

Elaboración de un producto tipo hamburguesa con base en carpa a través de la reducción de la actividad acuosa

Santillán M¹ y Morales L.J¹

(Proyecto financiado parcialmente por CONACYT dentro del Programa Iberoamericano de Alimentos CYTED-D)

RESUMEN. Se establecieron las condiciones experimentales necesarias para conservar pescado magro aplicando factores combinados basados en la reducción de la Actividad de agua (Aa), el pH y la adición de un agente micostático. Se aplicó un modelo matemático para la predicción de actividad acuosa a formulaciones con: pescado, cloruro de sodio, glicerol y sorbitol. De estos resultados se seleccionaron 4 formulaciones que se elaboraron experimentalmente con pulpa de carpa (*Cyprinus carpio*). El pH de los productos se ajustó a 5.5 - 6.0 con ácido fosfórico; se evaluó la vida de anaquel de los productos empacados en bolsas de polietileno, almacenados un mes a 25 ± 2 °C y $38 \pm 3\%$ de H.R. Como testigo se utilizó una preparación con 100% pulpa de carpa. Los resultados de las determinaciones semanales indicaron una reducción significativa ($P < 0.025$) de la humedad, Aa y pH de ambos productos. El análisis microbiológico mostró un incremento en la cuenta de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA), sin embargo, las determinaciones de microorganismos patógenos fueron negativas. En comparación con el testigo, que se deterioró a los cinco días, los productos de humedad intermedia desarrollada se conservaron durante 30 días, sin refrigeración. La evaluación sensorial mostró que los productos son aceptados con una calificación de gusta ligeramente por un panel de jueces no entrenados.

INTRODUCCION

La producción pesquera en México en 1988 fué de 1.400.174 ton. de desembarque, de las cuales 182.391 ton. corresponden a la producción de los centros acuícolas del país y el resto, 1.217.783 ton. corresponden a la captura (1).

De la producción acuícola, la carpa ha ocupado desde 1986 los primeros lugares de producción (1). Este género de agua dulce comprende varias especies dentro de las cuales la carpa plateada *Cyprinus carpio* y la carpa Israel (*Cyprinus carpio specularis*) son las principales cultivadas en México especialmente en la zona central de la República

SUMMARY. Elaboration and conservation of a hamburger made from carp pulp by means of combined factors based on water activity reduction. The experimental conditions were determined in order to conserve lean fish by means of combined factors based on Aw and pH reduction as well as the addition of a miscostat. Theoretical Aw was determined in formulas containing fish, sodium chloride, glycerol and sorbitol applying a mathematic model. From the results of the prediction, 4 formulas were prepared experimentally with (*Cyprinus carpio*). Phosphoric acid was added to the products in order to obtain a 5.5-6.0 pH. The final formulas were packed in plastic bags and stored with a control product (100% carp pulp) at 25 ± 2 °C and $38 \pm 3\%$ R.H. during one month. Aw, water content and pH determinations were carried at weekly intervals. Results indicated a slight but significant ($P < 0.025$) lowering of Aw, water content and pH. Microbiological analysis showed an increase in MAB count with no growth of pathogens. A control product (100% carp pulp) was deteriorated in a five day period. Sensory evaluation of the products indicated a slight acceptance among an inexperienced panel

(18). Sin embargo, a pesar de ser una especie barata, su demanda es reducida, debido principalmente a que presenta un sabor a "fango" y a que contiene una gran cantidad de espinas (18,21); estos problemas pueden resolverse aplicando diversas técnicas de procesamiento y conservación. Actualmente la mayoría de las técnicas de conservación se basan en la reducción o inhibición tanto del crecimiento de microorganismos como de las reacciones deteriorativas, ya sean químicas o enzimáticas (15); así por ejemplo, la congelación, la refrigeración y la desecación son los métodos aplicados con mayor frecuencia para la conservación de pescado (5). Una alternativa para la conservación de este recurso la constituyen los "factores combinados", esto es, lograr simultáneamente la reducción de la actividad acuosa y del pH del producto; la adición de

¹ Instituto Nacional de la Nutrición Salvador Zubirán. Vasco de Quiroga No. 15 Col. y Delegación Tlalpan C.P. 14000. México, D.F.

antimicóticos químicos y en algunos casos, un tratamiento térmico; de tal forma que se alcance la estabilidad del producto durante un tiempo determinado sin necesidad de refrigeración (12). La aplicación de nuevos métodos de conservación como el señalado, es de gran importancia para el aprovechamiento racional de la producción pesquera y acuícola del país. Diversos autores (2,8,9,13,) han aplicado esta técnica de factores combinados en pescado; destacan los trabajos de Collins y Cols, (8,9) quienes concluyeron que la pulpa de pescado tiene el potencial para ser preparada como un alimento de humedad intermedia sin mostrar cambios deteriorativos. El presente trabajo tuvo como objetivo establecer las condiciones experimentales, para obtener un producto de pescado tipo hamburguesa con una vida útil de por lo menos un mes, sin refrigeración, aplicando factores combinados de Actividad de agua (Aa), contenido de humedad y pH.

MATERIALES Y METODOS.

La carpa plateada (*Cyprinus carpio*), se adquirió entera en una tienda de autoservicio de la Ciudad de México. Una vez en el Laboratorio, se fileteó manualmente para obtener la pulpa de pescado. Como humectantes se utilizaron glicerol, cloruro de sodio y sorbitol; como depresor del pH se utilizó ácido fosfórico al 98% y como antimicótico sorbato de potasio, todas estas sustancias se obtuvieron en la Droguería Cosmopolita de la Ciudad de México.

En el diseño de las formulaciones se aplicó el método simplificado de predicción de actividad acuosa descrito por Favetto y Chirife (14) con el apoyo de un programa en lenguaje Fortran el cual se alimentó con los siguientes datos: humedad y Actividad de agua de la pulpa de pescado; cantidad de humectantes (g), peso molecular y Aa de cada uno de los humectantes. Se supuso que la Aa de la pulpa era 1.0. La cantidad de los humectantes varió de 2 a 6% para sorbitol y glicerol y de 2 a 4% para el cloruro de sodio. El contenido de humedad inicial se varió desde un 50 hasta un 80%.

De las varias combinaciones encontradas como posibles, se seleccionaron aquellas que presentaron una Aa menor a 0,89. Estas formulaciones se elaboraron experimentalmente a nivel laboratorio siguiendo el diagrama de flujo presentado en la (Figura 1).

Para determinar la cantidad de ácido fosfórico necesaria para reducir el pH a valores entre 5.5 y 6.0, se adicionaron concentraciones de 0,1, 0,2 y 0,3 g/ de ácido por 100g de producto. El sorbato de potasio se utilizó en una concentración de 0,2 g/100g de producto en todas las formulaciones.

Paralelamente se elaboró el producto testigo de igual forma que los productos experimentales pero sin la adición de humectantes, ni ácido ni antimicótico.

Se determinó la composición química de la pulpa fresca de pescado y de los productos experimentales mediante las técnicas oficiales de la A.O.A.C. (3)

Los productos obtenidos se empacaron en bolsas de polietileno de baja densidad y se almacenaron en cámaras a $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y $38 \pm 3\%$ H.R. durante un mes. Semanalmente se muestreó al azar cada producto para llevar a cabo las siguientes determinaciones: pH utilizando un potenciómetro Beckman (7); Actividad acuosa mediante un higrómetro electrónico Novasiva DAL 20 previamente calibrando con soluciones saturadas de tres sales en límites de 30-80% H.R. (16,20,10); Contenido de humedad por estufa de vacío, metodología de la A.O.A.C. (3) y Análisis microbiológico según las técnicas oficiales de la Secretaría de Salud (22) que consistió en: Cuenta de bacterias mesófilas aerobias (BMA), grupo coliforme, *Salmonella sp.* y *Staphylococcus aureus* (coagulasa positivo).

A los resultados, excepto los del análisis microbiológico, se les aplicó una prueba de diferencia de T de Student (24). La evaluación sensorial de los productos se llevó a cabo en dos etapas, con un grupo de 33 y uno de 27 jueces no entrenados en la primera y segunda etapa, respectivamente. La primera consistió en presentar a los jueces las "hamburguesas" sin pan, preparadas el mismo día de la evaluación, calentadas en una sartén de teflón; mientras que, en la segunda etapa las hamburguesas se guisaron en una salsa mexicana preparada con tomate, cebolla, ajo y perejil. En ambos casos se aplicó una escala hedónica de 5 puntos (1= gusta mucho y 5 disgusta mucho) para evaluar los atributos de sabor, olor, color y textura. En los dos casos se aplicó también una prueba de preferencia de las muestras, en la cual 1 era menos preferida y 4 la más preferida (19). Los resultados de la prueba hedónica se analizaron mediante el procedimiento de análisis de variancia (24) y la prueba de preferencia se refirió a un 100%.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de la predicción de Aa indicaron, como era de esperarse, que la sal tiene un efecto depresor mayor que los otros humectantes debido básicamente a su menor peso molecular (11), por lo cual se seleccionaron aquellas formulaciones con la menor Aa y el mayor contenido de sal posible sin que esto afectara la palatabilidad de los productos. Las formulaciones seleccionadas, como los resultados de Aa predicha y Aa experimental de las formulaciones se muestran en la Tabla 1. En todos los casos la actividad acuosa predicha es mayor que la experimental con lo que se obtiene un cierto margen de seguridad. Esta diferencia se debe a la Aa de la pulpa fresca de pescado que para efectos del programa computacional se supuso era de 1.0, sin embargo, la Aa de la pulpa fresca se redujo después de someterla a las operaciones de cocción y prensado,

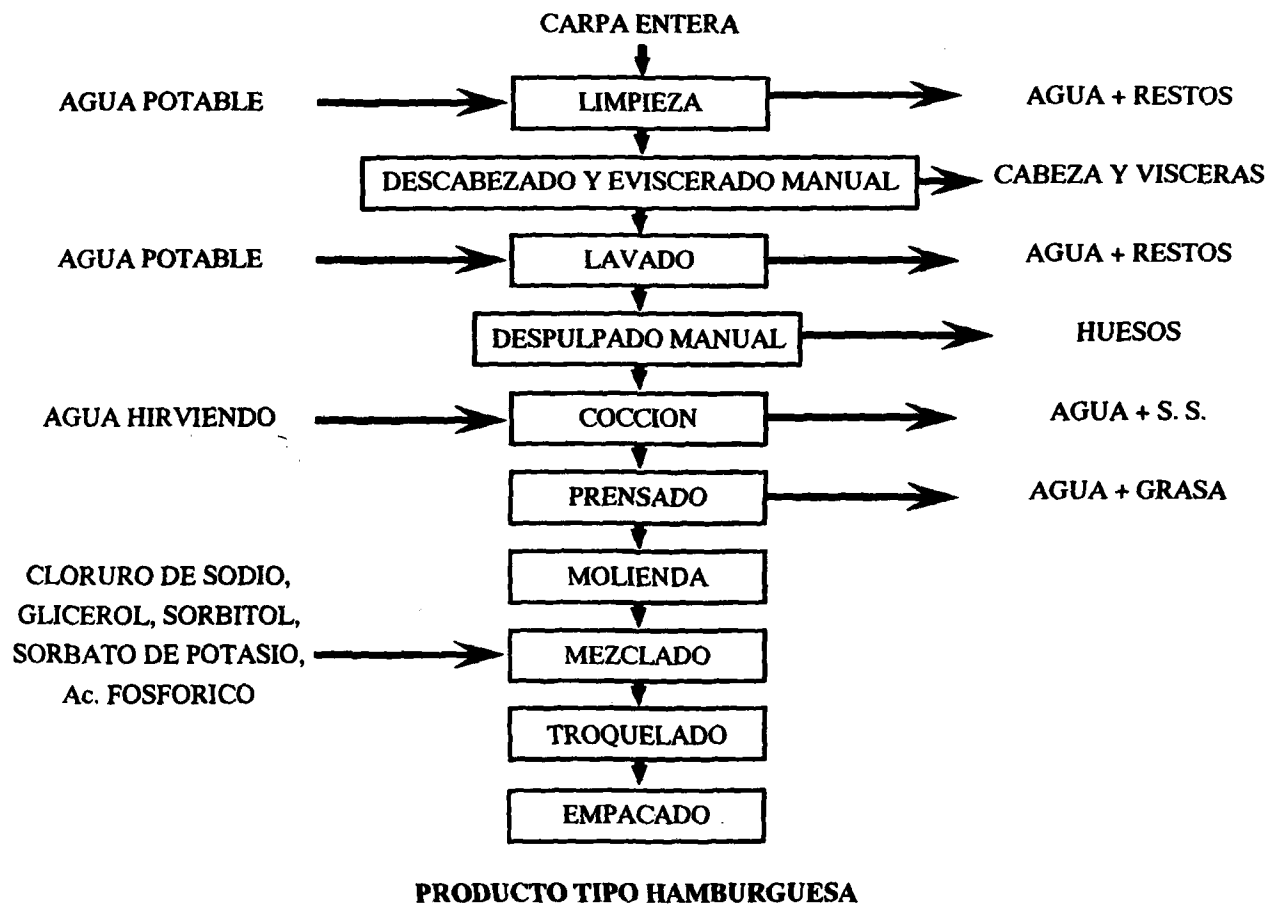


FIGURA 1

Diagrama de elaboración de las hamburguesas

TABLA 1
FORMULACIONES SELECCIONADAS PARA
LA ELABORACION DE HAMBURGUESAS DE PESCADO

Ingredientes	Formulaciones				Testigo
	A	B	C (g/100g)	D	
Pulpa de Carpa	88	88	88	80	100
Fécula de Maíz	0	2	4	8	0
Cloruro de Sodio	3	3	3	3	0
Glicerol	6	6	4	6	0
Sorbitol	3	1	1	3	0
Aa predicha	0,973	0,941	0,948	0,931	
Aa experimental	0,871	0,863	0,867	0,837	0,986

Aa = Actividad Acuosa

TABLA 2
pH DE LAS FORMULACIONES AL AGREGAR ACIDO FOSFORICO

Formulación	0.0	0.1	0.2	0.3
		g de ácido por 100g de producto		
A		6,6	5,6	4,5
B		6,6	5,7	4,6
C		6,7	5,7	4,6
D		6,7	5,5	4,5
Testigo	6.6	---	----	---

TABLA 3
COMPOSICION QUIMICA DE LA PULPA DE CARPA FRESCA Y DE LAS
HAMBURGUESAS PREPARADAS CON LAS FORMULACIONES A Y B

Determinación	Pulpa de Carpa	A	B
		(g/100g)	
Humedad	79,0	61,4	58,5
Proteína *	17,0	19,6	20,3
Lipidos	3,0	1,6	1,5
Cenizas	0,9	5,4	5,7
Hidratos de Carbono**	0,1	12,0	14,0

* Nitrogeno x 6.25

** Por Diferencia

llegando así a la etapa de mezclado con una actividad acuosa (Aa) mucho menor a la estimada teóricamente. El programa no se modificó en virtud de que no era el objetivo en este trabajo.

En la Tabla 2 se muestra el pH obtenido en las formulaciones después de agregar diferentes volúmenes de ácido fosfórico. En este se observa que con 0,29 de ácido por 100 g de producto se obtiene un pH entre 5,5 y 5,7, que se encuentra dentro de los límites deseados. La importancia de reducir el pH radica en que con ello se mejora la estabilidad microbiológica del producto mediante la combinación de una baja actividad acuosa y un pH ácido (5) y simultáneamente la actividad del sorbato de potasio se ve potenciada a valores de pH entre 4,5 y 6,0 (23). Las hamburguesas preparadas con las formulaciones C y D presentaron una textura quebradiza, motivo por el cual se eliminaron a partir de esta etapa del estudio y las pruebas de estabilidad en el almacenamiento se realizaron únicamente con hamburguesas preparadas con las formulaciones A y B.

La composición química aproximada de la pulpa de

carpa y las fórmulas A y B, se presenta en la Tabla 3. De este se observa que la pulpa de carpa tiene un bajo contenido graso el cual se reduce aún más (ver fórmulas A y B) como resultado de las condiciones de procesamiento utilizadas durante la obtención de las hamburguesas, esta situación favorece la estabilidad química de los productos. Se observa también una reducción en el contenido de humedad, lo que a su vez favorece la depresión de la Aa y por ende la estabilidad microbiológica del producto.

Por otro lado, los contenidos de cenizas y de hidratos de carbono en las formulaciones, se incrementaron significativamente en comparación con la pulpa fresca debido a la adición de los humectantes. En lo que respecta al contenido de nitrógeno proteico se observó también un incremento aun que este está acorde con la reducción del contenido de humedad. No se realizó un perfil de aminoácidos indispensables para determinar la calidad de la proteína, ya que se supone buena dado el origen de la materia prima. El pH de la pulpa de carpa fue de 6,6 6,7 y la Aa de 0,986 a 25°C.

Durante el almacenamiento, el producto testigo desarrolló rápidamente un aroma desagradable, presentó cambio de color, así como crecimiento visible de colonias de microorganismos, por lo que fue desechado a los 5 días. Comparativamente, los productos elaborados con las formulaciones A y B se mantuvieron en almacenamiento durante 30 días sin presentarse cambios desfavorables de aroma y color. Durante la segunda semana de almacenamiento en ambos productos, se registró un descenso en los valores de Aa (Figura 2) y a partir de este punto se incrementaron ligeramente. El contenido de humedad (Figura 3) del producto A se incrementó ligera pero no significativamente durante la primera semana a partir de la cual se redujo este valor.

Para el producto B se registró un pequeño pero significativo descenso durante la primera semana de almacenamiento manteniéndose constante el resto del tiempo. Así mismo, el pH (Figura 4) registró una disminución en ambos productos. Estos resultados concuerdan con los de Collins y Yu. (9) cuyos productos se comportaron de manera similar. Estos cambios pueden haberse debido a la transferencia de humedad de los productos al medio (6), debido a que el empaque de polietileno utilizado no fué lo suficientemente impermeable al vapor de agua.

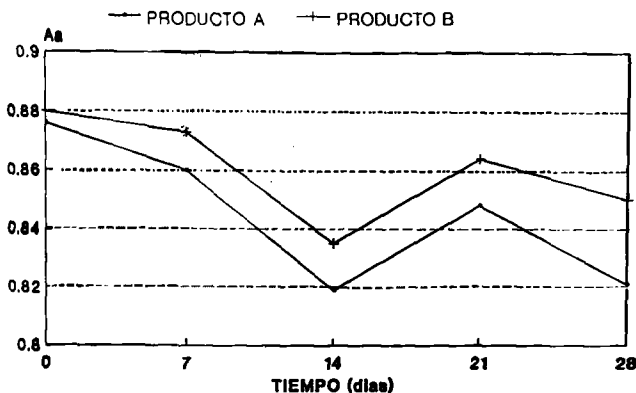


FIGURA 2

Aa de los productos durante el almacenamiento

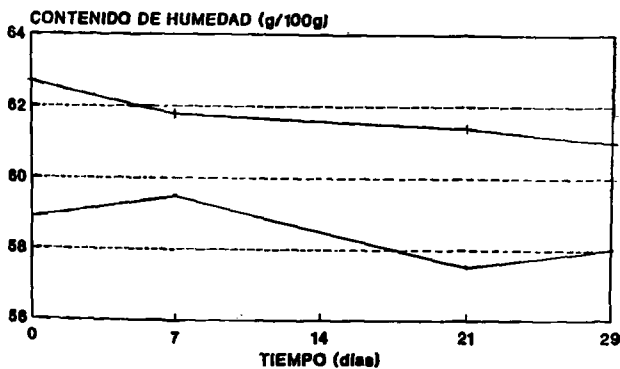


FIGURA 3

Contenido de humedad de los productos durante el almacenamiento

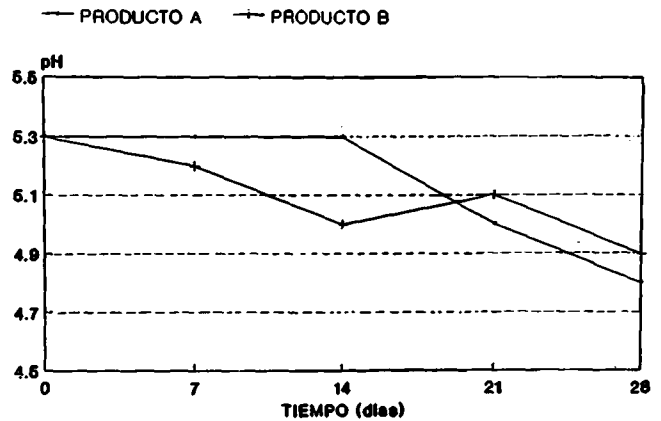


FIGURA 4

Resultados de pH durante el almacenamiento de los productos

El análisis microbiológico de los productos y de la muestra testigo resultó negativo para hongos, levaduras, *Salmonella sp.*, y *Staphylococcus aureus*; para coliformes totales se encontraron NMP (número más probable) de 23 y 9.1 para los productos A y B y 3 en el testigo, en el primer día de almacenamiento, así como NMP-3 para coliformes fecales en los tres productos. En los días subsiguientes estos indicadores fueron negativos, concluyéndose que los productos desarrollados están libres de microorganismos patógenos, sin embargo, la cuenta de bacterias mesófilas aeróbicas mostró un incremento gradual (Figura 5) el cual se debió, posiblemente, a la presencia de esporas en alguno de los ingredientes utilizados en la elaboración de las hamburguesas 9230.

En cuanto a la evaluación sensorial no se encontró diferencia significativa en la primera etapa, obteniendo una calificación media de 2,6 para la formulación A y 2,8 para la formulación B, lo que corresponde a una aceptación de "ni gusta ni disgusta", los atributos rechazados con mayor frecuencia en ambas muestras fueron el color y el sabor. En esta primera etapa la preferencia por las formulaciones A y B fué del 50% en cada caso. En la segunda etapa, los resultados no mostraron diferencia significativa ($P > 0.95$) entre las muestras, sin embargo en comparación a la evaluación anterior la aceptación mejoró ya que en este caso se obtuvieron calificaciones, que corresponden a "gusta ligeramente", para ambos productos y en cuanto a la preferencia, el 68% de los jueces se mostró a favor de la hamburguesa elaborada con la formulación "A". En general, los comentarios de los evaluadores giraron en torno a que el sabor era "muy salado" y/o "ligeramente dulce" y solo en un caso se percibió amargo.

Es importante mencionar que la mezcla de humectantes utilizada en las formulaciones esto es la combinación de sal-glicerina-sorbitol produce per se, una mezcla de sabores

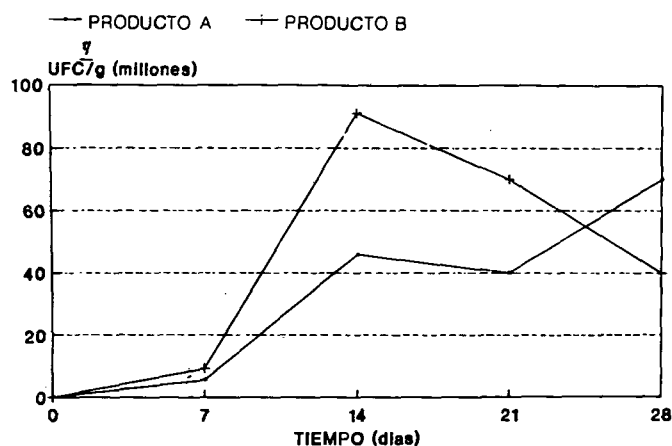


FIGURA 5

Cuenta de BMA durante el almacenamiento de los productos

salado, amargo y dulce (17). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por otros autores (8, 9, 13, 14) quienes encontraron que aunque los productos se conservaban, no eran aceptados sensorialmente. En esta primera etapa del estudio se sientan las bases para la conservación de una especie magra de pescado como lo es la carpa, por medio de la reducción de la actividad acuosa, del pH y la utilización de sorbato de potasio como antimicrobico; sin embargo es necesario continuar experimentando para obtener un mejor control microbiológico de el producto e incrementar aún más la aceptación sensorial de este tipo de productos.

CONCLUSION.

Los resultados obtenidos nos confirman la viabilidad de la aplicación de los conceptos de reducción de actividad de agua por métodos combinados, para la conservación de productos altamente perecederos como lo es el pescado y nos permiten seleccionar una formulación para preparar una hamburguesa de carpa en la que ya se alcanzó una aceptación sensorial mayor al 60% y una vida de anaquel de un mes, sin refrigeración.

AGRADECIMIENTOS.

Al Ing. Eric Monterrubio por su apoyo en la aplicación del modelo matemático de predicción de A_a y a la QFB. Luz Ma. Colón Herrera por su apoyo en la realización de los análisis microbiológicos.

REFERENCIAS

1. Análisis de la Actividad Pesquera 1988. Sistema Nacional Integrado de la Información del Sector Pesca. Dirección General de Programación e Informática. México No. 16 Marzo, 1989.

2. Arrieta, AM. Obtención de un producto de humedad intermedia a base de tilapia (*Tilapia nilotica*). Tesis de Licenciatura. U.I.A. México, D. F., 1985.
3. Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), Official Methods of Analysis. Washington, D.C. 1980.
4. Beuchat, LR. Influence of water activity on sporulation, germination, outgrowth and toxin production In: Water activity: Theory and Applications to Food. LB Rockland and LR Beuchat (Editores). Marcel Dekker, Inc. USA, 1987.
5. Borgstrom, G. Editor. Fish as Food. Vols. I and II. Academic Press, USA, 1961, 1962.
6. Brody, AL. Flexible packaging of foods. C.R.C. Press, USA, pp. 52, 1970.
7. Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTEDD, Proyecto Iberoamericano sobre Alimentos de Humedad Intermedia. Recomendaciones para la identificación y caracterización de alimentos de humedad intermedia iberoamericanos, 1987.
8. Collins, JL, CC Chen, JR Park, JO Mundt, IE McCarty and MR Johnston. Preliminary studies on some properties of intermediate moisture, deep-fried fish flesh, *J Food Sci.* 37: 189-190, 1972.
9. Collins, JL and Yu, AK Stability and acceptance of intermediate moisture deep-fried catfish, *J Food Sci* 40:858 836, 1975,
10. Chirife, J, Ferro Fontan, C and Resnik, SL. The Water activity of Standard Saturated Salt Solutions in the range of Intermediate Moisture Foods. *LebensmittelWissenschaft und Technologie*, 16, 3638, 1983.
11. Chirife, J Predicción de la actividad de agua en alimentos. Memorias del curso: Conservación de Alimentos de alta humedad por métodos combinados basados en la reducción de la actividad del agua. Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTEDD), 1987.
12. Davies, RG. Birch and Parker, KJ. Editores Intermediate Moisture Foods. Applied Science Publishers. London, 1976.
13. Dymsha, HA and Silverman, G. Improving the acceptability of intermediate moisture fish. *Food Technol* 33(10):52, 1979.
14. Favetto, GJ and Chirife, J. Simplified method for prediction of water activity in binary aqueous solutions. *J. Food Technol Vol. 20:* 631-636, 1985
15. Gould, G W, Brown, MH and Fletcher, BC. Mechanisms of action of food preservation procedures. In: *Food Microbiology: Advances and Prospects*. TA Roberts and FA Skinner, Editores, Academic Press, Great Britain, pp 6784, 1983.
16. Greenspan, Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions, *J. of Research of the National Bureau of Standards*, Vol. 81A, No. 1, 1977.
17. Griffin, WC and Lynch, M. Polyhydric Alcohols. In: *Handbook of Food Additives*. T Furia, Editor, C.R.C. Press, 1986.
18. Instituto Nacional de Pesca. Diagnóstico de la situación actual de las pesquerías en México. Programa de Investigaciones y Fomento Pesquero. (PNUD/FAO/SIC), 1973.
19. Larmond, E. Laboratory methods for sensory evaluation of food. Canada Department of Agriculture, Publication 1284, 1982.

20. Robinson, RA and Stokes, RH. *Electrolyte Solutions*. Butterworths, London, 1965.
21. Secretaría de Pesca. Dirección General de Organización y Capacitación Pesquera. *El cultivo de la Carpa. Folleto para la Capacitación Pesquera*, 1982.
22. Secretaría de Salubridad y Asistencia. Subsecretaría de Salubridad. *Técnicas Generales para el análisis microbiológico de los alimentos*. Dirección General de Laboratorios de Salud Pública, 1979.
23. Sofos, JN, Pierson, MD, Blocher, JC and Busta, FF. Mode of action of sorbic acid on bacterial cells and spores: review. *International Journal of Food Microbiology*, Vol. 3:117, 1986.
24. Wayne, WD. *Bioestadística*. Editorial Limusa, tercera reim-
presión, México, 1982.