

Estudio del deterioro oxidativo y microbiológico de productos horneables en ausencia de oxígeno

MANUEL GUZMÁN Y ALICIA HARRAR DE DIENES
Escuela de Ingeniería Química
Universidad Metropolitana

Resumen

El objetivo de este trabajo es prolongar la vida de conservación de un producto de pastelería de humedad intermedia (pound cake) optimizando las variables de proceso de empaque con atmósfera modificada. Se elaboró un Diseño Factorial de Efectos Fijos con 4 niveles en la composición de los gases: aire ambiental, nitrógeno al 100%, mezcla 30%CO₂/70%N₂ y mezcla 50%CO₂/50%N₂, tres niveles en los materiales de empaque: polipropileno biaxialmente orientado (PPBO), polipropileno biaxialmente orientado recubierto con cloruro de polivinilideno (RAYOPP RMC) y polipropileno biaxialmente orientado recubierto de una dispersión acrílica y metalizado en una de las caras (RAYOPP RX) y dos niveles de formulación (con y sin antioxidante), para un total de 24 tratamientos. El producto fue elaborado en una batidora industrial y colocado en porciones de 40g en envases de aluminio desechables, horneado a 350°F durante 20 minutos y empacado en una corriente de gas utilizando una empaquetadora termosellable de material flexible. Las muestras seleccionadas fueron sometidas a una prueba de almacenaje en condiciones ambientales (25°C, 80% HR aproximadamente) evaluándose periódicamente para: aerobios mesófilos, hongos y levaduras, nivel oxidativo (ácido 2-tiobarbitúrico) y aceptación organoléptica. Se pudo constatar un incremento significativo de la vida útil de 30 a 80 días para la combinación RAYOPP RX, 22.5% CO₂/68% N₂, antioxidante Herbor P31.

Palabras claves: Empaque en atmósfera modificada, pastelería.

Abstract

The objective of this study is to extend the conservation life of a pastry product with medium humidity (a pound cake) by optimizing the variables in the packing process in a modified atmosphere. The authors chose a fixed effect factorial design with four levels of gas composition — natural air, nitrogen at 100%, a mixture of 30% CO₂ and 70% N₂ and a mixture of 50% CO₂ and 50% N₂; three levels of packing materials — biaxially oriented

polypropylene, biaxially oriented polypropylene covered with polyvinilidene chlorate (RAYOPP RMC), and biaxially oriented polypropylene covered with an acrylic dispersion and metalized coating on one of the sides (RAYOPP RX); and two levels of formulation — with and without oxidation. This totals 24 treatments. The product was elaborated in an industrial mixer, divided into 40-gram portions, placed on disposable aluminum containers, baked at 350°F during 20 minutes and packed in a gas current using a sealing flexible material thermal packer. The selected samples underwent storage tests under environmental conditions (25°C, 80% HR, approximately), and periodical evaluations for mesophilic aerobes, fungus, yeast, oxidation level (2-thiobarbituric acid) and organoleptic acceptance. A significant increase from 30 to 80 days was observed in the life span of the combination RAYOPP RX, 22.5% CO₂/68% N₂, Herbor P31 antioxidant.

Keywords: Modified atmosphere packing, pastry-making, humidity, packing process, storage tests.

Introducción

El uso de gases como método de preservación de alimentos se conoce desde hace unos 50 años para el almacenamiento y distribución de carnes y productos a granel como frutas y vegetales. Esta técnica es conocida con el nombre de Control Ambiental Total (Total Environmental Control) y fue desarrollada por la compañía Whirlpool con el nombre de Tectrol (Brody, 1989).

El término “atmósfera modificada” en vez de “controlada” surge en los años 80 con las primeras aplicaciones comerciales del sellado hermético de productos alimenticios en un ambiente semipermeable de gases inyectados. Actualmente la técnica MAP se usa amplia y exitosamente en la industria para proteger las propiedades químicas y organolépticas de productos perecederos de alto contenido de humedad y elevadas tasas de respiración y actividad de agua, tales como vegetales, frutas, carnes, etc. (Mapax Handbook, 1993).

El principio del empaque en atmósferas modificadas se basa en el efecto inhibidor de la actividad del oxígeno del aire cuando se reduce significativamente su concentración en la superficie del alimento, disminuyendo la tasa de la reacción de deterioro oxidativo de diversos procesos como el enranciamiento de las grasas, decoloración de la carne y otras, así como el deterioro microbiológico por la reducción de las tasas de respiración celular.

En alimentos de humedad intermedia como algunos productos de pastelería, el deterioro viene dado por la oxidación de las grasas con la consecuente pérdida de calidad organoléptica y la contaminación con hongos, levaduras y

bacterias. (Frazier, 1976). La evaluación del envasado de este tipo de productos alimenticios con MAP constituye una interesante oportunidad para que esta industria pueda mejorar la calidad y la vida útil protegiendo productos de sabores indeseados y de una apariencia visual mas atractiva y apetitosa.

No existe en la literatura sondeada información sobre el alargamiento de la vida de productos horneables de humedad intermedia y esta técnica no ha sido utilizada comercialmente en gran escala ni en Venezuela ni en otros países industrializados en parte debido a la elevada rotación de estos productos en el mercado y el sobre costo adicional que implica los materiales de empaque y el proceso adicional de la inyección del gas.

La producción industrial de pastelería en Venezuela esta limitada a un segmento de productos de consumo popular tales como rebanadas de panqué, bizcochos rellenos, etc., las cuales presentan una distribución y consumo limitado a los canales de alta rotación principalmente en los centros urbanos tales como supermercados, automercados, etc. Por esta razón, la técnica MAP podría justificarse para aquellos productos que intenten penetrar los segmentos más bajos y también aquellos que se dirijan a zonas climáticas de mayor riesgo por ejemplo el estado Zulia y siempre esto relacionado con el costo de producción levemente más alto que incrementaría el precio de venta final.

Por último, la inyección de gases en los materiales de empaque flexibles incrementan la protección mecánica de productos frágiles, ya que ayudan a mantener un volumen constante dentro del empaque. (Madrid, 1991).

Parte Experimental

Materiales

Se utilizó una fórmula estándar de un panqué comercial con base en harina suave de trigo (7-8% de proteína), azúcar refinada de caña, margarina con sal, huevos frescos, emulsificante, polvo de hornear, sal, leche en polvo y Herbor P-31 una mezcla de antioxidantes naturales. La mezcla de panqué se vació en porciones de 40g en envases de aluminio desechables, se horneó a 350°F durante 30 min. se enfriaron y se empacaron en un equipo horizontal tipo FLOW PACK termosellable marca Cavana modelo 07, a la cual se adaptó un equipo de inyección de gas. Las mezclas de gases fueron aire ambiental, nitrógeno al 100%, una mezcla 30%CO₂/70%N₂ y una mezcla 50%CO₂/50%N₂ suministrados por la empresa AGA de Venezuela en cilindros de 40 kg, envasados a una presión de 13.880 KPa. Los materiales de empaque utilizados fueron: bobinas de material flexible de la siguiente composición: polipropileno biaxialmente

orientado (PPBO), polipropileno biaxialmente orientado recubierto con cloruro de polivinilideno (RAYOPP RMC) y polipropileno biaxialmente orientado recubierto de una dispersión acrílica y metalizado en una de las caras (RAYOPP RX).

Para cada tratamiento se envasaron aproximadamente 100 muestras las cuales fueron monitoreadas por un analizador de gases seleccionándose aquellas que tuvieron la mayor concentración de la mezcla de gases inyectada. Finalmente, las muestras de cada tratamiento fueron agrupadas y colocadas en un cuarto de almacenaje a 25°C y 80% de humedad relativa aproximadamente. Se procedió a evaluar el nivel de deterioro fisicoquímico, microbiológico y organoléptico de los diversos tratamientos en función del tiempo de almacenamiento por un lapso máximo de 80 días con intervalos de 15 días.

Métodos

Análisis microbiológico. Se realizó un conteo de aerobios mesófilos y hongos y levaduras de acuerdo con las normas industriales venezolanas COVENIN 902-87 y 1337-90 respectivamente. Las inoculaciones de las muestras se realizaron sobre placas Petrifilm de 3M. Se realizó también una inoculación del medio ambiente del lugar del análisis bajo los mismos parámetros.

Oxidación. Se determinó el índice de rancidez oxidativa a través de la medición de la absorbancia del complejo colorimétrico del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) según el método de Witte (1970) modificado por Tellefson (1978) con un colorímetro Spectronic 20.

Evaluación sensorial. Se realizó una prueba de orden de preferencia para los tres tratamientos óptimos al cabo del período de la prueba de almacenaje. Al panel compuesto por 8 jueces no entrenados se les entregó una planilla donde debía ordenar en una escala de uno a tres su preferencia. Los puntajes de cada muestra fueron totalizados y se les aplicó una tabla estadística para establecer la significación entre los valores con un error del 5%. (Sangronis, 1991).

Concentración de gases en el empaque. Se realizó una determinación cuantitativa de los gases presentes en el empaque para cada uno de los tratamientos mediante el uso del equipo ABISS PAK-12P. (Mapax Handbook, 1993).

Diseño Experimental

Se elaboró un diseño factorial basado en tres variables independientes (fac-

tores experimentales): tipo de material de empaque (X_1) a tres niveles, composición de los gases (X_2) a cuatro niveles y composición del panqué (X_3) (presencia de antioxidante) a dos niveles dando un total de 24 tratamientos que representan las combinaciones de todos estos factores experimentales ($4 \times 3 \times 2$).

Como variables dependientes se escogieron las siguientes: conteo de aerobios mesófilos ($Y_{1,1}$), conteo de hongos y levaduras ($Y_{1,2}$), índice de oxidación (Y_2) y evaluación sensorial (Y_3). El número de réplicas para cada una de estas variables se escogió con base en experiencia previa de la diferencia verdadera (d) expresada en porcentaje de la media y el error estándar verdadero por unidad (s) expresado en porcentaje de la media.

Para el conteo microbiológico se utilizó $\delta = 10\%$ y $\sigma = 2\%$ para un número de réplicas n igual a dos. Para el caso del índice de oxidación se tomó $\delta = 10\%$ y $\sigma = 3\%$ con un número de réplicas igual a tres.

Los datos experimentales fueron analizados con el paquete estadístico Statman calculándose la regresión lineal para los diferentes tratamientos obteniéndose los valores de la t de estudiante y de P con los cuales se determinaron las significancias estadísticas entre las medias determinadas experimentalmente.

Se escogieron 3 laminaciones recomendadas por la industria: PPBO, RAYOPP RMC y RAYOPP RX. Se utilizó el PPBO como material de referencia. Para la selección de los gases se utilizaron composiciones recomendadas por Aga de Venezuela S.A., una empresa especializada en la elaboración de gases industriales, así como de la revisión bibliográfica (Brody, 1996) escogiéndose las siguientes composiciones: aire, N_2 , $30\%N_2 / 70\%CO_2$ y $50\%N_2 / 50\%CO_2$. Estas atmósferas fueron escogidas con el objetivo de minimizar el deterioro oxidativo y microbiológico para los cuales se ha comprobado que el N_2 y CO_2 puros o en mezclas presentan el mejor efecto. Por último se incluye como variable de formulación la adición de un antioxidante químico en la fórmula del panqué.

En la Tabla 1 se presenta un resumen del diseño experimental con una descripción de cada uno de los 24 tratamientos evaluados.

Tabla 1. Ordenamiento de los 24 tratamientos.

Tratamiento	Empaque	Atmósfera	Masa
1	PPBO	Aire	Sin Antioxidante
2	PPBO	Aire	Con Antioxidante
3	PPBO	N ₂	Sin Antioxidante
4	PPBO	N ₂	Con Antioxidante
5	PPBO	30%N ₂ /70%CO ₂	Sin Antioxidante
6	PPBO	30%N ₂ /70%CO ₂	Con Antioxidante
7	PPBO	50%N ₂ /50%CO ₂	Sin Antioxidante
8	PPBO	50%N ₂ /50%CO ₂	Con Antioxidante
9	RAYOPP RMC	Aire	Sin Antioxidante
10	RAYOPP RMC	Aire	Con Antioxidante
11	RAYOPP RMC	N ₂	Sin Antioxidante
12	RAYOPP RMC	N ₂	Con Antioxidante
13	RAYOPP RMC	30%N ₂ /70%CO ₂	Sin Antioxidante
14	RAYOPP RMC	30%N ₂ /70%CO ₂	Con Antioxidante
15	RAYOPP RMC	50%N ₂ /50%CO ₂	Sin Antioxidante
16	RAYOPP RMC	50%N ₂ /50%CO ₂	Con Antioxidante
17	RAYOPP RX	Aire	Sin Antioxidante
18	RAYOPP RX	Aire	Con Antioxidante
19	RAYOPP RX	N ₂	Sin Antioxidante
20	RAYOPP RX	N ₂	Con Antioxidante
21	RAYOPP RX	30%N ₂ /70%CO ₂	Sin Antioxidante
22	RAYOPP RX	30%N ₂ /70%CO ₂	Con Antioxidante
23	RAYOPP RX	50%N ₂ /50%CO ₂	Sin Antioxidante
24	RAYOPP RX	50%N ₂ /50%CO ₂	Con Antioxidante

Resultados y Discusión

Vida útil del producto

Los resultados experimentales referidos a la calidad microbiológica

($Y_{1,1} - Y_{1,2}$) (conteo de aerobios mesófilos y hongos y levaduras), estabilidad oxidativa (Y_2) y calidad organoléptica (Y_3) indican una vida útil entre 15 y 80 días de duración para el rango de los 24 tratamientos analizados en la prueba de almacenaje. Los análisis estadísticos permiten establecer una significancia para las variables: tipo de laminación (X_1), mezcla de gases (X_2) y en algunos casos la composición del panqué (X_3) en referencia al uso o no de antioxidante. Así mismo se pudieron constatar algunas diferencias significativas entre las interacciones de las diversas variables independientes evaluadas.

Análisis microbiológico

Los valores reportados para el conteo de colonias de aerobios mesófilos ($Y_{1,1}$) oscila entre 0 y 300 ufc/g en el período de almacenaje de 0 a 80 días y para el conteo de hongos y levaduras ($Y_{1,2}$) oscilan así mismo entre 0 y 300 ufc/g, (Figuras 1 y 2). Se aprecia que las muestras empacadas en aire (tratamientos 1 y 2) presentan un deterioro visible y acentuado a los 30 días de almacenaje, período que se considera usualmente como la vida útil de este tipo de producto en el mercado. Al cabo de 52 días se observa así mismo un deterioro importante de la mayoría de los tratamientos con excepción de los tratamientos 11, 20 y 24 que se mantienen en buenas condiciones de conservación hasta la finalización del período de almacenaje a los 80 días.

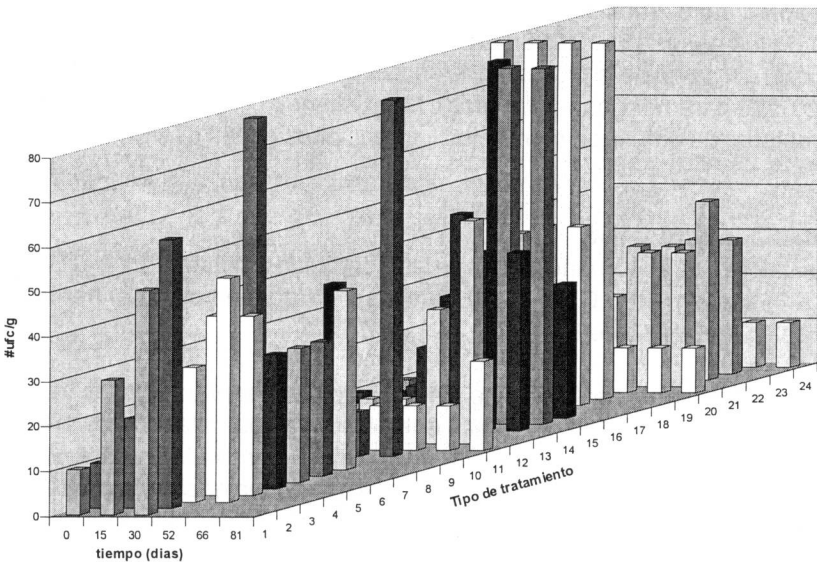


Figura 1. Conteo de aerobios mesófilos durante el almacenamiento

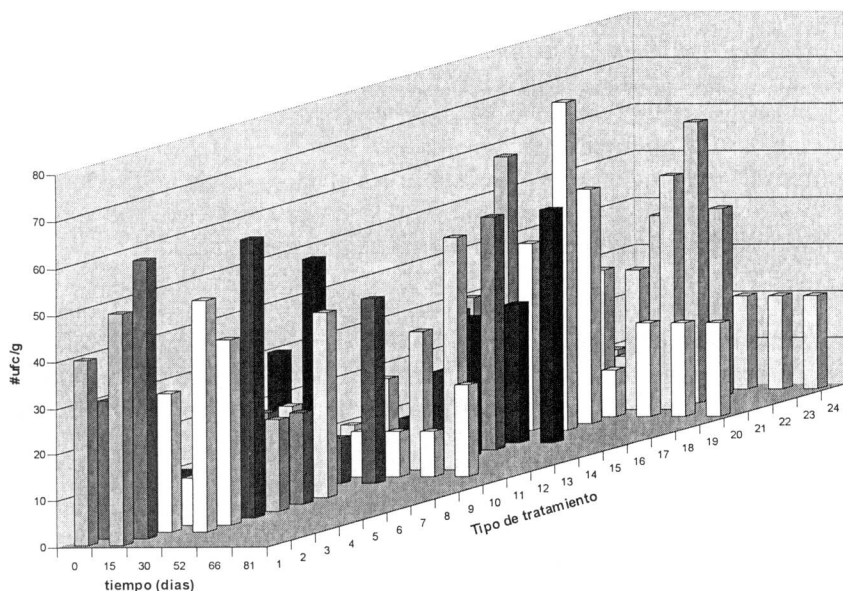


Figura 2. Conteo de hongos y levaduras durante el almacenamiento

Del análisis de regresión efectuado al cabo de 15 días para los 24 tratamientos se aprecian diferencias estadísticamente significativas (P mayor $[t]$) para el efecto de los gases ($P = 0.028$ para los aerobios y $P = 0.0007$ para hongos y levaduras) así como de la presencia de antioxidante ($P = 0.0088$ para los aerobios y $P = 0.0908$ para hongos y levaduras), no existiendo ningún efecto importante en el material de empaque o entre las interacciones de los diferentes factores.

Estabilidad oxidativa

Los valores de absorbancia de la prueba del ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) (Y_2) (Figura 3) oscilan entre 0.05 y 0.40 para los 24 tratamientos en el período de almacenaje estudiado de 80 días.

Durante los primeros 30 días de almacenaje se observan amplias variaciones y pocas diferencias significativas entre los diversos tratamientos a excepción del tratamiento 1 el cual muestra un deterioro significativamente peor. Se observa que los tratamientos 11, 12, 20, 23 y 24 mantienen niveles de absorbancia por debajo de 0.15 transcurridos 52 días de almacenamiento lo cual es significativamente inferior al resto de las muestras indicando su mayor estabilidad oxidativa.

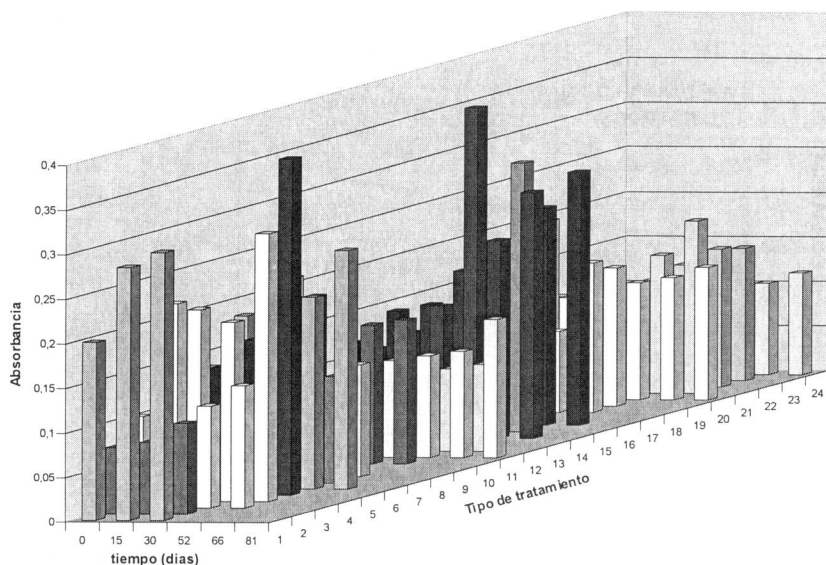


Figura 3. Análisis del nivel de oxidación de las muestras mediante la Absorbancia de los tratamientos en función del tiempo de almacenamiento a una $T \approx 25^{\circ}\text{C}$.

El análisis de regresión realizado a los 15 días de almacenaje muestra una diferencia significativa para el factor material de empaque (X_1) ($P = 0.0456$) y para la interacción gas-antioxidantes ($P = 0.0466$).

La regresión lineal (Figura 4) para los valores de la curva de almacenaje de aquellos tratamientos que presentaron la mayor estabilidad oxidativa (menores incrementos en los valores de absorbancia en la prueba del TBA) permitió determinar las ecuaciones de regresión que representan una aproximación al mecanismo de la reacción del deterioro oxidativo apreciándose coeficientes de regresión del orden del 90% para los tres tratamientos.

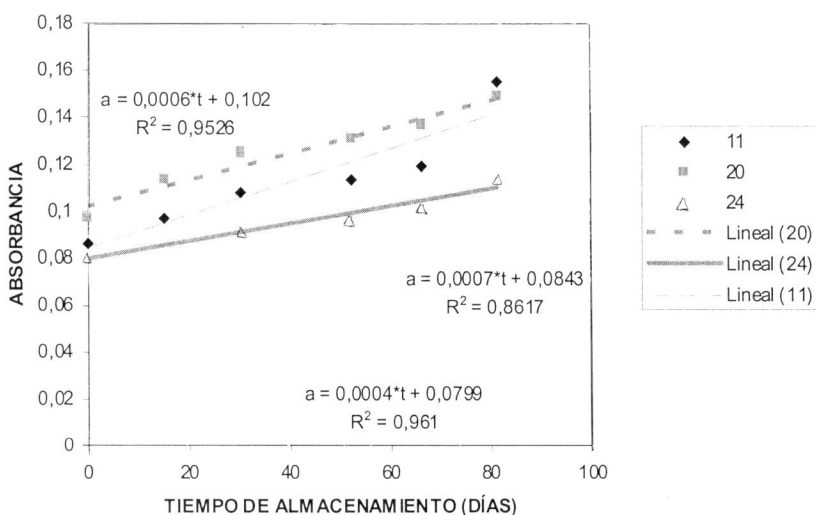


Figura 4. Regresiones lineales de la absorción de las formulaciones más aptas.

Evaluación Sensorial

De una prueba de ordenamiento aplicado únicamente a los tratamientos 11, 20 y 24 para evaluar el sabor y olor de las muestras (Y_3) (Tabla 2) se deduce que el tratamiento número 24 presentó la mayor preferencia entre un grupo de 8 panelistas con un puntaje total de 8 no entrenado siendo esta preferencia estadísticamente significativa al 99% de confianza. Estos resultados son consistentes con los valores de estabilidad oxidativa

Tabla 2. Evaluación sensorial tipo ranking de los tratamientos más aptos.

Jueces	Tratamientos		
	11	20	24
1	2	3	1
2	2	3	1
3	3	2	1
4	2	3	1
5	2	3	1
6	2	3	1
7	3	2	1
8	2	3	1
Totales	18	22	8
Media	2,25	2,75	1
Desv. Estándar	0,46	0,46	0

Conclusiones

El empaque de panqué (pound cake) en presencia de una atmósfera modificada basada en una combinación de N_2 y CO_2 en proporción de un 50% y una laminación compuesta de polipropileno biorientado (PPBO) recubierto por ambas caras con cloruro de polivinilideno (PVC) (para los fines de este estudio denominado RAYOPP RMC) hace posible alargar la vida útil del producto de 15-30 días hasta un máximo de 80 días, manteniéndose en este período una calidad microbiológica, oxidativa y sensorial aceptable.

La utilización de un antioxidante en la fórmula del panqué refuerza el efecto de conservación apreciándose incluso una sinergia entre este ingrediente y el gas N_2 en algunos de los tratamientos.

Esta investigación corrobora el efecto antioxidante del nitrógeno por inhibición de las reacciones de oxidación de las grasas en presencia del oxígeno. Así mismo se confirman los beneficios del CO_2 para la preservación microbiológica por su carácter inhibitorio de la respiración celular.

Referencias Bibliográficas

AOAC. Official Methods of Analysis. 14th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, (1995).

BOX, G., and J. Hunter, Statistics for Experiments and Introduction to Design Data Analysis Building, Editorial País, (1978).

BRODY, A.L., Controlled/ Modified Atmosphere/ Vacuum Packaging of Foods, Food & Nutrition Press, Inc, New York, (1989).

BRODY, A.L., Integrating Aseptic and Modified Atmosphere Packaging to Fulfill a Vision of Tomorrow, Food Technology, 5: 4, (1996), 60.

CAMPDEN, A., Guidelines for Good Manufacturing and Handling of Modified Atmosphere Packed Food Products, Food & Drink Research Association, Technical Manual, 34: 6, (1992), 51.

FRAZIER, W.C., Microbiología de los Alimentos, Editorial Acirbia, España, (1976).

Food Packaging Tester PAK 12P. Instruction Manual. ABISS. France.

MADRID, A. y Santiago J.F., Refrigeración Congelación y Envasado de Alimentos, AMV Ediciones, España, (1991).

MAPAX., The Optimal Solution of Modified Atmosphere, AGA Handbook, (1993) Montgomery, D.C., (1991). Diseño y Análisis de Experimentos. Grupo Editorial Iberoamérica. México. (1991).

SANGRONIS, E. y M.A. Cabedo., Evaluación Sensorial de Alimentos, Publicación Servicios para la Industria, Venezuela, (1991).