2002)

Análisis de resultados de las pruebas discriminativas. Existen varios métodos tradicionales para analizar los datos obtenidos de pruebas discriminativas. Todos ellos asumen que el juez fue obligado a escoger una respuesta, es decir, escogieron una respuesta aún cuando no supieran con precisión la respuesta.

Distribución binomial. Este análisis permite al investigador determinar si el resultado del estudio es debido al azar o si los panelistas realmente percibieron diferencias entre las muestras. La Ecuación 1 calcula la probabilidad de acierto (decisión correcta, p), o la

probabilidad de fracaso (decisión incorrecta, q):

$$\text{Ecuación 1} \quad P(y) = \frac{n!}{y!(n-y)!} p^y p^{n-y}$$

Donde n es el número total de juicios, y es el número de aciertos y p es la probabilidad de acertar por azar.

A partir de esta ecuación, Roessler y colaboradores (1978) publicaron tablas para cada prueba en las que a partir del número total de jueces se indica el número de juicios correctos mínimo para indicar diferencia significativa entre dos productos.

Prueba Chi-cuadrada (X^2) ajustada. Este método permite comparar frecuencias observadas contra frecuencias esperadas hipotéticamente. En la ecuación de cálculo es necesario corregir la continuidad ya que la distribución es continua. El estadístico chi-cuadrada se estima a partir de la Ecuación 2:

$$\text{Ecuación 2} \quad X^2 = \left[\frac{(O_1 - E_1)^2 - 0.5}{E_1} \right] + \left[\frac{(O_2 - E_2)^2 - 0.5}{E_2} \right]$$

Donde O_1 corresponde al número de respuestas correctas observadas, O_2 corresponde al número de respuestas incorrectas observadas, E_1 es el número de correctas esperado, igual al número de evaluaciones multiplicado por la probabilidad de tener una respuesta correcta ($p = 0.500$ para dúo-trío, $p = 0.333$ para triangular, etc.) y E_2 es el número de incorrectas esperado, igual al número de evaluaciones multiplicado por la probabilidad de obtener una respuesta incorrecta por azar ($q = 0.500$ para dúo-trío, $q = 0.667$ para triangular, etc.). Con esta información, y utilizando una tabla de X^2 , es posible analizar los resultados. Para utilizar correctamente las tablas, es importante considerar que a partir de que se evalúan dos productos, el valor de grados de libertad de la prueba es uno ($gl = \text{número de elementos} - 1$).

Distribución normal y prueba Z. Es posible utilizar el área bajo la curva de la probabilidad normal para estimar la probabilidad de una respuesta en este tipo de pruebas. Las tablas asociadas con la curva normal utilizan áreas bajo la curva asociadas con valores específicos de la desviación normal (z). Stone y Sidel (1978) propusieron una ecuación para obtener el valor de z específico para pruebas de diferencia:

Ecuación 3
$$Z = \frac{X - np - 0.5}{\sqrt{npq}}$$

En esta ecuación, X es el número de respuestas correctas, n es el número total de respuestas y p y q son la probabilidad de obtener una respuesta correcta e incorrecta respectivamente (dependiente de la prueba que se utilice: 1/3 para triangular, 1/2 para dúo-trío, etc.). En esta ecuación también se observa el factor de corrección por continuidad. Con el valor de z se obtiene de tablas la probabilidad de que se este tomando la decisión por azar.

Problemas en las pruebas de discriminación. Existen dos tipos de errores que se pueden cometer al probar una hipótesis nula (H0 para cualquier prueba). El primero de estos, el Error Tipo I (α) ocurre cuando se rechaza la hipótesis nula cuando en realidad es cierta, es decir, asegurar que dos productos son percibidos como diferentes cuando en realidad no son perceptiblemente diferentes. El Error Tipo II (β) se refiere al riesgo de no encontrar una diferencia cuando en realidad existe. El poder de una prueba está definido como $1 - \beta$ (Ennis, 1993).

Un error típico en las pruebas discriminativas es no saber lo que realmente significan los resultados o la interpretación incorrecta de éstos. Si un estudio de discriminación entre dos productos es llevado a cabo correctamente y se concluye que no hay diferencia entre estos productos, es innecesario realizar un estudio de preferencia entre éstos; si la diferencia entre ambos es imperceptible, ninguna de las muestras será realmente preferida sobre la otra. No obstante, lo anterior no funciona al revés. Cuando se lleva a cabo un estudio de preferencia y en éste no hay diferencia significativa entre ambos productos, no significa que las muestras son diferentes entre sí. El resultado del estudio indica que las dos muestras tienen el mismo nivel de agrado/desagrado, mas no que son iguales entre sí (Lawless y Heymann, 1999)

Como se mencionó anteriormente, en el análisis tradicional de resultados de las pruebas de discriminación, se llevaba a cabo un análisis estadístico correspondiente al número de respuestas correctas e incorrectas y se llega a una conclusión. Sin embargo, es necesario analizar más a fondo lo que sucede realmente en este tipo de pruebas, para entender la sensibilidad relativa de las pruebas y el proceso cognitivo que lleva a cabo el juez evaluador cuando responde. El problema central en las pruebas de

diferencia es la desviación de respuesta, que consiste en que un juez que puede discriminar entre dos muestras, reporte que lo puede hacer (O'Mahony y Rousseau, 2002). La naturaleza de este problema tiene que ver con la prueba que se utilice.

Modelación Thurstoniana. El trabajo de Thurstone en 1927 (O'Mahony y Rousseau, 2002) fue capaz de proveer un análisis de resultados más apropiado a pruebas de discriminación y otras pruebas en el análisis sensorial. En este análisis se calcula el valor de d' como índice para describir el grado de diferencia percibido entre dos productos. A mayor valor de d', mayor la diferencia entre éstos. Se han desarrollado numerosos estudios basándose en este análisis para el estudio de diferentes pruebas sensoriales, y su uso en la determinación de pequeñas diferencias sensoriales entre dos productos (Hautus y Irwin, 1995; Huang y Lawless, 1998; Masuoka *et al.*, 1995; Rousseau y O'Mahony, 1997, 2000, 2001; Rousseau *et al.*, 1998; Rousseau *et al.*, 1999; Rousseau *et al.*, 2002; Stillman e Irwin, 1995). La mayoría de estos estudios se han realizado bajo condiciones controladas en laboratorio.

Son dos los conceptos principales detrás de la modelación Thurstoniana: por un lado, cada vez que se prueba un producto, su sabor varía en intensidad, ya sea como resultado de efectos fisiológicos o por falta de homogeneidad en la muestra. Por otro lado, existe una regla de decisión o estrategia cognitiva para tomar la decisión.

Cuando un alimento es probado repetidamente, en ocasiones se percibirá el sabor más intensamente o menos intensamente, sin embargo, existirá una intensidad promedio que ocurrirá con mayor frecuencia. Esta variación en intensidad se debe a diversas razones como la adaptación al estímulo por parte del juez, o por falta de homogeneidad en la muestra. Independientemente del origen de la variación, ésta puede ser representada por una distribución de frecuencia continua a lo largo de un eje de intensidad de sabor (Figura 4). La intensidad al momento de probar la muestra caerá en algún lugar del eje y dicha intensidad se repetirá más comúnmente entre más cerca de la media se encuentre.

Usando estos conceptos, dos estímulos que pueden confundirse entre sí, pueden ser representados por dos distribuciones que se traslapan (Figura 5). Comúnmente se asume que ambas distribuciones tienen la misma varianza, hecho que ha sido confirmado experimentalmente por diversos autores (Hautus e Irwin, 1995). El grado de diferencia entre las dos muestras se

denomina δ o d' (δ para poblaciones y d' para muestra experimental) y es la distancia entre las medias de las distribuciones en términos de desviaciones estándar. A mayor diferencia percibida entre dos muestras, mayor el valor de d' (Figura 6).

Figura 5. Distribución de frecuencias a lo largo de un eje de intensidad de sabor representando la variación de sabor de un estímulo (O'Mahony *et al.*, 1994)

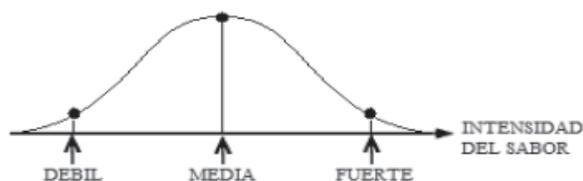
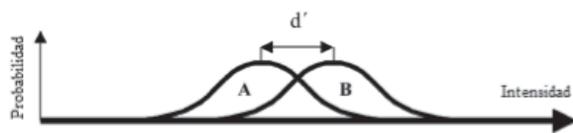


Figura 6. Representación Thurstoniana de la diferencia/similitud entre dos estímulos (O'Mahony y Rousseau, 2002)



El segundo aspecto de la modelación Thurstoniana se relaciona con la regla de decisión. Cada prueba discriminatoria tiene al menos una regla de decisión específica que el juez va a seguir para generar una respuesta. O'Mahony y colaboradores (1994) indican que las dos reglas de decisión principales son la «comparación de distancias» (en las pruebas triangular y dúo – trío) y el «skimming» (en las pruebas 2-AFC, 3-AFC) que significa ir evaluando de mayor a menor intensidad, tratando de encontrar el estímulo más significativo. Se han desarrollado tablas para relacionar la proporción de respuestas correctas con d' para diversas pruebas de discriminación (Ennis, 1993; Ennis y Mullen, 1986; Ennis *et al.*, 1998; Frijters, 1982; Rousseau y Ennis, 2001).

En la comparación de distancias, la regla de decisión más común en pruebas de diferencia sin atributo específico, existen dos estrategias cognitivas diferentes, definidas como criterios τ y β . Cuando un juez se encuentra con varios estímulos, traza una línea a partir de la cual, los estímulos que perciba caerán antes o después de la misma, calificándolos como *con* o *sin* el atributo evaluado (Rousseau, 2001; Rousseau *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2007). Si el atributo fuera dulzura,

respondería a la pregunta ¿Qué tan dulce tiene que ser el estímulo para ser llamado “dulce”? A este criterio se le conoce como criterio β , y es el utilizado en pruebas de decisión forzada con dos o tres alternativas (2 AFC y 3 AFC) El criterio τ está orientado a la distancia que existe entre dos estímulos, y responde a la pregunta ¿Qué tan diferentes tienen que ser dos estímulos para ser considerados diferentes? (Rousseau, 2001; Rousseau *et al.*, 1998; Lee *et al.*, 2007). Las pruebas de decisión forzada como dúo-trío y triangular son procesadas por los jueces de esta manera.

Dependiendo de la prueba sensorial aplicada, algunas reglas de decisión son más eficientes que otras, dando como resultado que un juez tenga mejores o peores desempeños con una prueba o con otra, aún cuando la diferencia entre las muestras (d') sea la misma. De acuerdo a Ennis (1993), algunas pruebas son más apropiadas para detectar pequeñas diferencias entre muestras.

Conclusión

Sería inapropiado hablar de una situación general para las pruebas de diferencia. Es necesario entender la teoría detrás de cada una de las pruebas, de manera que se entienda el proceso cognitivo que se lleva a cabo y las variables que pueden afectar el desempeño de cada prueba. A medida que aumenta la investigación experimental relacionada con las pruebas de diferencia, es viable que el acercamiento cambie y con ello, sea necesario alterar las conclusiones respecto al uso de un modelo u otro. La teoría relacionada con la modelación Thurstoniana permitirá una evaluación más objetiva de las respuestas de los jueces, en la búsqueda de métodos confiables de evaluación sensorial.

Literatura citada

- ANZALDÚA-MORALES, A. 1994. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Acribia. Zaragoza, España
- ENNIS, D. M. 1993. The power of sensory discrimination methods. *Journal of Sensory Studies* 8: 353-370.
- ENNIS, D.M. y K. Mullen 1986. A multivariate model for discrimination methods. *Journal of Mathematical Psychology* 30: 206 - 219.
- ENNIS, J. M., D.M. Ennis, D. Yip, y M. O'Mahony. 1998. Thurstonian models for variants of the method of tetrads. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology* 51: 205 - 215.
- FRIJTERS, J. E. R. 1982. Expanded tables for conversion of a proportion of correct responses (P_c) to the measure of sensory difference (d_0) for the triangular method and the 3-alternative forced choice procedure. *Journal of Food Science* 47: 139-143.
- HAUTUS, M. J., y R. J. Irwin. 1995. Two models for estimating the discriminability of foods and beverages. *Journal of Sensory Studies* 10: 203-215.

- HUANG, Y. T., y H. T. Lawless. 1998. Sensitivity of the ABX discrimination test. *Journal of Sensory Studies* 13: 229-239.
- LAWLESS, H.T. y H. Heymann. 1999. Sensory Evaluation of Food. Aspen Publishers, Inc. Maryland, E.E.U.U.
- LEE, H. S., D. van Hout, M. Hautus y M. O'Mahony. 2007. Can the same - different test use a β criterion as well as τ criterion? *Food Quality and Preference* 18: 605 - 613.
- MACMILLAN, N. A., y C. D. Creelman 1991. Detection Theory: A user's guide. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- MASUOKA, S., D. Hatjopoulos, y M. O'Mahony. 1995. Beer bitterness detection: testing Thurstonian and Sequential Sensitivity Analysis models for triad and tetrad methods. *Journal of Sensory Studies* 10: 295-306.
- O'MAHONY, M. y B. Rousseau. 2002. Discrimination testing: a few ideas, old and new. *Food Quality and Preference* 14: 157-164.
- O'MAHONY, M., S. Masuoka, S., y R. Ishii. 1994. A theoretical note on difference tests: models, paradoxes and cognitive strategies. *Journal of Sensory Studies* 9: 247-272.
- ROESSLER, E.B., R. M. Pangborn, J. L. Sidel, y H. Stone. 1978. Expanded statistical tables for estimating significance in paired - preference, paired - difference, duo - trio and triangle tests. *Journal of Food Science* 43: 940 - 941.
- ROUSSEAU, B. 2001. The b-strategy: an alternative and powerful cognitive strategy when performing sensory discrimination tests. *Journal of Sensory Studies* 16: 301-318.
- ROUSSEAU, B., y D. M. Ennis. 2001. A Thurstonian model for the dual-pair (4IAX) discrimination method. *Perception and Psychophysics* 63: 1083-1090.
- ROUSSEAU, B., y M. O'Mahony. 1997. Sensory difference tests: Thurstonian and SSA predictions for vanilla flavored yogurts. *Journal of Sensory Studies* 12: 127-146.
- ROUSSEAU, B., y M. O'Mahony. 2000. Investigation of the effect of within-trial retasting and comparison of the dual-pair, same-different and triangle paradigms. *Food Quality and Preference* 11: 457-464.
- ROUSSEAU, B., y M. O'Mahony. 2001. Investigation of the dual-pair method as a possible alternative to the triangle and same-different tests. *Journal of Sensory Studies* 16: 161-178.
- ROUSSEAU, B., A. Meyer, y M. O'Mahony. 1998. Power and sensitivity of the same-different test: comparison with triangle and duotrio methods. *Journal of Sensory Studies* 13: 149-173.
- ROUSSEAU, B., M. Rogeaux, y M. O'Mahony. 1999. Mustard discrimination by same-different and triangle tests: Aspects of irritation, memory and t criteria. *Food Quality and Preference* 10: 173-184.
- ROUSSEAU, B., S. Stroh, y M. O'Mahony. 2002. Investigating more powerful discrimination tests with consumers: effects of memory and response bias. *Food Quality and Preference* 13: 39-45.
- STILLMAN, J. A., y R. J. Irwin. (1995). Advantages of the same-different method over the triangular method for the measurement of taste discrimination. *Journal of Sensory Studies* 10: 261-272.
- STONE, H. y J. L. Sidel. (1978). Computing exact probabilities in sensory discrimination tests. *Journal of Food Science* 43: 1028 - 1029.
- STONE, H. y J. L. Sidel. (1993). Sensory Evaluation Practices, 2da Ed. Academic. E.E.U.U. 

Este artículo es citado así:

Olivas-Gastélum R., Guadalupe Virginia Nevárez-Moorillón y María Guadalupe Gastélum-Franco. 2009: *Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 3(1): 1-7.

Resúmenes curriculares de autor y coautores

RICARDO OLIVAS GASTÉLUM. Egresado de la carrera de Ingeniería de Alimentos de la Universidad de las Américas Puebla en el 2007. Obtuvo el grado de maestro en ciencias de la misma institución por el programa de Maestría en Ciencias en Alimentos en 2009.

GUADALUPE VIRGINIA NEVÁREZ MOORILLÓN. Cursó su licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH), recibiendo en 1987 el título de Químico Biólogo Parasitólogo con la defensa de su tesis «*Actividades biológicas de derivados del Ácido Araquidónico*». Realizó estudios de doctorado en la University of North Texas, siendo el tema de su investigación «*Biodegradación de componentes de petróleo contaminantes en aguas y suelos por bacterias del suelo*»; en 1995, obtuvo el grado de Doctor en Ciencias, especialidad Biología. Ha recibido diversos reconocimientos y premios, siendo el más reciente el «*Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Categoría Profesional*», que le fue otorgado en 2006 por la Industria Mexicana de Coca-Cola y CONACYT, promotores del citado concurso. Por su destacada labor científica, ha sido reconocida como Investigador Nacional Nivel I por el Sistema Nacional de Investigadores del CONACYT. Desde 1995 ha sido maestra de la Facultad de Ciencias Químicas (UACH) y su productividad científica incluye 17 artículos en revistas arbitradas. Además, ha editado más de cuatro libros y dirigido más de 65 tesis (licenciatura y maestría). La Dra. Nevárez pertenece a diversas sociedades científicas, citándose entre algunas de ellas: *American Society for Microbiology*, *Society for Microbial Ecology* y *Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*.