

ESTIMACIÓN DE LA VIDA DE ANAQUEL MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS EN FRESA ENTERA EN BOLSA DE POLIETILENO Y PULPA DE FRESA CONGELADA

Mercado-Flores J.^{*}, López-Orozco M., Martínez-Soto G. y Abraham-Juárez M. R.

Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, División Ciencias de la Vida; Departamento de Alimentos, ExHacienda "El Copal" s/n, Km 9 Carr. Irapuato-Silao, Apartado Postal 311, C.P. 36500, Irapuato, Guanajuato, México. * juan_merc@hotmail.com

RESUMEN

Se determinó el tiempo en que un producto alimenticio congelado mantendrá su característica de "apto para consumo" y su aceptación por parte del consumidor, utilizando el "método acelerado", que consiste en la determinación de la velocidad a la que cambia el parámetro evaluación sensorial con respecto al tiempo a diferentes condiciones de almacenamiento congelado de fresa entera congelada (-28, -10 y 2.5 ° C). El método de vida de anaquel acelerada utiliza temperaturas de almacenamiento más altas que las de temperaturas de almacenamiento congelado normal (-20 ° C), presentándose entonces una disminución de la vida de anaquel del alimento congelado en un tiempo más corto. Los resultados obtenidos fueron una estimación de la vida de anaquel a -28°C de la pulpa de fresa de 645 días y de la fresa entera de 430 días.

ABSTRACT

The time a frozen food product will remain property of "fit for consumption" and its acceptance by the consumer, using the "fast method", which consists in determining the rate at which changes the sensory evaluation parameter was determined with respect to time at different storage conditions whole frozen strawberry frozen (-28, -10 and 2.5 ° C). The method of accelerated shelf life using temperatures higher than the average temperature of frozen storage (-20 ° C), then presenting a decreased shelf life of frozen food in a shorter storage time. The results were an estimated shelf life at -28 ° C of strawberry pulp and 645 days whole strawberry 430 days.

Palabras clave: Vida de anaquel, Pruebas aceleradas, Fresa congelada.

Área: Evaluación sensorial.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de determinación de la vida útil son fundamentales en el sector alimentario. Se recurre a ellos para lanzar un nuevo producto y para evaluar cómo afectan los cambios de procesos de producción o las reformulaciones en la estabilidad de alimentos ya consumidos. La mayor o menor vida útil del producto depende de la naturaleza del alimento en sí, pero también de otros factores como los procesos higienizantes y de conservación a los que se someta, el envasado y las condiciones de almacenamiento, como la temperatura y la humedad. La vida útil se establece tras someter el alimento a

condiciones controladas de almacenamiento en alimentos frescos de vida corta, como los pescados y mariscos, o, en el caso de productos muy estables, mediante procesos de deterioro acelerado. Los datos que se obtienen se extrapolan después para elaborar predicciones en situaciones reales de conservación, es importante definir que la velocidad a que transcurren las reacciones bioquímicas en los alimentos aumentan con la temperatura (Casp, 2003). El rango de temperaturas absolutas en el almacenamiento de los productos alimenticios es pequeño y la mejor manera de relacionar la vida útil de los alimentos con la temperatura de almacenamiento es representar el logaritmo en función del inverso de la temperatura absoluta (representación de Arrhenius) o de la propia temperatura de almacenamiento (Labuza, 1985). El estudio de la vida útil tiene como objetivo evaluar el comportamiento de los productos en desarrollo y tradicionales a los que se les ha hecho algún cambio en la receta o en el proceso (Rondon, E., 2004). Para la evaluación de los productos se utilizan técnicas de evaluación sensorial, análisis físicos; químicos y microbiológicos. La vida de anaquel de un producto depende básicamente de su formulación, de la naturaleza química de sus componentes, del proceso al que fue sometido, de su material de envase y /o empaque y sobretodo de las condiciones ambientales (humedad, temperatura, luz) con las que se almacena en el lugar de su elaboración, en su cadena de distribución, en los puntos de venta y en el anaquel del consumidor (Fennema, 2008). La naturaleza del producto: los productos frescos se descomponen por el desarrollo de microorganismos y por la acción de enzimas naturales; los productos de naturaleza grasa o con un contenido de grasa superior al 10%, desarrollarán rancidez oxidativa; los productos deshidratados o semihúmedos que presentan en su composición proteínas y carbohidratos pueden presentar durante su almacenamiento reacciones de oscurecimiento no enzimático (reacción de Maillard) que da como resultado, insolubilidad de proteínas, reducción del valor nutritivo, y producción de sabores amargos; los productos con vitaminas naturales o adicionadas, en especial la vitamina A y el ácido ascórbico (vitamina C) tienden a degradarse con facilidad por la exposición a la luz, humedad relativa elevada y temperaturas superiores a 25°C. Como factores de deterioro físico de productos alimenticios se puede mencionar también, la fusión de las grasas (confitería, alimentos formulados), la modificación de color (común en productos congelados) y la desestabilización de emulsiones (aderezos, coberturas, mayonesa, etc.). En estos últimos la evaluación sensorial es el factor clave para determinar su estabilidad en el anaquel. Muchos alimentos frescos, tales como yogurt o pastas, después de un prolongado tiempo de almacenamiento pueden ser microbiológicamente seguros, pero pueden ser no aceptables en cuanto a sus propiedades sensoriales (Hough et. al). Estos estudios, pueden verificarse en períodos relativamente cortos aplicando las bases de los estudios de vida de anaquel acelerada. Entre reacciones de deterioro de los alimentos que se rigen por ecuaciones de primer orden, tenemos las pérdidas de vitaminas y de proteínas y el crecimiento microbiano (Casp, 2003).. Si pasamos a la forma logarítmica:

$\ln k = \ln K_0 - E_A/R \cdot 1/T$ Vemos que existe una relación lineal entre el logaritmo de la constante de velocidad y la inversa de la temperatura absoluta (Maron y Pruton, 1975). La ordenada en el origen de esta recta será el logaritmo del factor pre-exponencial y la pendiente será el cociente de la energía de activación y la constante de los gases perfectos. La ecuación de Arrhenius puede ser utilizada para simular la degradación de los alimentos en un rango de temperaturas. Este modelo se puede emplear para predecir las constantes de la velocidad de reacción y la vida útil de los alimentos a cualquier temperatura dentro de un rango (Casp 2003). Evidentemente, para determinar la vida útil de un alimento, es esencial determinar qué factores limitan esta vida útil, tales factores pueden causar cambios químicos, físicos y biológicos que se traducen en un cambio en las características sensoriales del alimento. Si el factor limitante no se identifica correctamente, los estudios no serán confiables. Estas pruebas son útiles en el diseño y desarrollo de un nuevo producto o en la modificación de uno ya existente, puesto que permiten determinar la vida útil del mismo sin necesidad de esperar a que transcurra el tiempo necesario, que en algunos casos es muy largo, como lo son los alimentos congelados. Las pruebas de vida útil acelerada implican el uso de altas temperaturas en las experiencias para conocer las pérdidas de calidad del alimento y su vida útil, y la extrapolación de los resultados a las condiciones normales de almacenamiento utilizando la ecuación de Arrhenius.

MATERIALES Y MÉTODOS

- 1.- Se obtuvieron las muestras de fresa entera congelada procesada a nivel industrial (recién procesado).
- 2.- Se ajustaron y calibraron las temperaturas de los congeladores.
- 3.- Se evaluó la calidad microbiológica de las muestras utilizando las técnicas oficiales de la Norma Oficial Mexicana, para asegurar al inicio la calidad inicial de la pulpa de fresa, como indicativo de calidad en su liberación como producto terminado congelado y además para poder ser utilizado en la prueba de vida de anaquel acelerada. Para los análisis microbiológicos a realizar a las muestras se aplicaron las establecidas por la Norma Oficial Mexicana (NOM): NOM-092-SSA1-1994. Métodos para la cuenta de bacterias aerobias en placa, NOM-112-SSA1-1994. Métodos para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa y NOM-111-SSA1-1994. Métodos para la cuenta de mohos y levaduras.
- 4.- Se aseguró las características fisicoquímicas de la formulación de la fresa congelada, utilizando los métodos oficiales de evaluación a través de los análisis siguientes: pH por el método potenciométrico (AOAC, 981.12,2000); sólidos solubles totales (°Bx) utilizando un refractómetro Abbe (AOAC, 932.12, 2000); el color utilizando un espectrofotómetro Minolta CM-508d en el modo de lectura de valores absolutos y espacio de color L, a, b (Minolta Corporation Manual, 1994).
- 5.- Se almacenaron las muestras a tres temperaturas de almacenamiento: -28°C, -10°C y 2.5°C.

6.- Se determinó la evaluación sensorial a los días 0, 7, 14 y 21, aplicando una Escala Hedónica Estructurada en 9 puntos para calificar el grado de aceptación o rechazo, indicando el valor 9 el valor máximo de aceptación de la muestra, el valor 5 indica el límite que discrimina entre aceptación y rechazo, y el valor 1 el valor máximo de rechazo. Se calculó el promedio de los resultados de la evaluación sensorial realizado por los panelistas.

7.- Se calculó el logaritmo natural de los promedios de la evaluación sensorial.

8.- Se obtuvieron tres ecuaciones de rectas de cinética de primer orden correspondientes a cada temperatura de almacenamiento de la siguiente manera: para cada temperatura de almacenamiento, se aplicó el método de mínimos cuadrados a los datos de la variable independiente tiempo y la variable dependiente logaritmo natural de la evaluación sensorial para obtener la ecuación de la recta de la cinética de primer orden de la velocidad de deterioro de la evaluación sensorial a cada temperatura (se espera que a mayor temperatura de almacenamiento, la velocidad de deterioro aumente).

9.- Se calcularon los inversos de la temperatura absoluta (Kelvin) de las tres temperaturas de almacenamiento.

10.- Se calcularon los logaritmos de las tres velocidades de las cinéticas obtenidas.

11.- Se obtuvo la recta de la ecuación de Arrhenius aplicando el método de mínimos cuadrados a los datos de la variable independiente inverso de la temperatura absoluta (K), y la variable dependiente logaritmo natural de la velocidad.

12.- Se obtuvo una ecuación que relacione la variable dependiente evaluación sensorial con las variables independientes tiempo y temperatura absoluta (K) de la siguiente manera: en la ecuación de la recta de primer orden, que relaciona el logaritmo natural de la evaluación sensorial con el tiempo, sustituir la ecuación de Arrhenius, el cual nos proporciona el efecto de la temperatura.

13.- En la ecuación anterior obtenida, se sustituyó en la evaluación sensorial el valor de 5, el cual es el valor que discrimina entre un producto aceptado y un producto rechazado, y el valor correspondiente del tiempo será el del tiempo de la vida de anaquel del producto almacenado en función de la temperatura.

14.- Usando la ecuación final obtenida, que relaciona el tiempo de la vida de anaquel con la temperatura de almacenamiento, se estimó la vida de anaquel (para periodos largos, que requeriría un tiempo largo de espera) con temperaturas de almacenamiento (más bajas).

RESULTADOS

En la tabla I se muestran los promedios de la evaluación sensorial de pulpa y fresa entera congelada almacenada a -28°C , -10°C y 2.5°C , los días 0, 7, 14 y 21, realizada por un panel de 10 jueces.

Tabla I. Promedios de la evaluación sensorial de pulpa y fresa entera congelada.

	PULPA			FRESA ENTERA		
TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)	-28	-10	2.5	-28	-10	2.5

DÍA	245	263	275.5	245	263	275.5
0	9	9	9	9	9	9
7	9	8.7	7.2	8.9	8.7	6.8
14	8.9	8.5	5.5	8.8	8.1	4.5
21	8.8	8	3.5	8.7	7	2

Se realizaron estudios de los cambios de la evaluación sensorial con el tiempo tanto para pulpa como para fresa entera a las tres temperaturas de estudio: -20°C, -10°C y 2.5°C, utilizando una ecuación de la forma $\ln E = \ln E_0 + k t$, la cual es una línea recta de la forma $y=A+Bx$, obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla II.

Tabla II. Resultados de las rectas de regresión de las cinéticas de la evaluación sensorial.

	PULPA			FRESA ENTERA		
TEMPERATURA (°C)	-28	-10	2.5	-28	-10	2.5
TEMPERATURA (K)	245	263	275.5	245	263	275.5
ln (E0)	2.200601818	2.201504722	2.24761183	2.19728828	2.223390791	2.31660455
k	-0.00112274	-0.00538008	-0.04432453	-0.0016143	-0.0117914	-0.0703582
coef. de determinación	-0.94360025	-0.97990819	-0.98574398	-0.9999872	-0.9560082	-0.9708524
coef. de correlación	0.890381438	0.960220075	0.971691196	0.99997446	0.913951846	0.94255451

Los valores de las constantes cinéticas están relacionadas con la temperatura absoluta de acuerdo a la ecuación de Arrhenius: $\ln k = A + K (1/T)$, la cual es una línea recta de la forma $y=A+Bx$. Obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla III.

Tabla III. Resultados de las rectas de regresión de la ecuación de Arrhenius.

	PULPA	FRESA ENTERA
E	25.24811097	27.09838353
K	-7893.01059	8235.292861
coef. de determinación	-0.97577190	0.994519555
coef. de correlación	0.952130817	0.989069145

La vida de anaquel es el tiempo estimado para que la cinética de la evaluación sensorial alcance un valor de 5, el cual es valor en el cual pasa de una evaluación de agrado a una evaluación de desagrado, en una escala hedónica.

$$\text{Vida de anaquel} = (\ln E_0 - \ln 5) / \exp(A + K/T)$$

$$\text{Vida de anaquel de pulpa de fresa} = (0.607134877) / \exp(25.24811097 - 7893.01059/T)$$

$$\text{Vida de anaquel de la fresa entera} = (0.636323296) / \exp(27.09838353 - 8235.29286/T)$$

Aplicando las ecuaciones anteriores a las temperaturas de estudio se obtienen los resultados que se muestran en la tabla IV.

Tabla IV. Vida de anaquel estimada de la pulpa y fresa entera congelada a -28°C, -10°C y 2.5°C.

	PULPA			FRESA ENTERA		
TEMPERATURA (°C)	-28	-10	2.5	-28	-10	2.5
TEMPERATURA (K)	245	263	275.5	245	263	275.5
VIDA DE ANAQUEL (DÍAS)	645.0026822	71.11738562	18.22238762	429.666018	43.05457802	10.3992954

BIBLIOGRAFÍA

Casp, A., April, J. (2003). Procesos de Conservación de Alimentos. Madrid: Ediciones Mundi Prensa.

- Fennema, O. (2008). Química de los Alimentos. Zaragoza, España. 4ed. Pag. 1025-1051.
- García, C., Molina, M.E. (2008) Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. Ingeniería 18 (1,2): 57-64, ISSN: 1409-2241; 2008. San José, Costa Rica.
- Hough, G., Langohr, K., Gómez, G. and Curia, A. (2003). Survival analysis applied to sensory shelf life of foods, J. Food Sci. 68 p.359.
- Hough G., Puglieso, M.L., Sánchez R., Méndez da Silva, O. (1999). Sensory and microbiological shelf-life of a comercial Ricotta chesse. J. Dairy Sci. 82:454-459.
- Maron, S. H. and Prutton, C. F. (1975). Fundamentos de Fisicoquímica. Ed. Limusa-Wiley. P 555-603.
- Labuza, T., Schmidt, M. (1985). Accelerated shelf-life testing of foods. Food Techology, 39(9), 57-64.
- Rondon, E., Pacheco, E., Ortega, F. (2004). Estimación de la vida útil de un análogo comercial de mayonesa utilizando el factor de aceleración Q10. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, 4(21), 68-83.
- Taoukis, P.S., Labuza, T. P. (1989). Applicability of time-temperature indicators as shelf life monitors of food-products. J. Food Sci. 54:783.