

## **METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS. I. PROCEDIMIENTO GENERAL**

*Margarita Nuñez de Villavicencio\**, *René Hernández-Álvarez*, *Ivania Rodríguez-Álvarez*, *José L. Rodríguez y Yailén Torres-López*

*Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. Carr. al Guatao km 3 ½, CP 19200, La Habana, Cuba.*

*E-mail: margarita@iia.edu.cu*

### **RESUMEN**

Un estudio de vida útil es un medio objetivo y metódico para determinar o estimar dicho tiempo, para esta estimación es necesario que los productores y desarrolladores de alimentos cuenten con una metodología que ayude a realizar los estudios de vida útil confiables y precisos. La metodología propuesta está basada en el procedimiento general para la estimación de la vida útil que consta de tres pasos: análisis preliminar del sistema producto envase ambiente, ensayos de almacenamiento y caracterización y aplicación de la técnica de estimación adecuada. En este trabajo se discuten, de forma general, algunas consideraciones metodológicas y prácticas que deben tenerse en cuenta para la ejecución de los dos primeros pasos.

**Palabras clave:** vida útil, durabilidad, estimación, diseño experimental

### **ABSTRACT**

#### **Methodology to estimate the shelf-life of foods. I. General procedure**

A shelf-life study is an objective and methodical means to determine or estimate such time, for this estimation it is necessary for food producers and developers to have a methodology that will help them to perform reliable and accurate shelf life studies. The proposed methodology is based on the general procedure for estimating shelf life consisting of three steps: preliminary analysis of the product packaging environment system, storage and characterization tests and application of the appropriate estimation technique. In this paper, we discuss, in a general way, some methodological and practical considerations that must be taken into account for the execution of the first two steps.

**Keywords:** shelf life, durability, estimation, experimental design.

### **INTRODUCCIÓN**

El etiquetado de los alimentos constituye el principal medio de comunicación entre los productores y vendedores, por una parte, y por otra, sus compradores y consumidores (1). La vida útil, vida de estante o durabilidad de los alimentos es parte de la información obligatoria que debe ofrecerse en las etiquetas y así está establecido en las normas y regulaciones vigentes (2, 3).

La vida útil o durabilidad de un alimento se define como el período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario y mantiene características sensoriales, físicas, químicas, nutricionales y funcionales por encima de un grado límite de calidad, previamente establecido como aceptable cuando se almacena bajo las condiciones recomendadas y depende de muchos factores

---

*\*Margarita Nuñez de Villavicencio Ferrer: Licenciada en Matemática (UH, 1984) y Master en Ciencias Matemáticas (UH, 2000). Sus líneas de trabajo fundamentales son la aplicación de técnicas de probabilidades y estadística matemática a la investigación de alimentos.*

incluyendo la calidad de los ingredientes, la composición y estructura del producto, las condiciones de procesamiento, las características del envase y las condiciones de almacenamiento, manejo y distribución (4-7).

La responsabilidad de la determinación de la vida útil es de los productores los cuales deben tener la capacidad de probar y evaluar la vida útil de los productos, además, la evaluación de la vida útil es parte de todo programa de desarrollo de productos (4, 6, 8).

Según la FAO, casi una tercera parte de los alimentos producidos para el consumo humano se pierden o desperdician en todo el mundo, lo que repercute en la seguridad y sostenibilidad de los sistemas alimentarios. Estudios recientes han identificado al etiquetado de la vida útil de los alimentos y la confusión que genera, en los consumidores, como una de las principales causas del desperdicio de alimentos ya que estos relacionan estas fechas a la inocuidad cuando, en realidad, suelen referirse más bien a la calidad de los alimentos. Es por ello que ha surgido y aumentado la preocupación por determinar la vida útil con mayor exactitud y precisión, aunque queda mucho por hacer para educar a los consumidores acerca del significado e importancia del etiquetado de la fecha de vida útil en los alimentos (4, 9-13).

La vida útil de los alimentos puede determinarse o calcularse por diferentes métodos, la elección de uno u otro depende del producto en particular y de los objetivos propuestos en el estudio específico.

Los más utilizados son los conocidos como método directo, basado en la estimación mediante análisis de Weibull o técnica de riesgo y los indirectos que emplean procedimientos de almacenamiento acelerado, donde el más común es el basado en el almacenamiento acelerado por abuso de temperatura.

La industria alimentaria en Cuba necesita disponer de métodos que permitan establecer el fechado de la vida útil de los alimentos de la forma más rigurosa, fiable, exacta y precisa posible, es por ello que se propone una metodología para la estimación de la vida útil de los alimentos.

### Procedimiento general para la estimación de la vida útil o durabilidad de los alimentos

Un estudio de vida útil es un medio objetivo y metódico para determinar o estimar el tiempo que puede esperarse que se mantenga un producto alimenticio, sin cambios apreciables en su calidad y debe realizarse durante el desarrollo de nuevos productos o cuando se producen cambios en la formulación, en las condiciones de procesamiento, en los materiales de envase y composición de la atmósfera, de los suministradores de ingredientes o envases, en las condiciones de almacenamiento y durante el curso de una vigilancia regular de la vida útil (4, 7, 14).

Los estudios de vida útil o durabilidad pueden realizarse siguiendo el esquema que se resume en la Fig. 1, donde puede apreciarse que estos estudios constan de

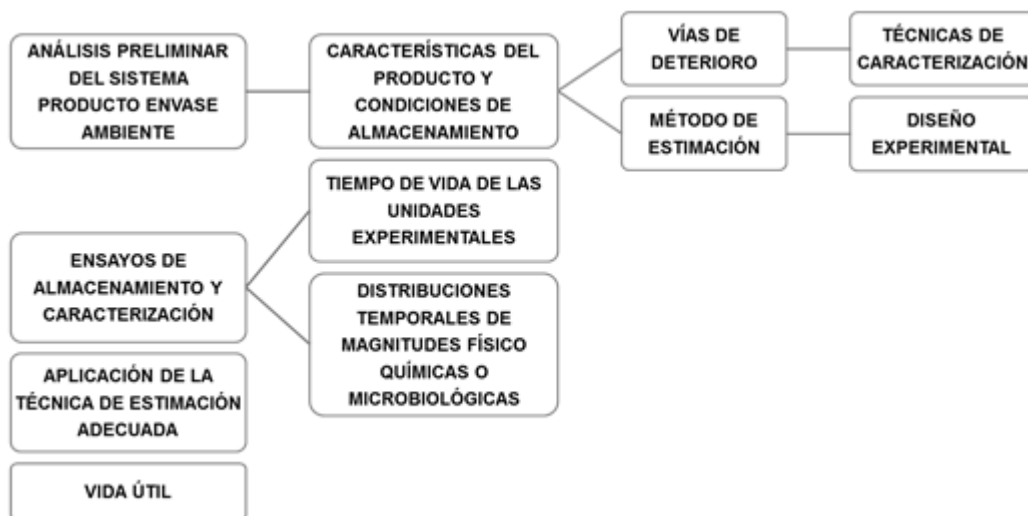


Fig. 1. Esquema de un estudio de vida útil o durabilidad de alimentos (15).

tres pasos fundamentales: análisis preliminar del sistema producto-envase-ambiente, ensayos de almacenamiento y caracterización y aplicación de la técnica de estimación adecuada.

## **ANÁLISIS PRELIMINAR DEL SISTEMA PRODUCTO-ENVASE-AMBIENTE**

### **Características del producto y condiciones de almacenamiento**

Todo estudio de vida útil debe comenzar con una caracterización del producto, en la que se deben describir las propiedades que definen su calidad tanto sensoriales como físico químicas, nutricionales, funcionales y/o microbiológicas; así como también del sistema de envasado que se empleará y las condiciones de almacenamiento a que será sometido, además debe tenerse al menos una noción de cual es tiempo de vida útil esperado del producto.

Como parte de la caracterización deben determinarse los factores o características intrínsecos inherentes al alimento y extrínsecos pudieran ejercer influencia sobre la vida útil o durabilidad del producto estudiado debido a que esos factores gobiernan los mecanismos por los cuales se revela el proceso de deterioro ya sea por cambios microbiológicos, bioquímicos/químicos, físicos o sensoriales o como una combinación de estos (4, 7, 15-17).

De acuerdo a sus características los productos alimenticios pueden dividirse en tres categorías con respecto a su estabilidad y durabilidad: perecederos, con una vida útil de algunos días a semanas, en su mayoría deben mantenerse refrigerados entre 0 y 8 °C; semiperecederos, con una durabilidad de pocos meses a un año, tanto aquellos pueden ser almacenados bajo condiciones ambientales como otros que necesitan ser refrigerados y poco perecederos, con durabilidades de un año o mayor que son estables a temperatura ambiente (4, 7, 16).

### **Vías de deterioro**

La caracterización adecuada permite la identificación de los índices de deterioro que pueden ser una o varias mediciones sensoriales, químicas, físicas o microbiológicas que pueden usarse reproduciblemente para evaluar los cambios que ocurren durante el estudio y los índices de fallo que no son más que los atributos de calidad que

indican que el alimento ya no es aceptable para el consumidor y pueden coincidir o no con los índices de deterioro. A partir de estos índices se determinan los criterios de fallo o de fin de la vida útil del producto teniendo en cuenta los límites de aceptación o tolerancia, que previamente deben haber sido establecidos (4, 7, 14, 15, 18).

### **Técnicas de caracterización**

Consecuentemente deben determinarse las técnicas analíticas, sensoriales, físicas, químicas o microbiológicas, que serán empleadas para cuantificar las características de interés o establecer el fallo o no de la muestra analizada durante el tiempo que dure el estudio. La selección de la técnica a emplear debe hacerse cuidadosamente teniendo en cuenta no solo la sensibilidad, sino también selectividad en el procedimiento cuando se monitorean componentes individuales en sistemas alimentarios altamente complejos (4, 7, 16, 18, 19).

Dada la garantía de la inocuidad del producto, la evaluación sensorial es incuestionablemente la prueba más apropiada para evaluar los cambios durante las pruebas de almacenamiento. Para asegurar la generación de datos sensoriales significativos, precisos y fiables, deben cumplirse algunos requerimientos básicos que parten de la definición clara los objetivos de la prueba, la disposición del ambiente dedicado a la prueba sensorial, el empleo de procedimientos de prueba orientados al producto, la elección y entrenamiento de un mínimo de seis evaluadores hasta el tratamiento y análisis correctos de los datos (5, 15, 18, 20-23).

La calidad sensorial inicial del producto debe coincidir con la descrita en las normas y especificaciones y debe definirse con claridad para todos los jueces, de modo que tengan un criterio o patrón homogéneo, además, se exigirá que toda muestra empleada en un estudio de vida útil o durabilidad cumpla las especificaciones establecidas. Es importante también que los catadores tengan un patrón lo más uniforme posible del grado de calidad límite admisible, es decir, del grado de variación tolerable en las características organolépticas del producto (5, 20, 23).

Para evaluar el producto pueden utilizarse tablas de caracteres organolépticos, pruebas de aceptación-rechazo, de diferencias o discriminatorias o pruebas cualitativas dependiendo del objetivo propuesto (5, 7, 20-24).

Si la estimación de la vida útil o durabilidad se realizará con el método directo o en tiempo real mediante la técnica de riesgo o análisis de Weibull. Es necesario que la prueba sensorial empleada conduzca a un dictamen de aceptable o rechazable para la muestra en cuestión (5). Por otra parte, si se utilizará el método indirecto de almacenamiento acelerado por abuso de temperatura, la prueba sensorial debe brindar información cuantitativa del comportamiento durante el almacenamiento a las temperaturas ensayadas (4, 15, 22).

## MÉTODOS DE ESTIMACIÓN

Los métodos para la estimación de la vida útil o durabilidad de los alimentos pueden clasificarse como: método directo y métodos indirectos (4, 7, 18).

El método directo o en tiempo real es el más utilizado y se basa en el almacenamiento del producto bajo condiciones controladas prefijadas, por un período de tiempo mayor que el de la durabilidad esperada y su chequeo periódico para observar desde el comienzo del deterioro hasta que el producto llega a ser inaceptable. Conocido como análisis de Weibull, técnicas de riesgo, o análisis de supervivencia, este método es aplicable a alimentos almacenados a temperatura ambiente, refrigerados y congelados que pertenecen a las categorías de vida útil corta o media, es decir, perecederos o semiperecederos. El objetivo es obtener información lo más exacta posible acerca de los cambios en la calidad e inocuidad del producto durante el almacenamiento y establecer de forma confiable y práctica, el punto en el tiempo en que esos cambios causan que el producto sea inaceptable para el consumidor (4, 5, 7, 18, 22, 24, 25).

Los métodos indirectos intentan predecir o estimar la vida útil de un producto mediante pruebas de vida útil aceleradas o modelación predictiva del crecimiento microbiano. Mediante estas pruebas es posible evaluar la estabilidad y estimar la durabilidad del producto a partir de datos experimentales obtenidos en un periodo de tiempo significativamente más corto que la vida útil real del producto. La más utilizada de estas pruebas es la de almacenamiento acelerado por abuso de temperatura, que se emplea fundamentalmente para productos estables o de larga vida útil, en la cual se incrementa la velocidad de deterioro aumentando la temperatura de almacenamiento (7, 17, 19, 22, 26)

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Un diseño experimental adecuado garantizará la calidad y confiabilidad de los resultados obtenidos. Los aspectos a tener en cuenta para elaborar un diseño experimental eficiente para estudios de vida útil, independientemente del método de estimación a emplear, son:

### Duración del estudio

La duración del estudio debe exceder la vida útil esperada del producto, si al finalizar el estudio no ha fallado ninguna muestra o no han ocurrido más del 50 % los cambios en la evolución o degradación de las características de interés, no habrá información suficiente para realizar un análisis estadístico válido y llegar a conclusiones. Para establecer la duración del estudio pueden utilizarse pruebas de observación o criterios sobre productos similares (14).

Para el caso en que se emplee el método directo la duración del estudio está directamente relacionada con la vida útil esperada del producto. Si el estudio se realizará empleando el método indirecto de almacenamiento acelerado por abuso de temperatura, la duración del estudio estará relacionada con el tiempo en que se espera que ocurran los cambios hasta el deterioro del producto para cada temperatura en particular, para lo cual será necesario realizar ensayos preliminares.

### Selección de los tiempos de muestreo

El deterioro de los alimentos generalmente se produce a velocidad de fallo creciente, luego del período de estabilidad, comienza la fase en la que aumenta la velocidad de deterioro por lo que el muestreo a intervalos regulares de tiempo, no garantiza la confiabilidad de los resultados. Para lograr una estimación de la durabilidad exacta, precisa y fiable por una parte y minimizar el costo de las pruebas por otra, es recomendable comenzar el muestro a partir del momento en que las muestras están cercanas a fallar o están aproximándose al límite de su calidad, disminuyendo el intervalo de tiempo hasta observar el deterioro total sobre la base de la velocidad de fallos o cambios observada (14, 26, 27).

Gacula (28) propuso dos diseños experimentales para estudios vida útil de productos alimenticios: el diseño escalonado, y el diseño completamente escalonado.

Ambos diseños permiten reducir los costos del estudio de vida útil ya que, en muchos casos, no se hacen evaluaciones en períodos tempranos concentrando la mayoría de los tiempos de muestreo y aumentando el número de muestras hacia la parte posterior del experimento incrementando la información obtenida acerca del verdadero tiempo de fallo de las muestras observadas. Estos diseños presentan una desventaja que dificulta su aplicación práctica: el número de muestras o unidades experimentales necesarias para la realización del estudio depende del momento en que se inicia la fase de aceleración la cual a su vez depende del número de unidades experimentales o muestras deterioradas.

Para el establecimiento de los tiempos de muestreo se propone, basado en lo propuesto por Gacula (28), establecerlos a partir de la durabilidad esperada del producto, tomando las muestras a tiempo cero, y al 50 % del tiempo esperado a modo de comprobación, continuando con el 75 % y luego el 80 o 85 %, comenzando a acelerar o disminuir la frecuencia, en los siguientes muestreos según la precisión deseada hasta sobrepasar el tiempo esperado. La Tabla 1 muestra algunos posibles tiempos de muestreo para varios valores de tiempos de durabilidad esperados.

Si las mediciones tomadas sugieren que los fallos o cambios pudieran ocurrir después de lo previsto, sería mejor espaciar las mediciones y comenzar a probar más frecuentemente cuando sea más probable que ocurran y si indican que los cambios o el deterioro ocurrirán antes de lo previsto se debe disminuir la frecuencia ajustándola a la velocidad de deterioro observada.

La precisión de la estimación de la vida útil puede mejorarse obteniendo datos adicionales. En el análisis de los datos de tiempos de vida, puede manejarse la adición de tiempos de fallo para nuevas muestras lo que incrementa la calidad de la estimación realizada (14).

La planificación de los experimentos puede realizarse de dos formas: almacenando todas las muestras necesarias e ir realizando el muestreo y todos los análisis correspondientes en los tiempos prefijados o almacenar las muestras necesarias a diferentes tiempos, de forma de obtener en un mismo día todas las muestras con los diferentes grados de deterioro y analizarlas en ese día (7, 18, 29).

### **Selección de muestras representativas, unidades experimentales**

Debido a que el objetivo de este tipo de experimentos es generalizar los resultados a toda la población, en el diseño de un estudio de vida útil debe integrarse la máxima variabilidad relevante ya que esta definirá el alcance del mismo por lo que es de suma importancia que las muestras del producto que participarán sean tan representativas de la variabilidad del producto como sea posible. Si los lotes han sido identificados como la fuente primaria de variabilidad, debe asegurarse que en el plan de muestreo se tomen muestras de varios lotes. Se ha sugerido que deben utilizarse al menos tres lotes para los modelos de estabilidad, lo que puede emplearse también como una guía para la estimación de la vida útil (14). De modo que en un estudio de vida útil los lotes constituyen las unidades muestrales

**Tabla 1. Ejemplos de posibles tiempos de muestreo para algunos tiempos de durabilidad**

Tiempo de vida útil o durabilidad esperado (d)				
7	15	30	60	180
0	0	0	0	0
2	8	15	1	90
4	11	23	30	135
5	13	26	50	153
6	14	27	55	162
7	15	28	57	170
8	16	29	59	175
9	17	30	60	177
-	-	31	61	180
-	-	32	62	183



(unidad individual o lote de material muestreado) mientras que las unidades experimentales serán las muestras tomadas de cada lote.

### Número de muestras necesarias

Para diseñar un estudio de durabilidad es necesario el cálculo del tamaño de muestra, que debe ser suficientemente grande para producir información útil, y suficientemente pequeño para ser práctico y económicamente viable (14).

Para el cálculo del tamaño de muestra mínimo para cada lote (número de unidades experimentales necesarias) partiendo de los índices de deterioro relacionados con el producto específico, debe tenerse en cuenta: el número de puntos en el tiempo en que se realizarán los muestreos (nt), el número de muestras necesarias para la evaluación sensorial (nS), así como el número de análisis físico químicos (nFQ) y el de muestras necesarias para cada uno (mFQ<sub>i</sub>), y el número de análisis microbiológicos (nM) y el de muestras necesarias para cada análisis (mM<sub>i</sub>).

El tamaño de muestra para cada lote puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$nL_i = nt * \left( nS + \sum_{i=1}^{nFQ} mFQ_i + \sum_{i=1}^{nM} mM_i \right)$$

El tamaño de muestra total necesario para realizar el experimento puede calcularse multiplicando el número de lotes por el número de muestras necesarias para cada lote calculado con la expresión anterior.

En las pruebas de almacenamiento acelerado por abuso de temperatura para el cálculo del número mínimo de muestras se deben tener en cuenta, además, las temperaturas ensayadas, de modo que cada lote sea examinado en todas ellas.

Por ejemplo, se desea estudiar la vida útil de un producto, cuyo tiempo de durabilidad esperado es de 7 d, por lo que la duración del estudio será de 9 o 10 d, el producto está envasado en potes plásticos de 125 mL con cierre no hermético y almacenado a temperatura ambiente. Por las características del producto el estudio se realizará empleando el método directo.

Durante el estudio se realizarán los siguientes análisis: evaluación sensorial mediante aceptación/rechazo evaluado por un panel de siete catadores entrenados; análisis microbiológicos: conteo total de unidades formadoras de colonias por gramo de producto de microorganismos aerobios mesófilos, productores de ácido, coliformes totales, mohos y levaduras y pH. El muestreo se realizará al inicio y a los 2, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 d; se tomarán muestras de tres lotes de producción y un pote de producto constituye una unidad experimental.

Para el cálculo del número mínimo de muestras necesarias de cada lote:

- El número de puntos en el tiempo en que se realizarán los muestreos nt = 8
- El número de muestras necesarias para la evaluación sensorial nS = 7 (una para cada juez)
- El número de análisis microbiológico nM=5 y el de muestras necesarias para cada análisis mM<sub>i</sub>=1, todos los análisis se realizan con un pool de las cinco muestras.
- El número de análisis físico químicos nFQ=1 y el de muestras necesarias para cada uno mFQ<sub>i</sub>=3

El tamaño mínimo de muestra para cada lote sería:

$$nL_i = 8 \cdot (7 + 3 + 5) = 120$$

Sería recomendable entonces tomar 125 potes de cada lote para tener un margen de seguridad, el número total de muestras necesarias para el estudio sería de 375 potes.

### ENSAYOS DE ALMACENAMIENTO Y CARACTERIZACIÓN

Esta es la etapa central del estudio de vida útil en ella se obtendrá la información necesaria para la determinación de la vida útil o durabilidad del producto ya sean tiempos de vida de las unidades del producto o distribuciones temporales de magnitudes físico-químicas, sensoriales, microbiológicas u otras. Es necesario que esta etapa esté bien organizada para evitar que coincidan varias muestras con diferentes tiempos de almacenamiento en el mismo momento, lo que podría causar dificultades.

Es recomendable hacer una programación de las tomas de muestras, teniendo en cuenta además los días no laborables u otras causas que impidan la obtención de los resultados en el tiempo deseado (14).

## REFERENCIAS

1. FAO-OMS. CODEX ALIMENTARIUS. *Etiquetado de los Alimentos*. 2007.
2. NC 108:2012. *Norma general para el etiquetado de alimentos preenvasados*. Cuba; 2012.
3. CODEX-STAN. *Norma general para el etiquetado de los alimentos preenvasados*. 2010.
4. Man, C. M. D. *Shelf Life*. 2da ed. Hoboken, John Wiley & Sons Ltd., 2015.
5. Cantillo, J.; Nuñez de Villavicencio, M. y Fernández, C. *Durabilidad de los Alimentos. Métodos de Estimación*. La Habana, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, 1994.
6. IFST. *Shelf Life of Foods - Guidelines for its Determination and Prediction*. London: John Wiley & Sons; 1993.
7. Nicoli, M. C. *Shelf Life Assessment of Food*. Barbosa-Cánovas G.V. (Ed.), Boca Raton, Taylor & Francis Group, 2012.
8. IFST. *Food and Drink - Good Manufacturing Practice. A guide to its responsible management*. London: John Wiley & Sons; 2013.
9. Leib, E. B.; Gunders, D.; Ferro, J.; Nielsen, A.; Nosek, G. y Qu, J. *The Dating Game: How Confusing Food Date Labels Lead to Food Waste in America*. NRDC REPORT 13-09-A, 2013. Natural Resources Defense Council (NRDC) New York City
10. Boxstael, S.V.; Devlieghere, F.; Berkvens, D.; Vermeulen, A. y Uyttendaele, M. *Food Control* 37:85-92, 2014.
11. Newsome R.; Balestrini C.G.; Baum M.D.; Corby J.; Fisher W.; Goodburn K.; Labuza T.P.; Prince G.; Thesmar H.S. y Yiannas F. *Comp. Rev. Food Sci. Food Saf.* 13:745-69, 2014
12. Wilson, N.L.W.; Rickard, B.J.; Saputo, R. y Ho, S.T. *Food Waste: The Role of Date Labels, Package Size, and Product Category*. New York, NY., Cornell University, 2015.
13. Collart, A. J. y Interis, M. G. *Does information on food dating influence consumer in-store purchasing behavior?* Southern Agricultural Economics Association's 2016 Annual Meeting, San Antonio, Texas, 2016.
14. Guillet, M. y Rodríguez, N. Shelf life testing methodology and data analysis En: *Food Packaging and Shelf Life. A practical Guide*. G. L. Robertson (Ed.), Boca Raton, FL., CRC Press, 2010, pp. 31-53.
15. Kilcast, D. Sensory evaluation methods for food shelf life assessment. En: *Food and Beverage Stability and Shelf Life*. D. Kilcas y P. Subramaniam (Eds.). Cambridge, Woodhead Publishing Limited, 2011. pp. 350-380.
16. Robertson, G. L. Packaging and food and beverage shelf life. En: *Food and Beverage Stability and Shelf Life*. D. Kilcas y P. Subramaniam (Eds.), Cambridge, Woodhead Publishing Limited, 2011, pp. 244-272.
17. Mizrahi, S. Accelerated shelf life testing of foods. En: *Food and Beverage Stability and Shelf Life*. D. Kilcas y P. Subramaniam (Eds.), Cambridge, Woodhead Publishing Ltd., 2011, pp. 482-506.
18. Manzocco, L.; Calligaris, S. y Nicoli, M. C. Methods for food shelf life determination and prediction. En: *Oxidation in foods and beverages and antioxidant applications: Volume 1: Understanding mechanisms of oxidation and antioxidant activity*. E.D. Decker R.E, D.J. McClements (Eds.). Cambridge, Woodhead Publishing Limited, 2010. pp. 196-222.
19. Taoukis, P. S.; Labuza, T.P. y Saguy, I.S. Kinetics of food deterioration and shelf-life prediction. En: *Handbook of Food Engineering Practice*. E. Rotstein, R.P. Singh y K.J. Valentas (Eds.), New York, CRC Press, 1997, pp. 366-408.
20. ASTM. E2454 - 05 Standard guide for sensory evaluation methods to determine the sensory shelf life of consumer products. ASTM International, 2005.
21. Giménez, A.; Ares, F. y Ares, G. *Food Res. Intern.* 49(1):311-25, 2012
22. Hough, G. Sensory Shelf Life Estimation of Food Products. Boca Raton, FL., CRC Press, 2010.
23. Manzocco, L. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 56(10):1640-1646, 2016.
24. Freitas, M. A. y Costa, J. C. *Comp. & Ind. Eng.* 51(4):652-670, 2006.
25. Gacula, M. C. y Singh, J. *Statistical Methods in Food and Consumer Research*. San Diego, CA., Academic Press. 1984, pp. 501-505.
26. Robertson, G. L. Food quality and indices of failure. En: *Food Packaging and Shelf Life. A practical Guide*. G.L. Robertson (Ed.), Boca Raton, FL., CRC Press, 2010, pp. 17-30
27. ReliaSoft. Life Data Analysis Reference. Tucson, Arizona, ReliaSoft Corporation, 2015.
28. Gacula, M. C. *J. Food Sci.* 40:399-404, 1975.
29. Gámbaro, A. Diseños de ensayos de vida útil de alimentos. En: *Estimación de la Vida Útil Sensorial de los Alimentos*. G. Hough y S. Fiszman (Eds.), Madrid, Programa CYTED, 2005.