

# REVITECA

Revista en  
Tecnología  
y Ciencia  
Alimentaria

Publicación Semestral del Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos \* Vol. 2 Ns 1-2 \* 1993

---

ISSN 1022-0321

## EFECTO DE LA ESTIMULACION ELECTRICA EN LA SUAVIDAD DE LA CARNE BOVINA



Micrografía electrónica de transmisión de célula muscular  
del *Longissimus dorsi* (12.000X)

### Determinación de la vida útil de un extensor de leche método acelerado

La determinación de la vida útil de un extensor de leche y la de la leche íntegra en polvo, se realizaron mediante la técnica de "almacenamiento acelerado"... (ver pág. 31)

### Alternativas de aprovechamiento de los almidones residuales de la deshidratación osmótica de frutas. Elaboración de mermelada

Se realizó un estudio del empleo de los almibares residuales de la deshidratación... (ver pág. 23)

### Determinación de una fórmula de ceviche de pescado

Con el fin de estandarizar una formulación de ceviche que permite posteriormente estudiar el crecimiento y la supervivencia de bacterias patógenas ... (ver pág. 18)

### Método modificado para la determinación de ácido ascórbico en frutas por medio de cromatografía líquida

Se incluyó, como modificación de un método de análisis para la determinación rápida de ácido ... (ver pág. 48)

Revista Semestral publicada por el Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos

Director del CITA  
Ing. Luis Fernando Arias M.

Editor  
Ricardo Quirós Castro.

Consejo Editorial  
Ing. Luis Fernando Arias Molina.  
Ing. Fernando Aguilar Villarreal.  
Ana Ruth Bonilla Leiva, Ph. D.  
Víctor Lobo Di Palma, M. Sc.  
Juan Manuel Esquivel Kruse, M. Sc.  
Lic. Vera García Cortés.

Diseño de Portada  
Ricardo Quirós Castro.

Diagramación  
Jeanina García Ureña.

La responsabilidad de los trabajos firmados es de sus autores y no del CITA, excepto cuando se indique expresamente lo contrario.

La mención de cualquier empresa o procedimiento patentado no supone su aprobación por parte del CITA.

Los artículos incluidos en REVITECA pueden reproducirse libremente siempre y cuando se haga mención expresa de su procedencia y se envíe copia al Consejo Editorial.

Correspondencia para canje y suscripciones  
Universidad de Costa Rica - Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos  
REVITECA  
San José - Costa Rica  
Telex UNICORI 2544  
Tels. 225-9885, 224-8027  
253-53-23 ext. 4212-4701  
Fax (506) 253-3762

La presente edición de REVITECA es patrocinada por la Fundación para la Investigación Agroindustrial Alimentaria (FIAA).

Consumo de algunos alimentos y preparaciones en niños preescolares y adultos de un área rural y una comunidad urbana del Valle Central de Costa Rica  
Anne Chinnock 1

Determinación del mejor estado fisiológico para cosechar papaya (*Carica papaya* L.) y madurarla con etefón (ácido 2-cloro-etilfosfónico)  
Miguel Monterrey-López  
Marcia Baraona-Cockrell  
Diego Aguirre-Rosales  
Wilfredo Flores del-Valle  
Herbert Madrigal-Villa 7

Efecto de la estimulación eléctrica en la suavidad de la carne bovina  
Teresita Rodríguez-Salas  
José Antonio Zaglul-Slon  
Francisco Hernández 12

Determinación de una fórmula de ceviche de pescado  
Virginia Jiménez-Sibaja  
Vera García-Cortés 18

Alternativas de aprovechamiento de los almíbares residuales de la deshidratación osmótica de frutas. Elaboración de mermeladas  
Ana María Rodríguez-Sibaja  
Ana Cecilia Segreda-Rodríguez 23

Determinación de la vida útil de un extensor de leche; método acelerado  
Víctor Lobo-Di Palma 31

Rendimientos y coeficientes técnicos en las etapas de cosecha, postcosecha y procesamiento del palmito de pejibaye (*Bactris gasipaes*)  
Ruth Calderón-Castro  
María Alexandra Sancho-Hernández 42

Método modificado para la determinación de ácido ascórbico en frutas por medio de cromatografía líquida de alta presión  
Jorge Ulate-Rodríguez  
Ana Ruth Bonilla-Leiva 48

# Determinación de la vida útil de un extensor de leche, método acelerado

Víctor LOBO-DI PALMA, M. Sc.\*

## ABSTRACT

### Shelf life determination on a milk extender; accelerated method.

Shelf life was determined on milk extender and milk powder, by using "accelerated storage technique". Colored compounds extracted enzymatically, were used as deteriorative index.

From the "pseudo-Arrhenius plot, the shelf life for the milk extender and the milk powder were 530-660 days and 670 days, under normal storage conditions (25 °C,  $A_w = 0.3$ ). Other values at other storage conditions may be determined from the plot.

The  $q_{10}$  values for the non-enzymatic reaction on the milk extender and the milk powder were 2.9 and 3.8. The change of color during the time followed a "zero order reaction".

## RESUMEN

La determinación de la vida útil de un extensor de leche y la de la leche íntegra en polvo, se realizaron mediante la técnica de "almacenamiento acelerado".

La extracción enzimática de los compuestos coloreados correlacionada con la observación visual se utilizó como índice de deterioro. Los datos obtenidos se graficaron siguiendo el "pseudoplot de Arrhenius".

Los gráficos permitieron conocer la vida útil del extensor y de la leche en polvo en las condiciones normales de almacenamiento (25 °C,  $A_w=0.3$ ), siendo de 530-660 y 670 días, respectivamente. Además, esos gráficos permitieron hacer predicciones para otras temperaturas y otros valores de  $A_w$ .

Los valores de  $q_{10}$  para la reacción de empardeamiento no enzimático en el extensor de leche y la leche fueron de 2.9 y 3.8. La variación del color respecto al tiempo obedece a una reacción de orden cero.

## INTRODUCCION

El concepto de vida útil se define como el tiempo transcurrido entre la producción y el consumo de un producto, y dentro del cual, las características de ese producto son aceptables (4). Dicha información se presenta en los empaques de los productos como "fechas expuestas". La determinación de tales fechas es de vital importancia para consumidores, vendedores y productores.

Los "métodos acelerados" para la determinación de la vida útil son preferidos no sólo porque brindan pronto resultados, sino también porque la adecuada metodología y la aplicación de sus principios permiten hacer predicciones sobre un amplio rango de condiciones de almacenamiento. Esta metodología se fundamenta en los principios básicos de la cinética de las reacciones; esto es la dependencia de la velocidad de reacción a la temperatura y al  $A_w$  (1, 6).

La determinación de la vida útil de un alimento debe considerar en su diseño experimental los siguientes puntos:

\* Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos

1. Conocimiento de las principales formas de deterioro de un alimento.
2. Método(s) de evaluación de tal(es) forma(s) de deterioro.
3. Conocimiento de  $q_{10}$  (medida de la sensibilidad de las reacciones a un cambio de  $10^{\circ}\text{C}$  de temperatura); inicialmente puede ser presumido.
4. Isoterma de absorción.
5. Graficación de resultados, de manera que pueda obtenerse el orden de reacción (n) y el gráfico de vida útil.

El objetivo del presente artículo es mostrar aspectos prácticos que soportan esta técnica.

## MATERIALES Y METODOS

Los procedimientos y materiales utilizados para este estudio son los siguientes:

### 1. Productos

1.1. Extensor de leche: bebida a base de arroz hidrolizado enzimáticamente, leche descremada, grasa vegetal y grasa láctea. El producto fue preparado y secado por aspersión en el Centro Tecnológico de la Leche Chile. Proceso y la composición se muestran en la guía técnica correspondiente (9).

### 1.2. Leche íntegra en polvo.

### 2. Formas de deterioro y evaluación.

2.1. Determinación color (empardeamiento no enzimático): se usó una modificación del método de extracción de compuestos coloreados. La modificación consistió en utilizar papaína en vez de tripsina (8). Las lecturas de absorbancia a 350 nm se reportaron como absorbancia  $\times 100$ .

2.2. Evaluación sensorial: tres panelistas evaluaron regularmente los cambios de color ocurridos en los productos. Cuando el valor del empardeamiento no enzimático fue igual o mayor a 30 (absorbancia  $\times 100 = 30$ ), las coloraciones anormales fueron perceptibles.

3. Valor  $q_{10}$ : la literatura informa de valores en productos lácteos que varían entre 1.2 y 7.1 (3). Para efectos prácticos de muestreo y análisis se obtuvo un  $q_{10} = 2$ .

4. Isotermas de absorción: muestras de 2.5000- 3.0000 gramos fueron deshidratadas a  $65^{\circ}\text{C}$ , bajo 25 pulgadas de Mercurio de vacío en presencia de  $\text{P}_2\text{O}_5$  por 12 horas. Las muestras así deshidratadas se colocaron en desecadores con diferentes soluciones de sales que proveen diferentes humedades relativas a temperatura constante (10). Las muestras fueron pesadas periódicamente hasta alcanzar una "humedad de equilibrio".

5. Condiciones de almacenamiento; debido a que el presente estudio pretende mostrar la metodología para la determinación de vida útil mediante la técnica de almacenamiento acelerado, tanto las temperaturas como los valores de Aw utilizados fueron extremos.

Se procedió a almacenar los productos deshidratados a humedades relativas de equilibrio (HRE/100) de 0.41 y 0.68. Esto se logró, almacenando producto en cápsulas de preti, dentro de desecadores conteniendo soluciones saturadas de carbonato de potasio y de cloruro de estroncio respectivamente. A su vez, estos desecadores fueron colocados en incubadoras a las temperaturas de  $37^{\circ}\text{C}$ ,  $45^{\circ}\text{C}$  y  $55^{\circ}\text{C}$ .

Muestras control con un  $A_w = 0.23$ , almacenados en bolsas aluminadas, selladas al vacío mantenidas a las temperaturas de estudio y en congelación, fueron muestreadas y evaluadas con la misma frecuencia.

6. La frecuencia de muestreo a asumir un  $q_{10} = 2$ , se presenta en el Cuadro 1.

Todos los análisis se hicieron por triplicado.

**Cuadro 1. Frecuencia de muestreo propuesta para producto almacenados un  $A_w = 0.41$**

	Temperatura en $^{\circ}\text{C}$			
	25	35	45	55
Frecuencia de muestreo (Días)	0	0	0	0
	20	10	5	2
	50	25	12.5	6
	100	50	25	12.5

Para las temperaturas mayores a  $25^{\circ}\text{C}$ , se muestreó a los 0, 5, 10 y 15 días.

## RESULTADOS Y DISCUSION

El Cuadro 2 contiene la composición química del extensor de leche y la de leche en polvo. Puede observarse que el contenido de carbohidratos por diferencia, el contenido de azúcares reductores y proteínas es alto, lo cual promueve las reacciones de empardeamiento no enzimático. Otro posible mecanismo del deterioro de ambos productos es el que puede causar la oxidación de lípidos.

Cuadro 2. Composición química. Porcentaje (%)

Análisis	Extensor de Leche	Leche íntegra
Humedad	3.4	3.0
Proteína (N*6.25)	16.7	26.8
Grasa	18.2	28.8
Ceniza	3.4	5.7
Fibra	0.2	N. D
Carbohidratos por diferencia	58.2	35.7
Azúcares reductores	24.4	26.2

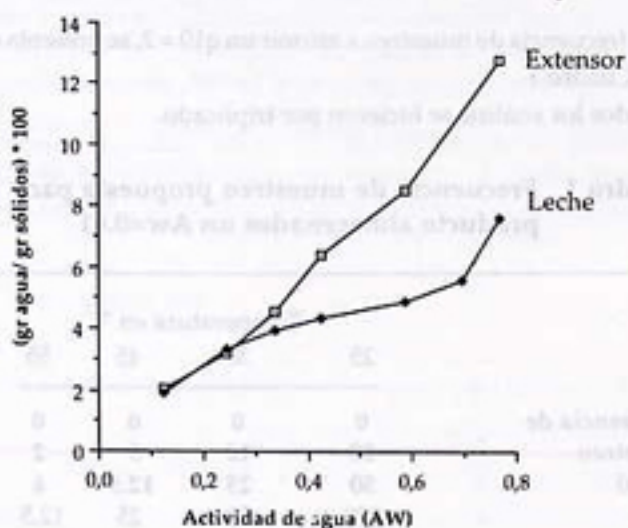


Figura 1: Isotermas de absorción para extensor y leche en polvo, a 37 °C.

La Figura 1 muestra las isotermas de absorción de los productos en estudio. El extensor de leche presenta una pendiente mucho más pronunciada que el de la leche, debido a su alto contenido de carbohidratos, lo cual también favorece su alto grado de higroscopicidad. Productos con alto contenido protéico como la leche, presentan curvas en forma de "S" (4).

Para el cálculo del valor de la "capa monomolecular" (contenido de agua teórico donde las reacciones detereorativas son mínimas) se empleó la ecuación de Brunaver Emmet Teller (6). Este valor teórico es importante para definir las mejores condiciones de almacenamiento.

Para el extensor y la leche en polvo, los valores fueron de 3.72 y de 3.57 (gr agua/gr sólido seco). La literatura reporta valores para la leche entre 2.25 a 3.20 en las mismas unidades (2). Para ambos productos el valor de Aw correspondiente es de 0.28 a 0.29. Estos serían los valores de Aw óptimos para almacenar los productos, en los cuales las reacciones detereorativas serían mínimas.

Al ser Aw=0.3 el óptimo, se decidió almacenar los productos a condiciones extremas (Aw de 0.41 y Aw de 0.68), para acelerar más las reacciones de empardeamiento no enzimático.

Las Figuras 2, 3 y 4 muestran las variaciones del empardeamiento no enzimático respecto al tiempo, de las muestras expuestas a las temperaturas de almacenamiento de 37°C, 45°C Y 55°C. El valor inicial del empardeamiento no enzimático (Tiempo = 0 días) fue promediado y alcanzado como 4.0 (absorvancia \* 100 = 4.0) tanto para la leche, como para el extensor.

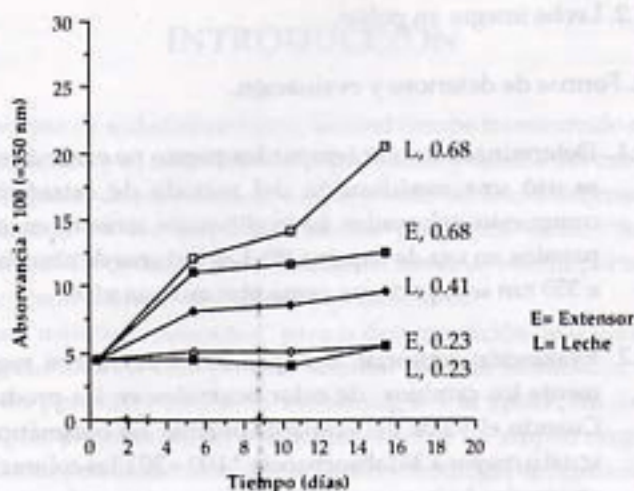
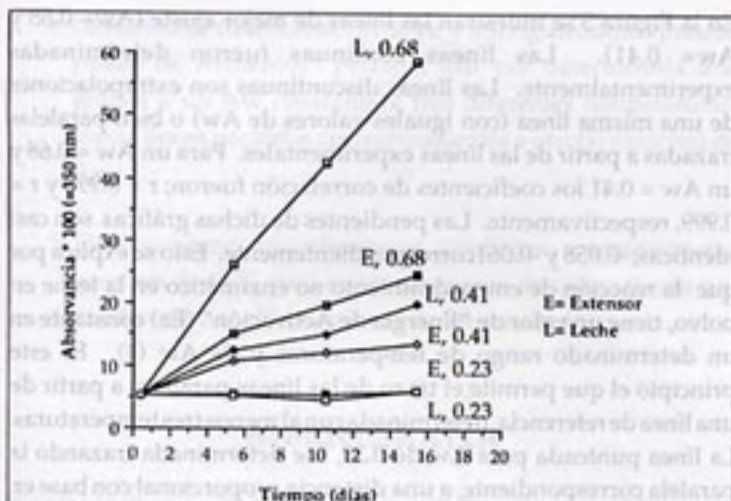
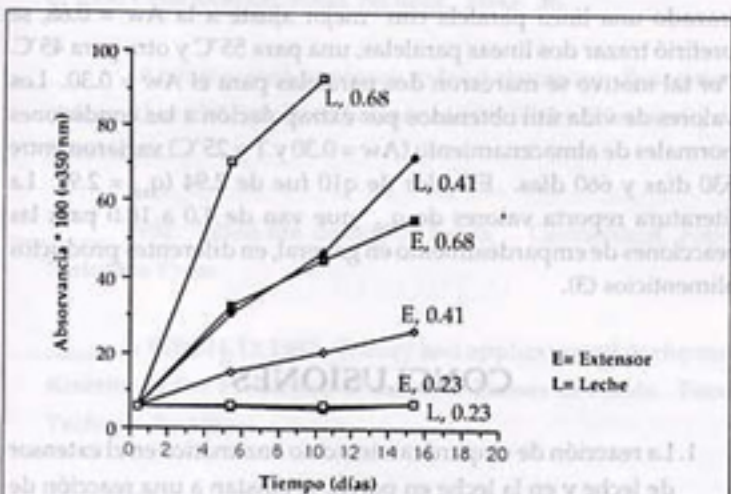


Figura 2: Variación del empardeamiento no enzimático respecto al tiempo. Temperatura de almacenamiento 37°C, Aw de 0.41, 0.68 y control de Aw=0.23.



**Figura 3:** Variación del empardeamiento no enzimático respecto al tiempo. Temperatura de almacenamiento 45 °C, Aw de 0.41, 0.68 y control de Aw=0.23.



**Figura 4:** Variación del empardeamiento no enzimático respecto al tiempo. Temperatura de almacenamiento 55 °C, Aw de 0.41, 0.68 y control de Aw=0.23.

Según las figuras anteriores y utilizando regresión lineal, se pudo calcular la ecuación lineal que describe cada curva (excepto los controles a Aw = 0.23 y para el extensor a 37 °C y Aw=0.41). Tal modelo deteriorado, se ajusta a una ecuación de orden = 0 (4).

El Cuadro 3 resume las ecuaciones lineales, los coeficientes de correlación de valores y los valores de vida útil ( $t_s$ ), determinados a partir de las ecuaciones correspondientes. Cuando el valor de empardeamiento no enzimático fue igual o mayor a 30 (Abs \* 100=30), los panelistas coincidieron en que las coloraciones anormales eran perceptibles. Con este valor de 30 en el eje de "y", se determinó su correspondiente valor en el eje de "x"; el cual corresponde al valor de vida útil  $t_s$ .

**Cuadro 3.** Ecuaciones de mejor ajuste, coeficientes de correlación y vida útil (tiempo necesario para alcanzar un valor de 30; absorvancia \* 100=30)

Identificación (Producto -Aw/Temp. °C)	Ecuación	Coefficiente Correlación (r)	Vida útil (días) $t_s$ (*)
E-0.41/45	$Y=0.54^*+5.20$	0.94	45.9
E-0.41/55	$Y=1.34^*+4.95$	0.99	18.7
E-0.68/37	$Y=0.52^*+5.60$	0.89	46.9
E-0.68/45	$Y=1.26^*+5.55$	0.98	19.4
E-0.68/55	$Y=3.21^*+8.55$	0.97	6.7
L-0.41/37	$Y=0.34^*+4.70$	0.94	74.4
L-0.41/45	$Y=0.95^*+5.00$	0.98	26.3
L-0.41/55	$Y=4.28^*+4.65$	1.00	5.9
L-0.68/37	$Y=1.00^*+4.75$	0.98	25.2
L-0.68/45	$Y=3.54^*+5.45$	1.00	6.9
L-0.68/55	$Y=8.65^*+11.08$	0.96	2.2

(\*) Calculado a partir de la ecuación correspondiente

E=Extensor  
L=Leche

Determinando este valor de vida útil, se procede a realizar el "pseudoplot de Arrhenius", el cual relaciona el logaritmo de la vida útil ( $\log t_s$ ) contra la temperatura (°C). Este tipo de gráfico, llamado también "gráfico de vida útil", es fácil de manejar y provee

información valiosa. La relación de los valores de vida útil ( $\theta_s$ ) a relativas es posible. La desviación y las limitaciones de dicha gráfica son similares a las de las gráficas de Arrhenius (5). Las Figuras 5 y 6 muestran los gráficos de vida útil para la leche y el extensor de leche y leche en polvo a diferentes valores de  $A_w$ .

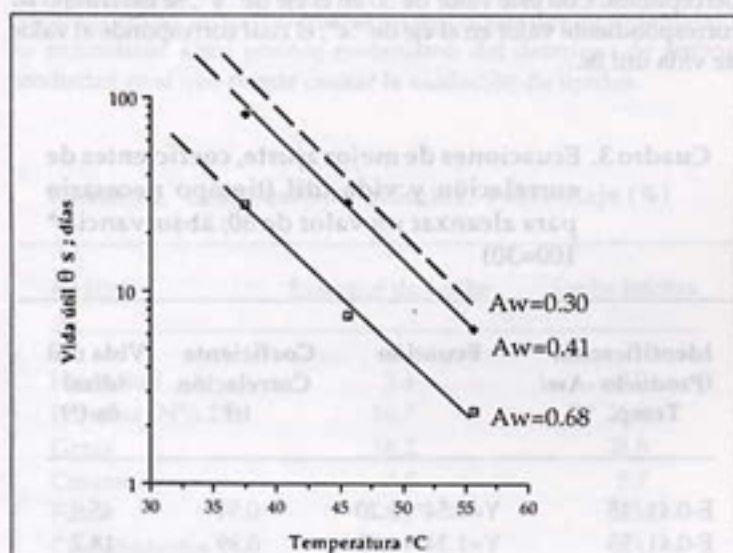


Figura 5: Gráfico de vida útil para la leche en polvo a diferentes valores de  $A_w$ .

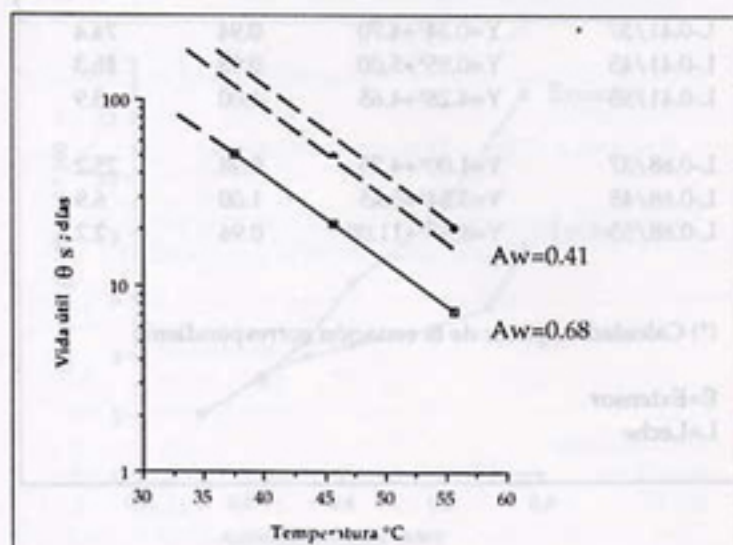


Figura 6: Gráfico de vida útil para un extensor de leche en polvo a diferentes valores de  $A_w$ .

En la Figura 5 se muestran las líneas de mejor ajuste ( $A_w = 0.68$  y  $A_w = 0.41$ ). Las líneas continuas fueron determinadas experimentalmente. Las líneas discontinuas son extrapolaciones de una misma línea (con iguales valores de  $A_w$ ) o bien paralelas trazadas a partir de las líneas experimentales. Para un  $A_w = 0.68$  y un  $A_w = 0.41$  los coeficientes de correlación fueron;  $r = 0.995$  y  $r = 0.999$ , respectivamente. Las pendientes de dichas gráficas son casi idénticas;  $-0.058$  y  $-0.061$  correspondientemente. Esto se explica por que la reacción de empardeamiento no enzimático en la leche en polvo, tiene un valor de "Energía de Activación" ( $E_a$ ) constante en un determinado rango de temperaturas y de  $A_w$  (4). Es este principio el que permite el trazo de las líneas paralelas a partir de una línea de referencia, determinada con al menos tres temperaturas. La línea punteada para  $A_w$  de 0.30, fue determinada trazando la paralela correspondiente, a una distancia proporcional con base en la línea de referencia. El valor de vida útil para la leche en polvo a condiciones normales de almacenamiento ( $A_w = 0.30$  y  $T = 25^\circ\text{C}$ ) corresponde a 670 días. El valor de  $q_{10}$  fue de 3.76 ( $q_{10} = 3.8$ ).

Para el caso del extensor de leche, (Figura 6), se pudo determinar la línea a un  $A_w = 0.68$  ( $r = 1000$ ). Para un  $A_w = 0.41$ , se obtuvieron únicamente dos puntos (a  $45^\circ\text{C}$  y  $55^\circ\text{C}$ ). Aunque se pudo haber trazado una línea paralela con mejor ajuste a la  $A_w = 0.68$ , se prefirió trazar dos líneas paralelas, una para  $55^\circ\text{C}$  y otra para  $45^\circ\text{C}$ . Por tal motivo se marcaron dos paralelas para el  $A_w = 0.30$ . Los valores de vida útil obtenidos por extrapolación a las condiciones normales de almacenamiento ( $A_w = 0.30$  y  $T = 25^\circ\text{C}$ ) variaron entre 530 días y 660 días. El valor de  $q_{10}$  fue de 2.94 ( $q_{10} = 2.9$ ). La literatura reporta valores de  $q_{10}$  que van de 4.0 a 10.0 para las reacciones de empardeamiento en general, en diferentes productos alimenticios (3).

## CONCLUSIONES

1. La reacción de empardeamiento no enzimático en el extensor de leche y en la leche en polvo, se ajustan a una reacción de orden cero ( $n = 0$ ).
2. Del pseudo ploteo de Arrhenius (Figuras 5 y 6) y extrapolando a condiciones típicas de almacenamiento ( $T = 25^\circ\text{C}$ ,  $A_w = 0.30$ ), se obtuvo que la vida útil para el extensor y la de leche en polvo, fueron de 530 a 660 y 670 días, respectivamente.
3. Los valores de  $q_{10}$  obtenidos de dichas gráficas fueron de 2.9 y de 3.8 para la reacción de empardeamiento no enzimático en el extensor y la leche en polvo, correspondientemente.



4. La técnica de determinación de vida útil siguiendo el "pseudo ploteo de Arrhenius" permite, una vez determinada una gráfica a un  $A_w$  constante y tres diferentes temperaturas, trazar líneas paralelas correspondientes a otro(s) valor(es) de  $A_w$ .
5. Se recomienda no almacenar productos a temperaturas mayores de  $45^{\circ}\text{C}$ , para evitar reacciones de competitivas que puedan afectar el lineamiento de los resultados.

## BIBLIOGRAFIA

- KANNANE, A.; KANE, D. & LABUZA, T. 1988. Time and temperature effect on stability of moroccan processed orange juice during storage. *J. Food Sci.* 53(5): 1470-1473.
- LABUZA, T. 1980. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. *Food Technol.* 34(4): 36.
- \_\_\_\_\_. An integrated approach to food chemistry: Illustrative cases author file. Dpt. Food Science and Nutrition. University of Minnesota.
- \_\_\_\_\_. 1982. Shelf-life dating of foods. Connecticut, Food Nutrition Press.
- \_\_\_\_\_. & RIBOH, D. 1982. Theory and application of Arrhenius Kinetics to the Prediction of nutrient Losses in Foods. *Food Technol.* 36(10):66.
- \_\_\_\_\_. 1984. Application of Chemical Kinetics to Deterioration of Foods. *J. Chem. Educ.* 61:348.
- \_\_\_\_\_. & SCHMIDL, M. 1985. Accelerated shelf-Life Testing of Foods. *Food Technol.* 39(9):57.
- LOBO, V. 1981. Estudio de Algunas Reacciones Deteriorativas en un Extensor de Leche en Comparación con la Leche en Polvo. San José. Tesis Lic. Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica.

QUIJANO, E. & LOBO, V. 1980. Guía técnica para la preparación de un extensor de leche en comparación con la leche en polvo. Centro de Investigaciones en Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica.

ROCKLAND, L. 1960. Saturated Salt Solutions for Static Control of Relative Humidity between  $5^{\circ}\text{C}$  and  $40^{\circ}\text{C}$ . *Anal. Chem.* 30(10):1375.