ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION
Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición

Vol. 46 N° 1, 1996

Evaluación de la perdida de color de una fórmula dietética en función de la temperatura, tiempo de almacenamiento y envase

Alexia Torres[1] *y Marisa Guerra* [2]

Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela

RESUMEN. Se evaluó la influencia del almacenamiento por seis meses a temperaturas de 25, 30, 35 y 40 °C, en envases de vidrio, sobres laminados y latas compuestas, sobre la pérdida de color de un producto elaborado a base de auyama (*Cucurbita maxima*), arroz, carne de gallina y aceites vegetales. Se hicieron pruebas aceleradas almacenando el producto a 40, 50 y 70 °C por un mes, y se halló la cinética de deterioro del color (indicador de calidad del producto) con un orden de reacción n=1 y una Ea= 11,5 Kcal/mol. Se midió el color por el método instrumental (colorímetro) y por evaluación sensorial (escala hedónica), para cada condición de temperatura, envase y tiempo. El análisis estadístico del efecto de la temperatura, tiempo de almacenamiento y envase sobre la pérdida de color (instrumental) se hizo siguiendo un diseño de bloques aleatorios a un nivel de significancia $p<0,05$. De los resultados de la medición de color instrumental y de la evaluación sensorial se determinó que, tanto la temperatura como el tiempo de almacenamiento ejercieron efecto significativo ($p<0,05$), mientras que el material de envase no tuvo efecto sobre el color del alimento. Se concluyó que el producto podía ser almacenado a temperaturas menores a 35 °C durante seis meses sin presentar cambios perceptibles de color.

SUMMARY. Color loss evaluation of a dietetic formulae as a function of temperature, storage time and packaging. Color loss of a dietetic formulae based on pumpkin (*Cucurbita maxima*), rice, hen and vegetable oils was evaluated. The product was under an accelerated test at temperatures of 40, 50 and 70 °C for a month. The kinetic reaction of color loss (quality loss indicator) was obtained with n=1 and Ea=11.5 Kcal/mol. The product was also stored for sixth months at temperatures of 25, 30, 35 and 40 °C using glass containers, laminated and composite cans (non metalic). The color was measured by a colorimetric method and by sensory evaluation under the defined conditions of time, temperature and package. The statistical analysis of the color loss measured by instrument was performed by a randomized block design with a significance level of $p<0.05$. The results obtained both by the instrument and by the sensory evaluation method, showed that the temperature and storage time has sinificant effect ($p<0.05$) on the other hand, the package does not have a significant effect. It was concluded from this study that the product could be stored for 6 months at temperatures below 35 °C without changes in color.

INTRODUCCION

Los alimentos deshidratados cobran cada día mayor auge por factores como: costo, largo tiempo de vida útil, fácil manejo, disponibilidad en cualquier época del año.

Dentro de los alimentos deshidratados, tienen particular interés aquellos formulados para regímenes especiales los cuales tienen una composición definida por los requerimientos de acuerdo al tipo de paciente, edad y estado nutricional, entre otros. Uno de los usos más importantes de estas formulaciones es para el tratamiento de enfermedades gastrointestinales, específicamente en niños, donde la diarrea es la causa principal de desnutrición y muerte en menores de 2 años en países como Venezuela (1).

En Venezuela el uso de este tipo de productos está limitado por el alto costo ya que son normalmente importados. Siguiendo recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2) se ha venido trabajando en el desarrollo de fórmulas de realimentación que además de presentar alto valor nutritivo, buena digestibilidad, tolerancia, osmolalidad y buenas propiedades funcionales, se elaboren con materia prima nacional para reducir los costos (3)(4)(5)(6). Hernández y Guerra (6) desarrollaron una formulación a base de auyama (*Cucurbita máxima*) (17,5 g/100 g), harina precocida de arroz (54,5 g/100 g y aceite de coco 7,9 g/100 g), la cual fue aprobada a nivel de hospitales y comunidades marginales, con niños que presentaban diarrea, pudiéndose comprobar que la misma era bien aceptada y que fue efectiva en la disminución del volumen y frecuencia de las evacuaciones, además de observarse un aumento de peso en los pacientes.

Para completar la evaluación de la fórmula y realizar pruebas preliminares de mercadeo, era necesario estudiar el efecto del tiempo, la temperatura de almacenamiento y el de material de envase que se utilizaría de tal manera de garantizar la mayor vida útil del producto. Debido a las características de composición del alimento, con un alto contenido de carbohidratos, proteínas y lípidos, se esperaba que uno de los factores limitantes de la vida útil del alimento fueran principalmente las reacciones de oscurecimiento no enzimático. En este proyecto se propusieron los siguientes objetivos:

a. Estimar la cinética de deterioro del producto en función del cambio de color mediante pruebas aceleradas a temperaturas de 40, 50 y 70 °C por un mes y predecir la vida útil a otras temperaturas;
b. Evaluar la vida útil del producto durante almacenamiento de seis meses, tomando como indicador de calidad el color del mismo, empleando envases de vidrio, sobre laminado (papel-polietileno de baja densidad-papel aluminio) y latas compuestas (cartón - polietileno de baja densidad - papel aluminio), a temperaturas de 25, 30, 35 y 40 °C, y,

1 Profesor Asistente. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar.
2. Profesor Titular. Departamento de Tecnología de Procesos Biológicos y Bioquímicos. Universidad Simón Bolívar.

c. Establecer correlación del color instrumental con color evaluado mediante una prueba sensorial de aceptabilidad (escala hedónica).

MATERIAL Y METODOS

a. **Materias primas. Mezclado:** Se empleó harina de auyama procesada por deshidratación en tambor (a partir de pulpa con 13% sólidos totales, adición de ácido ascórbico al 0,1%, secado a 60 lb/plg^2, velocidad de rotación 1/2 (rev/min) distancia entre rodillos de 0,07 mm, granulometría de la harina de 1 mm), según metodología establecida por Del Moral (4), harina de arroz precocida donada por Arrocera Las Mercedes (granulometría de 0,3 mm), carne de gallina deshidratada preparada por Industria Nestlé, sin sal, con hierbas aromáticas (romero, tomillo y salvia), ácido cítrico (100 ppm) y ácido ascórbico (200 ppm) (granulometría de 0,8 mm) según metodología de León (5), mezclas de aceites vegetales donados por Industrias Mavesa y aceite de coco, elaborado por Facegra con adición de ácido cítrico al 0,1%. Al producto ya mezclado se le hicieron análisis de humedad, proteínas, cenizas, sodio, potasio, fibra cruda, grasa e índice de peróxido, según metodología descrita en AOAC (8). El color fue medido utilizando colorímetro Gardner XL-23 (9) comparando contra una placa de referencia (valores de L=78,8; a=1,20 y b=22,7). Se calculó el porcentaje de color como% L= (^{L} muestra/^{L} placa) x 100, la actividad de agua (medida a temperatura de 24,7 °C) utilizando un equipo Decagon CX-1 (10) y el índice de absorción y solubilidad en agua según el método señalado por Kite y col (11).

b. **Envasado del producto:** Una vez mezclado el producto fue dispensado en envases de vidrio (200 ml capacidad, 60 g/envase, espacio de tope de 5 cm), sobre laminados (90 g capacidad, 60 g/envase, espacio de tope de 4 cm) y en latas compuestas (150 g capacidad, 100 g/envase, espacio de tope de 4 cm). Estos últimos envases fueron donados por las industrias Sonoco y Montana Gráfica. Los envases de vidrio se sellaron manualmente, los sobres se cerraron usando una selladora manual (marca Komet) y las latas se llenaron y sellaron con una tapa de papel alumino en la Industria Sonoco con una selladora especial (marca Dixie Canner).

c. **Pruebas aceleradas de vida útil. Cálculo de la cinética de deterioro.**
Se almacenó el producto (aw del producto =0,4) en envases de vidrio a temperaturas de 40, 50 y 70 °C. La humedad relativa del ambiente no fue considerada por emplearse un envase impermeable al vapor de agua. Cada siete días, por un mes, se midieron parámetros como el color instrumental e índice de peróxidos del producto, tomando tres réplicas. Se aplicó un modelo cinético matemático para determinar la cinética de deterioro del color y posterior predicción de la vida útil del alimento. Se empleó la ecuación que describe la pérdida de calidad de un indicador dado: $dC/dt = -KC^n$ (I); donde dC/dt= variación de C (indicador escogido) con respecto al tiempo; k= velocidad de reacción de la pérdida de color (min-1); C=indicador de calidad (% color) y n= orden de la reacción. El efecto de la temperatura se evaluó mediante la ecuación de Arrhenius (10): k=ko exp (-Ea/RT) (II), donde: ko= factor de frecuencia (min-1); Ea= energía de activación (cal/mol); R=(1,987 cal/mol °K); T= temperatura absoluta (°K). Una vez conocido el orden de la reacción (n=1) se representó gráficamente In C vs tiempo, se halló el valor k a cada temperatura estudiada y de la gráfica de In k vs 1/T se obtuvo Ea/R.

d. **Evaluación de la vida útil:** El producto envasado se almacenó en estufas de estabilidad (marca Lab-Line) con temperaturas controladas de 25, 30, 35 y 40 °C por un período de seis meses. La humedad relativa de las estufas no se consideró porque los envases a evaluar estaban herméticamente cerrados. Para evaluar el efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento y el envase sobre el cambio de color del producto, se siguió un diseño experimental de bloques aleatorios (tratamientos corresponden a las temperaturas y los bloques a los tipos de envase) y posterior aplicación de análisis de varianza. Los envases se almacenaron en estufas con control de temperatura (sin luz). La medición del color se hizo una vez al mes, utilizando un colorímetro (Gardner XL-23)(9). Los resultados para cada condición de temperatura-envase en el tiempo se reportan como promedio de tres réplicas. En los casos en que se encontró efecto significativo entre las medias de los tratamientos, se explicó la prueba de comparación de Duncan (12).

e. **Evaluación sensorial.:** La evaluación sensorial del color se hizo con un panel semientrenado de 12 jueces, usando una prueba de aceptabilidad, según Wittig (13). Al panelista se le presentaban las muestras en polvo, se le pedía que evaluara el color de cada muestra en una escala entre 1 (me disguta mucho), 2(me disgustaba moderadamente), 3 (me disgusta ligeramente), 4 (indiferente), 5 (me gusta ligeramente), 6 (me gusta moderadamente) y 7 (me gusta mucho). Con los datos obtenidos de esta prueba y los medidos por el colorímetro se estableció una correlación.

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se presentan los ingredientes del producto. El criterio de formulación se basó en los requerimientos de fórmulas infantiles para niños con síndrome diarreico, previamente calculados y evaluados por Hernández y Guerra (6). En la Tabla 2 se puede apreciar que la fórmula tienen un alto contenido de carbohidratos (56 %), lípidos (17,5 %) y proteínas (17,3 %) que le dan al niño enfermo un buen aporte calórico protéico y de minerales como el sodio y el potasio, necesarios en su recuperación. En la Tabla 2 también se reportan otros parámetros medidos al inicio de la investigación, tales como color del alimento, actividad de agua (a 24,7 °C), índice de solubilidad y peróxidos, como parámetros de caracterización del producto.

TABLA 1
Ingredientes empleados en la fórmula dietética

Ingredientes	Composición (g/100g)
Harina de auyama	17,5
Harina precocida arroz	54,5
Gallina deshidratada	16,0
Mezcla aceite vegetal	5,0
Aceite de coco	7,0

TABLA 2
Análisis fisicoquímico de la fórmula dietética

Componente	Contenido
Humedad	4,49 g/100 g
Proteína	17,29 g/100 g
Grasa	17,48 g/100 g
Fibra cruda	1,25 g/100 g
Cenizas	3,49 g/100 g
Carbohidratos (1)	56,0 g/100 g
Sodio	80 mg/100 g
Potasio	751 mg/100 g
Porcentaje color	71,66 %
Actividad agua (aw)	0,458 (24,7 C)
Indice peróxido	14,07 meqO_2/kg grasa
Indice solubilidad	15,9 %

(1) Por diferencia

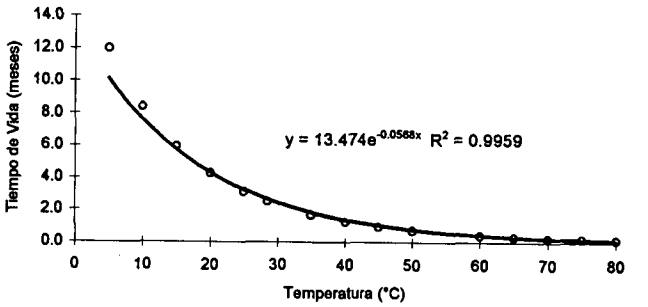
Prueba acelerada de vida útil: Tal como se expuso previamente el producto fue sometido a temperaturas de 40, 50 y 70 °C por un mes en envase de vidrio, para evaluar el efecto acelerado de las altas temperaturas sobre parámetros como el color e índice de peróxidos del alimento. Se pudo observar que al mes de almacenamiento a la temperatura de 40 °C el producto presentaba un color oscuro. A 50 y 70 °C el color era mucho más oscuro que a 40 °C y la apariencia del alimento era desagradable. El color del alimento es un atributo sensorial muy importante ya que es determinante a la hora de escoger un producto en el mercado, especialmente si el envase es transparente, además un cambio en el color puede ser indicativo de reacciones químicas de deterioro que impliquen pérdidas de nutrientes. Los valores medidos de peróxidos dieron resultados menos significativos del deterioro, razón por la cual se decidió evaluar sólo la pérdida de color como indicador de deterioro del producto, tomándose como límite crítico en la vida útil el color evaluado a 40 °C a un mes de almacenamiento (60 %). Con los datos obtenidos de color, se procedió a calcular la cinética de deterioro del mismo en el alimento, para lo cual se aplicó la ecuación que predice la pérdida de calidad de un indicador dado: $dC/dt = -kC^n$ (I). Se determinó el orden de la reacción como n=1. Se evaluó el efecto de la temperatura sobre la pérdida de color y para ello se empleó la ecuación de Arrhenius: k=ko exp (-Ea/RT)(II). El valor obtenido de Ea fue de 11,5 Kcal/mol con un factor de frecuencia de 5,29 min-1, lo cual concuerda con lo que reportan Saguy y Karel (14) que para un tipo de reacción que implique cambio de color, textura y sabor se obtiene una energía de activación de 10-30 Kcal/mol. Sustituyendo el valor k de (II) en (I) y luego de integración entre Co-C y to- tf se obtiene para n=1 y temperatura constante:

In (C/Co)= -ko exp (Ea/RT)(t-to) (III); de donde se puede despejar el tiempo como:

t= (InCo-InC)/k (IV)

Suponiendo cualquier temperatura (°K) se halla el valor de k, y luego fijando un valor de C (indicador de calidad) crítico (en este caso 60 %, el cual es el porcentaje de color de la muestra a 40 °C al mes de almacenamiento), y un valor de C inicial (al inicio del almacenamiento, 71,66 %) se puede predecir el tiempo de vida útil en función del indicador de calidad escogido, tal como se aprecia en la Figura 1. En la misma Figura 1 se puede apreciar que el producto podría durar hasta 3-4 meses a temperatura de 25 y 30 °C sin alcanzar un color oscuro (60 %) de aspecto desagradable.

FIGURA 1
Predicción de la vida útil del producto

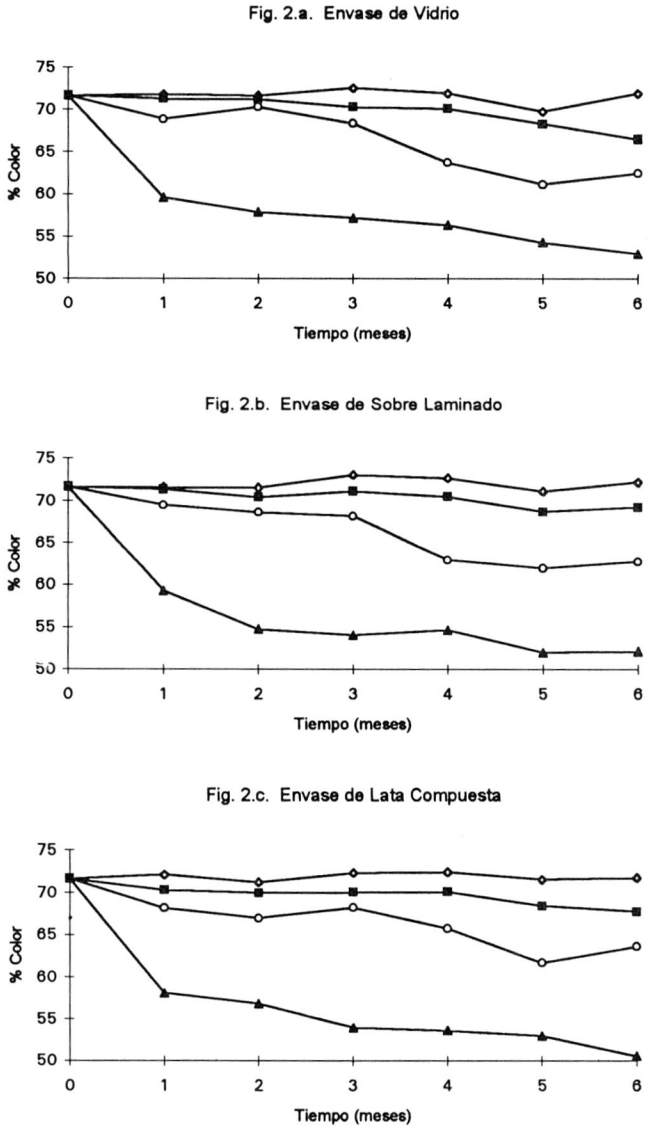


Evaluación de la vida útil. Prueba de aceptabilidad: Una vez realizado el estudio acelerado, se escogieron cuatro temperaturas de trabajo (25, 30, 35 y 40 °C) por debajo de las empleadas inicialmente, y se consideraron tres envases, con el fin de determinar el tiempo real de vida útil en función del oscurecimiento del producto y comparar con los resultados de la prueba anterior.

El seguimiento del cambio de color del producto se hizo mediante una evaluación contínua de los efectos de las temperaturas escogidas, materiales de envases y el tiempo de almacenamiento. Una vez obtenidos los resultados se aplicó análisis estadístico y se halló que la temperatura y el tiempo de almacenamiento ejercieron un efecto estadísticamente significativo (a un nivel de $p<0.05$) sobre el color del producto tal como se aprecia en la Figura 2 (2a, 2b y 2c), para cada tipo de envase. En la Figura 3 (3a, 3b y 3c) se presenta la relación entre el porcentaje de color y las cuatro temperaturas estudiadas considerando los tres tipos de materiales de envases evaluados al mes, a los tres y seis meses de almacenamiento. Como puede apreciarse en la Figura 3 no hay un efecto estadísticamente significativo del envase, observándose, en cambio, una fuerte influencia de la temperatura particularmente la de 40 °C.

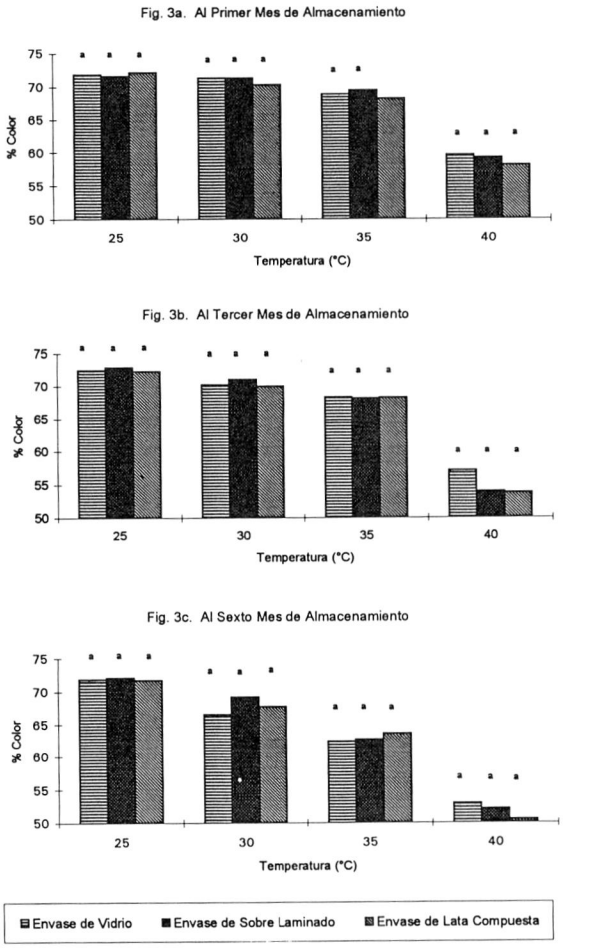
Cada muestra analizada para color instrumental fue evaluada sensorialmente mediante una prueba de aceptabilidad (escala hedónica) y se pudo establecer una correlación entre los datos de porcentaje de color y respuesta sensorial tal como se presenta en la Figura 4. Esta correlación permite interpretar la respuesta sensorial en términos instrumentales de tal manera que se podía fijar un valor de color como crítico (60 %) a 40 °C, porque el panel ya lo detectaba como inaceptable (3= me disgusta ligeramente). Se determinó que las muestras del producto, almacenadas a 25 y 30 °C (Figura 2) no evidenciaban cambios importantes de color durante los seis meses de almacenamiento. La variación de color a estas temperaturas durante este período fue aproximadamente entre 72 a 68 % lo que llevado a la escala hedónica (Figura 4) correspondía a respuestas aceptables como «me gusta ligeramente» a «me gusta moderadamente», mientras que las muestras almacenadas a 35 °C a partir de los tres meses comenzaban a presentar un color más oscuro (valores entre 67 a 61 %) lo que equivale en la escala hedónica a «me disgusta ligeramente» e «indiferente», y por ende el panel comenzaba a rechazar el color del producto.

FIGURA 2
Efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento sobre el color del producto en diferentes envases



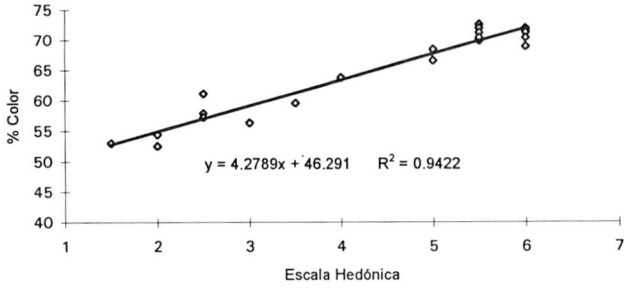
% Color = (Lmuestra / Lplaca) * 100

FIGURA 3
Porcentaje de color en función de la temperatura en los diferentes envases



Letras iguales a una misma temperatura indican que no hay diferencia significativa (P < 5 %)
% Color = (Lmuestra / Lplaca) * 100

FIGURA 4
Correlación entre % color y aceptabilidad del producto (escala hedonica)



ESCALA = 1: Me disgusta mucho
7: Me gusta mucho
% Color= (Lmuestra/Lplaca)* 100

De los resultados anteriores se puede concluir que este producto presentaba un color aceptable (similar al color del producto original) hasta 6 meses de almacenamiento a temperaturas menores a los 35 °C. Se comprobó que los resultados de este ensayo y los de predicción de la vida útil hallados a partir de la prueba acelerada son bastante aproximados. Sin embargo es importante considerar que la prueba acelerada somete el producto a condiciones de ensayo extremas (temperaturas muy altas) que podrían provocar un deterioro no usual en el alimento, por lo cual aplicar estas pruebas hay que tener presente las limitaciones de la misma.

El valor de a_w del alimento (0,4 medido a 27,4 °C) favorece reacciones de deterioro como la oxidación de lípidos, oscurecimiento no enzimático, entre otras (7). La fórmula evaluada presentaba un alto contenido de carbohidratos, proteínas y lípidos y se esperaba que debido al valor de a_w del producto y uso de temperaturas altas, las reacciones de deterioro predominantes fueran las reacciones de oscurecimiento no enzimático tal como las de Maillard, las cuales están presentes durante el almacenamiento de productos secos y concentrados, e implica la reacción de un aldehido (usualmente un azúcar reductor) y un grupo amino (un aminoácido o una proteína). Como producto de tales reacciones se generan compuestos altamente coloreados, sabores y aromas volátiles en el alimento, hay pérdida de aminoácidos limitantes como la lisina, y azúcares reductores lo cual disminuiría por una parte la calidad biológica de las proteínas y por otra la disponibilidad de azúcares reductores para procesos metabólicos. En trabajos posteriores se tiene planteado evaluar la pérdida de la lisina disponible como una medida de la disminución del valor nutricional del producto.

Los envases utilizados normalmente para productos deshidratados son de baja permeabilidad al oxígeno y al vapor de agua, de tal manera de prevenir los daños por microorganismos, pero las reacciones de tipo químico entre los componentes del propio alimento o entre estos y el oxígeno pueden provocar la alteración rápida de alimento. Para los efectos de este estudio los envases escogidos (vidrio, sobre laminado y latas compuestas, los dos últimos materiales multicapa) resultaron no tener un efecto significativo en el color del alimento debido a sus propiedades de alta barrera al vapor de agua y a gases. Esto permite concluir que las reacciones que originaron el cambio de color no fueron promovidas por efecto de la luz, el vapor de agua y la entrada de gases a través de las paredes del envase, sino por factores como la temperatura, el oxígeno del espacio de tope en los envases, y el tiempo de almacenamiento, entre otros.

CONCLUSIONES

Como conclusión general de esta investigación se tiene que el producto evaluado se puede almacenar hasta seis meses a 25 y 30 °C sin alteraciones evidentes del color, empleando cualquiera de los materiales de envases propuestos, dependiendo su elección del costo del mismo en el mercado. Se recomienda hacer el estudio sobre la pérdida de nutrientes importantes como la lisina.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado en parte con el apoyo del Proyecto CONICIT SI-1775. Se agradece el aporte de materiales suministrados por las Empresas: Arrocera Las Mercedes, Mavesa, Facegra, Nestlé, Sonoco-Menfica y Montana Gráfica.

REFERENCIAS

1. Martínez M.,Dahdad J., Méndez T., González B., Abraham A., Medina M., Daoud N. y Daoud G. Terapia nutricional en la diarrea aguda. Arch. Ven Puer. Ped. 54(4) Sup:12. 1991.
2. Organización Mundial de la Salud (OMS). Noticias del programa OMS de la lucha contras las enfermedades diarréicas. Boletín OMS, 38(6):218. 1984.
3. Guerra M. Fórmulas dietéticas para la alimentación en la gastroenteritis infantil. Anal. Ven Nutr Vol 1:138-145. 1988.
4. Del Moral D. Posibilidad de utilización de la auyama en fórmulas semielementales. Tesis de Maestría en Ciencia de los Alimentos. Universidad Simón Bolívar. Sartenejas, Venezuela. 1987.
5. León A.M. Desarrollo de fórmulas modulares y semielementales a base de plátano y pollo para niños con diarrea. Tesis de Maestría en Ciencias de los Alimentos. Universidad Simón Bolívar. Satenejas, Venezuela. 1988.
6. Hernández B. y Guerra M. Evaluación de la aceptabilidad de una fórmula para niños con diarrea en una comunidad marginal. GEN Revista de la Soc. Vzlana de Gastroenterología. Vol 49(2):122-127. 1995.
7. Gray J.I., Harte B.R. y Miltz J. Food Product-Package Compatibility. Technomic Publ Co. Inc Penn. USA. 1987.
8. AOAC. Offical Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15 ava. edición. Washington DC. USA. 1990.
9. Anónimo. Manual de Instrucciones Colorímetro Gardner (XL-23). Gardner Laboratories Maryland. USA.
10. Anónimo. Manual de Instrucciones Detector Actividad Agua. DECAGON.
11. Kite F.E, Schock T.J y Leach H.W. Granule swelling and paste viscosity of thick-boiling starches. Baker's Dig. 31(4):42. 1957.
12. Montgomeri D.C. Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons. New York, USA. 1976.
13. Wittig E. Evaluación Sensorial. Una Metodología Actual para Tecnología de Alimentos. Talleres Gráficos USACH. Chile, 1986.
14. Saguy I, Karel M. Modeling of quality deterioration during food processing and storage. J. Food Technol. 34(2):78-85. 1980.

Recibido: 07-12-1994
Aceptado: 09-11-1995