Sistema Adaptativo de Inferencias Difusas para la Caracterización de la Calidad Sensorial de Aceitunas Negras Naturales

Dolores M. E. Álvarez⁽¹⁾ y Mario R. Modesti⁽²⁾

(1) Centro de Investigación y Tecnología Química, Facultad Regional Córdoba

(2) Centro de Investigación en Informática para Ingeniería, Facultad Regional Córdoba
Universidad Tecnológica Nacional, Ciudad Universitaria, Córdoba-Argentina

(e-mail: dalvarez@frc.utn.edu.ar; mmodesti@frc.utn.edu.ar)

Recibido Mar. 7, 2018; Aceptado May. 14, 2018; Versión final Jul. 23, 2018, Publicado Dic. 2018

Resumen

El objetivo del trabajo es aplicar la lógica difusa en la evaluación sensorial de aceitunas negras naturales, mediante un modelo que vincule la valoración de jueces sobre el color, textura y sabor, con la calidad sensorial del alimento. Se realizaron pruebas de diagnóstico por atributos y valoración general con 30 jueces. El modelo se desarrolló mediante un sistema adaptativo de inferencias difusas, ANFIS. Como entrada se tomó la calificación de los jueces sobre cada atributo y como salida, el valor asignado en la aceptación general. Se definió la ponderación de los atributos evaluados sobre el perfil general de la muestra, determinando tres funciones de membresía de campana generalizada. La red creada demostró desempeño aceptable, aún con un reducido número de neuronas empleados para su desarrollo.

Palabras clave: sistema adaptativo; inferencias difusas, ANFIS; calidad sensorial; aceitunas negras

Adaptive System of Fuzzy Inferences for the Characterization of the Sensory Quality of Natural Black Olives

Abstract

The objective of the work was the application of diffuse logic in the sensorial evaluation of natural black olives, through the development of a model that links the valuation made by consumer judges in relation to color, texture and flavor attributes, with the food general acceptance. Sensory evaluation was developed with 30 consumer judges. The model was generated using Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System, ANFIS. The qualification of the judges for each attribute was considered as input data. The values assigned by them in the general acceptance tests were considered as the output matrix. The weighting of each of the attributes evaluated on the general profile of the sample was defined, which was delimited by means of three generalized bell-type membership functions. The ANFIS network created showed an acceptable performance, even the reduced number of neurons used for its development.

Keywords: diffuse inference system; adaptive networks, ANFIS; sensory quality; black olives

INTRODUCCIÓN

El olivo, *Olea europea* L., pertenece a la familia botánica *Oleaceae*, con especies distribuidas en las regiones tropicales y templadas del mundo. El género *Olea* comprende unas treinta y cinco especies, siendo *O. europea* L. la única de la familia con fruto comestible (Barranco et al., 2008). En el mundo hay más de 800 millones de olivos en producción (Mehmet y Anil, 2016), de los cuales el 90% se destinan a la obtención de aceite y el 10% restante a frutos en conserva (Kailis y Harris, 2007). En Argentina, el sector olivícola ha evolucionado notablemente en las últimas décadas, como consecuencia de la aplicación de la ley de diferimientos impositivos (Ley Nacional 21.021). En este sentido, las exportaciones de aceitunas realizadas durante el año 2016 ascienden a 65.681 toneladas (Nimo y Garciarena, 2017), por lo que, en el contexto internacional, Argentina se encuentra en el octavo lugar en cuanto a la producción de este alimento (Consejo Oleícola Internacional [COI], 2017). Las aceitunas negras naturales se obtienen a partir de frutos cosechados antes de la madurez, que luego son incorporadas en la salmuera de fermentación. Dicho proceso es llevado a cabo a expensas de la flora microbiana proveniente de la drupa (Álvarez, 2013).

La calidad nutricional de las aceitunas de mesa, determinada por las características dietéticas que la distinguen, es importante pero no prioritaria en la elección del consumidor, debido a que generalmente se utilizan como complemento de otros alimentos. En cambio, la calidad sensorial, basada en criterios de valoración de la apariencia, olor, sabor y textura, y determinada por los órganos de los sentidos, es tenida muy en cuenta por los consumidores. Para la determinación de la calidad sensorial, una de las pruebas más empleadas es la de aceptación, que se constituyen en un componente valioso y necesario en todos los programas sensoriales (Stone y Sidel, 2004). Mediante estas evaluaciones, los panelistas expresan el nivel de agrado, aprobación o preferencia de un producto alimenticio, o de éste frente a otro. Para el registro de las pruebas de aceptación se emplean escalas denominadas “hedónicas”. Éstas representan el grado de satisfacción que el evaluador percibe en relación a un determinado alimento. Estas escalas pueden ser presentadas de manera gráfica, numérica o textual, horizontal o verticalmente, siendo la de 9 puntos, la más utilizada (Drake, 2007).

Dentro de los descriptores sensoriales, el más importante es el color, por cuanto interfiere en el juicio sobre los demás atributos de calidad y en la preferencia del consumidor en términos cualitativos (Lanza y Amoruso, 2016). El color superficial de las aceitunas negras naturales, en particular, se relaciona con las condiciones de fermentación y características del fruto, en cuanto a su variedad e índice de maduración al momento de la cosecha (Juarez Romero et al., 2015; Mettouchia et al., 2016). La textura, por otra parte, es la característica organoléptica que más se relaciona con la pérdida de productos en la industria y una de las razones más importantes de rechazo de los consumidores (Jiménez et al., 1997). En las aceitunas, está asociada a distintos factores, como la variedad, estado de maduración, tecnologías de transformación, condiciones de procesado y conservación (Lanza y Amoruso, 2016). Es un atributo de calidad cuyas características se aprecian por el sentido del tacto y se reflejan en las sensaciones percibidas por los dedos y muy especialmente por la boca. El sabor de las aceitunas complementa a los atributos de color y textura y, al igual que estos, es muy considerado por los consumidores.

La evaluación sensorial de alimentos tiene un elevado impacto, dada su utilidad para la determinación de la calidad final de los productos, en la resolución de conflictos entre clientes y productores, en el desarrollo de nuevos productos y la exploración de nuevos mercados adaptados a la preferencia del consumidor (Espinilla et al., 2014). Sin embargo, posee por desventaja el tiempo y costo que demandan los ensayos. Además, la obtención de modelos matemáticos que representen la percepción de los evaluadores es compleja, dada la subjetividad implícita; la información proporcionada por el panel es percibida por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído, por lo que implican incertezas e imprecisiones. En este sentido, el Sistema basado en redes adaptativas de inferencias difusas (Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System-ANFIS) desarrollado en el presente trabajo proporciona una forma sistemática de representar la información proveniente de la evaluación sensorial realizada y puede contribuir a la minimización de tales limitantes.

ANFIS es la conjunción y posee las ventajas de las redes neuronales artificiales y la lógica difusa (Adelkhani et al., 2013; Kisi et al., 2017). Las redes neuronales artificiales se componen de elementos unitarios (neuronas) que operan conjuntamente y están inspiradas en el sistema biológico. La participación de cada neurona en la red se encuentra ponderada por medio de asignaciones escalares que se valoran en fase de entrenamiento (Elfghi, 2016). La lógica difusa, en tanto, posibilita la captura de información expresada en lenguaje natural, por medio de datos similares a los que es capaz de evaluar el cerebro humano, permitiendo una representación simple de los procesos en términos de reglas *If –Then* (Si tal cosa - entonces tal otra) (Adelkhani et al., 2013; Kurtener et al., 2016).

Al momento, no se han encontrado reportes sobre trabajos en los que se desarrollen modelos sobre evaluación sensorial de alimentos basados en ANFIS, a excepción de un estudio sobre procesamiento de imágenes y su aplicación a la caracterización del gusto de las naranjas (Adelkhani et al., 2013), lo que da cuenta de la novedad de la presente investigación. Sin embargo, se ha reportado la aplicación de lógica difusa en evaluación sensorial de aceite de oliva; Martínez et al. (2007) propusieron un modelo para representar la evaluación de expertos, que fue posteriormente validado (Espinilla et al., 2014). Asimismo, la técnica de lógica difusa fue exitosamente empleada para evaluar y clasificar los datos sensoriales obtenidos en vino de arroz negro fortificado con bacterias probióticas (Jha et al., 2015), en la comparación de la pulpa de mango y litchi sometidos a distintos tratamientos para su conservación (Kaushik et al., 2015); en alimentos a base de mijo (Solanke et al., 2018), en bebidas a base de kokum (Sahu y Kadeppagari, 2017) y para el control de calidad en productos alimenticios para celíacos (Rezagholy y Hesarinejad, 2017).

Para el desarrollo de los modelos ANFIS se hace uso de valoraciones acumuladas en el tiempo mediante entrenamiento. De esta manera se logra obtener un modelo eficiente, capaz de proveer una proyección ajustada a la realidad. Así, una red ANFIS puede entenderse como una red neuronal con reglas basadas en datos imprecisos, que propone resultados para determinada combinación de información de entrada y cuyos parámetros son obtenidos por medio del entrenamiento. Estos sistemas son ideales para la interpretación de sistemas no lineales de entrada y salida definidas de modo poco claro o difuso (Naderloo et al., 2012; Goharian et al., 2017). La regla que caracteriza a los modelos difusos *Sugeno* tiene la forma *If input 1 = x and Input 2 = y, then output is z = ax + by + c*. El aporte de cada regla (z_i) en relación a la salida del sistema es ponderado por el peso (w_i) de la regla y el resultado final del sistema es el resultado ponderado de las salidas de cada una de las N reglas (ec. 1):

$$\text{Salida del sistema} = \sum_{i=1}^N w_i z_i / \sum_{i=1}^N w_i \quad (1)$$

El objetivo de este trabajo es obtener un modelo capaz de emular la percepción sensorial de aceitunas negras naturales aplicando la técnica descripta, a través de la vinculación de los atributos valorados por el consumidor con la calidad sensorial del alimento, y así determinar su potencial aceptación por medio de una valoración general como único resultado.

MÉTODOLÓGIA

Se realizó la evaluación sensorial de las aceitunas negras naturales de variedad Manzanilla fermentadas de manera aeróbica. Para esto, se llevaron a cabo pruebas de diagnóstico por atributos y de aceptación general con 30 jueces consumidores de Córdoba (Argentina), que no contaban con conocimientos previos sobre análisis sensorial de alimentos. Asimismo, se constató que los jueces fueran no fumadores, sin patologías bucales y consumidores de aceitunas con frecuencia de, al menos, una vez al mes. Los análisis se llevaron a cabo entre las 10:00 y 11:00 h, para evitar sensaciones de inapetencia o de excesivo apetito, que pudieran influir en la objetividad del catador (Marques et al., 2017).

Para la realización de las pruebas, las muestras de aceitunas fueron codificadas y distribuidas de manera aleatoria. Se les requirió a los jueces consumidores, en una primera instancia, expresar su opinión genérica sobre el producto, a través de su valoración integral. Luego, se les solicitó que manifestaran su percepción sobre cada uno de los atributos (color, textura y sabor) de las aceitunas, de manera diferenciada. En ambos casos se utilizó una escala gráfica estructurada en 9 puntos coincidentes con los niveles de intensidad representados (1-me disgusta muchísimo, 2-me disgusta mucho, 3-me disgusta bastante, 4-me disgusta ligeramente, 5-ni me gusta ni me disgusta, 6-me gusta ligeramente, 7-me gusta bastante, 8-me gusta mucho, me gusta muchísimo). Para todas las pruebas realizadas se emplearon los formularios estándar recogidos en Anzaldúa-Morales (1994).

Para el desarrollo del modelo ANFIS se tomó, como variables de entrada de la red, el arreglo matricial (151 x 3 elementos) de datos compuesto por la calificación de los jueces disponibles sobre cada uno de los atributos (color, textura y sabor). Como variables de salida, en tanto, se tomó el valor asignado por ellos en las pruebas de aceptación, denominada "aceptación general" (151 x 1 elementos). Posteriormente, se definió la ponderación de cada uno de los atributos evaluados sobre el perfil general de la muestra, lo que fue delimitado por medio de tres funciones de membresía de tipología *campana generalizada*. Se definieron tres rangos de la valoración, a saber; "disgusta", "ni gusta ni disgusta" y "gusta", entre las posibles respuestas a las pruebas de aceptación. Debido a que se disponía de 9 niveles de intensidad para cada atributo, se agruparon en ternas para constituir la información de entrada del sistema. El entrenamiento propiamente dicho se llevó a cabo mediante sucesivas iteraciones, a través de la regla de aprendizaje híbrida, la cual combina el método gradiente descendiente con el estimador de mínimos cuadrados. Para la evaluación de los resultados se consideró como indicador el menor error cuadrático medio en función de las pruebas realizadas. Se empleó el programa Matlab®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 1 se observa la estructura de la red propuesta. Luego de evaluar varios modelos, fue la que menor error y mayor velocidad de convergencia obtuvo. Cabe destacar que no existe un único criterio para definir la red que mejor se ajusta para una determinada aplicación, siendo que el entrenamiento se lleva a cabo a través de sucesivas iteraciones mediante prueba y error. El modelo posee 9 neuronas de entrada difusa, con función de membresía *campana generalizada*, agrupadas de a tres por cada entrada y 27 neuronas de salida, que resuelven el algoritmo *Sugeno* propuesto por las reglas asociadas, por medio de la operación lógica *AND*. Los resultados de todas ellas se suman para obtener la salida denominada “aceptación general”, como respuesta de la red.

Las reglas aplicadas combinan las puntuaciones relativas a las valoraciones de los atributos juzgados por los evaluadores. Para el establecimiento de las reglas se consideró el siguiente criterio de agrupación de las puntuaciones inherentes a los niveles de intensidad representados en la escala gráfica estructurada: 1, 2 y 3 - disgusta; 4, 5 y 6 - ni gusta ni disgusta; 7, 8, y 9 - gusta. Mediante dicha agrupación se delimitaron las funciones de membresía utilizadas para el modelo. Éstas definen el grado de pertenencia de cada una de las puntuaciones asignadas por los evaluadores a los respectivos grupos difusos.

En trabajos similares se emplearon escalas hedónicas de 7 y 8 puntos (De Paula et. al, 2014; Alvis-Bermudez et al., 2016) para la valoraciones generales realizadas por consumidores de pan tajado blanco y mango pre-Secado por deshidratación osmótica y microondas, respectivamente. En ambos casos se otorgó el valor de 1 para la menor preferencia y de 7 u 8, para la mayor. Para la evaluación de atributos particulares, tales como el carácter dulce del aceite de oliva (Martínez et al., 2007) se empleó una escala de 9 puntos, coincidente con la propuesta en el presente estudio. Para obtener la salida (aceptación general) se aplicaron reglas que se definieron en base a la puntuación asociada a la escala gráfica empleada por los evaluadores.

Fig. 1: Estructura general del modelo ANFIS desarrollado

A continuación se presenta un ejemplo de regla vinculante de las variables de entrada, ponderado por la función de membresía correspondiente con la salida: If color is *disgusta* AND textura is *disgusta* AND sabor is *disgusta*, THEN aceptación general is *resultado proveniente del entrenamiento de la red ANFIS con el criterio descrito*.

En la fig. 2 se representan las funciones de membresía de entrada del modelo ANFIS desarrollado. Para el eje de las abscisas se consideró la escala empleada para la evaluación sensorial (1-me disgusta muchísimo, 2-me disgusta mucho, 3-me disgusta bastante, 4-me disgusta ligeramente, 5-ni me gusta ni me disgusta, 6-me gusta ligeramente, 7-me gusta bastante, 8-me gusta mucho, me gusta muchísimo), mientras que en el eje de las ordenadas, se observa el grado de membresía (0 - 1), para cada uno de los atributos valorados; a) color, b) textura y c) sabor, en relación a la aceptación general de las aceitunas. Esto es, el valor de pertenencia de cada valoración (eje de abscisas) en relación a las 3 funciones propuestas.

Las funciones de membresía de las variables de entrada son del tipo *campana generalizada* (ec. 2). Estas funciones de membresía serán las encargadas de ponderar la pertenencia de los valores de entrada a determinados valores de salida, también propuestos por la planilla de evaluación sensorial como *evaluación general*.

$$f(x;a;b;x_0)=1/1+|x-x_0|^{2b} \quad (2)$$

En donde a determina el ancho, b la pendiente y x_0 el centro de la campana de Gauss. Estos parámetros determinan la forma y posición de la campana en el universo de valoraciones sensoriales y son definitivos en la fase de entrenamiento para lograr el mayor acercamiento de las puntuaciones de color, textura y sabor, registrados en la planilla de evaluación sensorial, a las asignadas en las de aceptación general. Los parámetros se obtienen en fase de entrenamiento para lograr la pertenencia de los atributos de color, textura y sabor de acuerdo a las reglas propuestas, las que provienen de las evaluaciones de los jueces. En trabajos similares se empleó la función de membresía triangular (Espinilla et al., 2014; Jha et al., 2014; Kaushik et al., 2015), dada la mayor versatilidad de ésta (Barua et al., 2013). Sin embargo, en el presente estudio, mediante el empleo de funciones de membresía tipo campana generalizada se obtuvo un buen desempeño en la capacidad de acierto de la valoración general.

Fig. 2: Funciones de Membresía para las variables de entrada / salida correspondientes al modelo ANFIS para a) color, b) textura y c) sabor.

La Fig. 3 muestra el modo en que estas funciones de membresía se fusionan, por medio de las reglas propuestas, para obtener la respuesta deseada. Se propone como ejemplo una valoración, de las 151 utilizadas para entrenar el sistema, a saber; color=4, textura=7 y sabor =6, luego de llevar a cabo el cálculo propuesto por el modelo *Sugeno* (ec. 1), se obtiene un valor de aceptación general de 6, resultando equivalente al evidenciado en la planilla de evaluación.

El sistema Sugeno también fue empleado para desarrollar un modelo general asociado a la caracterización del sabor de naranjas de las variedades Bam, Khooni y Thompson (Adelkhani et al., 2013). Las características más relevantes en cuanto al aspecto de las frutas se ingresaron como entrada y la valoración del sabor, llevada a cabo por un panel sensorial, como salida de la red ANFIS.

En la medida en que se disponga de mayor información, se podrán formular otras reglas que contemplen esta situación, mejorando la capacidad de acierto de la red, habida cuenta de que diferentes jueces pueden manifestar la misma percepción general para diferentes combinaciones de valoración en cuanto al sabor, color y textura.

En la Fig. 4 se pueden observar los errores que surgen de la comparación entre la evaluación realizada por los jueces y los valores obtenidos por el sistema ANFIS propuesto. La red ANFIS creada demostró un desempeño aceptable, aun el reducido número de neuronas empleados para su desarrollo. Dicha red manifestó una capacidad de acierto no mayor a la unidad, tanto por defecto como por exceso, en el 99% de las 151 evaluaciones realizadas. En este sentido, es de considerar que el resultado obtenido a partir del modelo es un número escalar real y que la escala propuesta es de enteros, de manera que los valores intermedios carecen de información, no obstante, pueden ser interpolados para acercarse al número entero inmediato de la escala, por redondeo decimal.

Fig. 3: Parametrizaciones del modelo ANFIS entrenado para la aceptación general

Fig. 4: Comparación relativa a la valoración de los jueces (151 encuestas) y el resultado obtenido de la red ANFIS propuesta

CONCLUSIONES

Se han desarrollado estructuras ANFIS con funciones de membresía específicas y basadas en el algoritmo *Sugeno*, que caracterizan la relación multifactorial entre la valoración sensorial de jueces consumidores de Córdoba (Argentina) en relación al color, textura y sabor de las aceitunas negras naturales y sus respectivas apreciaciones en cuanto a la aceptación general de dicho alimento.

El modelo logrado demostró habilidad para emular la valoración general de las aceitunas a partir de la interrelación entre las valoraciones específicas sobre cada uno de los atributos considerados, por lo que se lo considera satisfactorio. En este sentido, se puede afirmar que el sistema de redes adaptativas basado en inferencias difusas (ANFIS) se constituye en una herramienta de interés para vincular los atributos valorados por el consumidor con la calidad sensorial del alimento y determinar su potencial aceptación. Esta metodología también podría ser implementada en otros alimentos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional, al Centro de Investigación y Tecnología Química (CITeQ) y al Centro de Investigación en Informática para Ingeniería (CIII) ambos pertenecientes a la Facultad Regional Córdoba. A Micaela Francesconi y Luis Kliger, por la colaboración en el trabajo y a la Firma Cuenca del Sol S.A. de Cruz del Eje, Córdoba, Argentina, la cual proporcionó la materia prima.

REFERENCIAS

- Adelkhani, A., B. Beheshti y otros tres autores, Taste Characterization of Orange Using Image Processing Combined with ANFIS, *Measurement*, 46, 3573–3580 (2013)
- Álvarez, D.M.E., Obtención de Aceitunas Negras Naturales. Estudios de Procesos Fermentativos que Optimicen la Calidad del Producto, Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina (2013)
- Alvis-Bermudez, A., C. Garcia-Mogollon y S. Dussan-Sarria, Cambios en la Textura y Color en Mango (Tommy Atkins) Presecado por Deshidratación Osmótica y Microondas, *Inf. Tecnol.*, 27 (2), 31-38 (2016)
- Anzaldúa-Morales, A., La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica, 145-178, Acribia, Zaragoza, España (1994)
- Barranco, D., R. Fernández-Escobar y L. Rallo, *El Cultivo del Olivo*, 6ª Ed., 39-45, Mundi-Prensa, Madrid, España (2008)

- Barua, A., L. Mudunuri, L. Snigdha y O. Kosheleva, Why Trapezoidal and Triangular Membership Functions Work So Well: Towards a Theoretical Explanation, Departmental Technical Reports (CS), Paper 783 (2013)
- Consejo Oleícola Internacional (COI), Boletín del Mercado, Madrid, España (2017)
- De Paula, C. D., C.A. García y A.M. Durango, Valor de la Marca en la Aceptación Sensorial de Consumidores en Cuatro Tipos de Pan Tajado Blanco, *Inf. Tecnol.*, 25 (1), 127-132 (2014)
- Drake, M., Sensory Analysis of Dairy Foods, *Journal of Dairy Science*, 90 (11), 4925-4937 (2007)
- Elfghi, F., A Hybrid Statistical Approach for Modeling and Optimization of RON: A Comparative Study and Combined Application of Response Surface Methodology (RSM) and Artificial Neural Network (ANN) Based on Design of Experiment (DOE), *Chem. Eng. Res. Design.*, 113, 264-272 (2016)
- Espinilla, M., F.J. Estrella y L. Martínez, Fuzzy Linguistic Olive Oil Sensory Evaluation Model Based on Unbalanced Linguistic Scales, *J. Mult-Valued Log S.*, 22, 501-520 (2014)
- Goharian, N., S. Moghimi, H. Kalani y N. Vaezi, Dynamic Modeling of the Electromyographic and Masticatory Force Relation Through Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System Principal Dynamic Mode Analysis, *Iranian J. Med. Phys.*, 15 (2), 78-86 (2018)
- Jha, P.A., J. Das, K. K. Dash y S.C. Deka, Sensory Evaluation of Black Pigmented Rice (*Oryza Sativa* cv. Poireton) Wine Fortified with Probiotic *Lactobacillus Acidophilus* ATCC 4356 and *Lactobacillus Sakei* ATCC 15521 Using Fuzzy Logic, *J. Inst. Brew.*, 121, 566-573 (2015)
- Juárez Romero, J., G. Denoya y G. Polenta, Influence of Alternating Air Injection on the Color and "Alambrado" of Natural Black Olives cv. Arauco, as Compared with the Traditional Argentine Method, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0946142>, *Grasas y Aceites*, 66 (2), E070 (2015)
- Kailis, S. y D. Harris, Producing Table Olives, 1-15, Landlinks Press, Collingwood, Australia (2007)
- Kaushik, N., A.R. Gondhi, R. Rana y P. S. Rao, Application of Fuzzy Logic Technique for Sensory Evaluation of High Pressure Processed Mango Pulp and Litchi Juice and its Comparison To Thermal Treatment, *Innov food Sci. Emerg.*, 32, 70-78 (2015)
- Kisi, O., I. Mansourin y J. W. Hu, A New Method for Evaporation Modeling: Dynamic Evolving Neural-Fuzzy Inference System, doi: <https://doi.org/10.1155/2017/5356324>, *Advances in Meteorology*, 2017, Article ID 5356324 (2017)
- Kurtener, D., E. Krueger y H. A. Torbert, Soil Disturbance Evaluation: Application of ANFIS, *Eur. Agrophys. J.*, 3 (2), 42-55 (2016)
- Lanza, B. y F. Amoroso, Sensory Analysis of Natural Table Olives: Relationship between Appearance of Defect and Gustatory-Kinaesthetic Sensation Changes, *Food Sci. Technol.*, 68, 365-372 (2016)
- Marqués, C., A. S. dos Reis y tres autores más, Selecting and Training a Panel to Evaluate the Rancid Defect in Soybean Oil and Fish Hamburgers, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0107171>, *Grasas y Aceites*, 68 (3), E203 (2017)
- Martínez, L., L.G. Pérez, J. Liu y M. Espinilla, A Fuzzy Model for Olive Oil Sensory Evaluation, in *Foundations of Fuzzy Logic and Soft Computing* by P. Melin, O. Castillo, L.T. Aguilar, J. Kacprzyk y W. Pedrycz. *Lecture Notes in Computer Science* (4529), Springer, Berlin, Alemania (2007)
- Mehmet, Ş. e Y. Anil, Cero Vertidos: Uso de los Residuos del Sector Olivícola como Energía Limpia, *Olivae*, 123, 37-42 (2016)
- Mettouchi, S., R. Sacchi y cuatro autores más, Effect of Spanish style processing on the phenolic compounds and antioxidant activity of Algerian green table olives, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0378151>, *Grasas y Aceites*, 67 (1), E114 (2016)
- Naderloo, L., R. Alimardani y cinco autores más, Application of ANFIS to Predict Crop Yield Based on Different Energy Inputs, *Measurement*, 45, 1406-1413 (2012)
- Nimo M. e I. Garcíarena, Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación Argentina, I Reunión Comisión Regional Cuyo 2017, Buenos Aires, Argentina (2017)
- Rezaghali, F. y M. A. Hesarinejad, Integration of fuzzy logic and computer vision in intelligent quality control of celiac-friendly products, *Proc. Comp. Sci.*, (120), 325-332 (2017)
- Sahu, C.K. y R. K. Kadeppagari, Sensory Evaluation of Kokum Drinks by Fuzzy Logic and a Simple Method, *Int. J. Food Prop.*, 20 (11), 2608-2615 (2017)
- Solanke, S.B., R.V. Jaybhaye y S.B. Jadhav, Sensory Evaluation of Pearl Millet Based Snack Food (Kharodi) Using Fuzzy Logic, *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 7 (4): 2144-2154 (2018)
- Stone, H. y J. Sidel, *Sensory Evaluation Practices*, 3a edición, 247-277. Elsevier Academic Press, New York, USA (2004)