

EL ANALISIS DE PRODUCTOS RADIOLITICOS VOLATILES EN ALIMENTOS IRRADIADOS

A. J. Núñez Sellés

Dpto. Espectroscopia Molecular, Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Ciudad de La Habana, Cuba

Recibido: 17 de junio de 1985

Recibido: 5 de marzo de 1986

ABSTRACT. The influence of several factors on the yield of radiolytic products in irradiated foods, such as food composition, physical state and processing conditions, and its possible effect on organoleptic and wholesomeness properties are discussed. Some recommendations for chemical investigations on these properties in irradiated foods are offered from this discussion, emphasizing on necessity for developing analytical methods for organic traces in foods.

RESUMEN. Se discute la influencia de diferentes factores en el rendimiento de productos radiolíticos volátiles en alimentos irradiados, tales como la composición del alimento, su estado de agregación y las condiciones de irradiación, y sus posibles consecuencias en las propiedades organolépticas y de comestibilidad del alimento. A partir de esta discusión se ofrecen recomendaciones a seguir para las investigaciones químicas en la evaluación de estas propiedades en alimentos irradiados, con énfasis especial en la necesidad del desarrollo de métodos analíticos para trazas orgánicas en alimentos.

INTRODUCCION

La química de las radiaciones de componentes mayoritarios en los alimentos constituye un importante elemento de análisis de los cambios que ocurren en sustratos sometidos a radiaciones ionizantes. El análisis de los productos de degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas y vitaminas guarda una estrecha relación con la evaluación de la seguridad para el consumo de alimentos irradiados. Esta información, junto a las evaluaciones microbiológicas y toxicológicas, determina la aprobación para el consumo humano del tipo de alimento irradiado; a la vez que contribuye al esclarecimiento del efecto de las radiaciones sobre otros alimentos de igual naturaleza o irradiados en condiciones similares. El uso de datos experimentales derivados del análisis químico permite eliminar la realización de extensos y costosos ensayos con animales, una vez que la correlación entre dosis y naturaleza del efecto ha sido demostrada, lo que ahorra un tiempo considerable, así como recursos humanos y materiales.

El concepto de "seguridad química" para el consumo de alimentos irradiados ("chemiclearance" en la literatura de habla inglesa) ha sido introducido en la evaluación toxicológica de estos productos con el objetivo de demostrar la inocuidad del proceso de irradiación, en términos de la composición química del sustrato irradiado.

El análisis de productos radiolíticos volátiles en alimentos irradiados puede realizarse a partir de su identificación y cuantificación en alimentos, y de su identificación, cuantificación y estudio químico-físico en sistemas modelo de cierta complejidad. Esta última vía permite conocer posibles efectos protectores y sinérgicos que conducen a la posibilidad de *uniformar, predecir y extrapolar* los datos obtenidos de un sistema a un grupo amplio de alimentos comprendidos dentro de sus características. Los trabajos de Basson y col.^{1,2} y Beyers y Thomas³ con un sistema modelo de fruta (mango) han permitido la obtención de resultados relevantes, aplicables a un considerable número de frutas tropicales, par-

tiendo de la base que el sistema real (la fruta) está constituido fundamentalmente (90 %) por carbohidratos y agua. Otros resultados también importantes han sido obtenidos por Merrit y Vajdi⁴, Merrit y col.⁵ y Vajdi y col.⁶ quienes han trabajado con sistemas modelo de lípidos.

Recientemente, el Comité de Expertos FAO/WHO/IAEA⁷ y la Comisión del Codex Alimentarius⁸ aprobaron, y certificaron como seguro para el consumo humano, la irradiación de alimentos hasta una dosis global media de 10 kGy, basados en que:

Todos los estudios toxicológicos en una gran variedad de alimentos no han producido evidencia alguna de efectos adversos como consecuencia de la irradiación.

Los productos radiolíticos de los componentes mayoritarios de alimentos irradiados fueron idénticos, independientemente del tipo de alimento que los originó, y la mayoría de ellos se encuentran también en alimentos procesados por otras tecnologías, en concentraciones que no implican un daño toxicológico.

Es decir, el estudio de los posibles productos radiolíticos o radio-inducidos en alimentos irradiados ha brindado y continuará brindando un elemento fundamental en el análisis toxicológico, con su aporte posterior al esclarecimiento de la comestibilidad de estos productos. Por otra parte, aunque las condiciones de procesamiento son mucho menos severas que en el tratamiento con calor, la formación de productos radiolíticos volátiles, ajenos al aroma y al sabor originales del producto, pueden alterar sus propiedades organolépticas. Este segundo aspecto es también de importancia considerable y no se debe descartar en la evaluación integral del producto irradiado para el consumo humano o animal.

Factores que influyen en la formación de productos radiolíticos. Existe un conjunto de factores relacionados con el alimento que va a ser irradiado y con el proceso de irradiación que determina las reacciones químicas que tendrán lugar en la matriz (Tabla I). Debe resaltarse que la energía total absorbida por el alimento irradiado es mínima aun con las mayores dosis posibles. Si se considera la energía total absorbida cuando se irradia con una

dosis global media de 10 kGy, convertida en energía calórica, la temperatura del alimento irradiado se incrementa solamente a 2,4 °C por unidad de peso, asumiendo que la capacidad calórica de la matriz es la misma del agua⁹. Sobre la base de la unidad de peso, esta energía producida por la irradiación es mucho menor que la absorbida cuando se cocina un alimento.

TABLA I
Factores que influyen en la formación de productos radiolíticos (PR)

Factor	Efecto
Composición	Identidad de los PR
Estado de agregación	Rendimiento de PR
Condiciones de irradiación	Identidad y rendimiento de PR

La *composición* del alimento es un aspecto particularmente importante que influye sobre el espectro de productos radiolíticos (PR) que se forman. Este espectro determina posteriormente las técnicas instrumentales de análisis a emplear, dependiendo si los PR son volátiles (cromatografía gaseosa) o no volátiles (cromatografía líquida, electroforesis, etc.). Existe una abundante literatura sobre el espectro de PR formados a partir de diferentes grupos de componentes mayoritarios^{10,11} y es posible, en la mayoría de los casos, *predecir* la identidad de los PR, según la naturaleza de la matriz. La falta de información mayor en este sentido se encuentra en el análisis de las proteínas, donde poco se conoce acerca de lo que ocurre con la estructura proteica. Datos recientes indican que en las proteínas globulares ocurre un proceso de agregación, mientras que en las proteínas fibrosas ocurren procesos de degradación por efecto de las radiaciones¹².

Algo semejante ocurre con el estudio de la influencia de la irradiación en las vitaminas, ya que en la mayoría de las publicaciones se informan solamente las pérdidas que ocurren, pero poco o casi nada se encuentra acerca de la naturaleza de sus PR.

La distribución de los diferentes componentes puede afectar la dependencia que exista entre el rendimiento de PR y la dosis global media absorbida, en particular si no están homogéneamente distribuidos, si existe un componente minoritario distribuido heterogéneamente y si la interacción entre componentes es considerable, particularmente en las interfases.

El *estado de agregación* de la matriz irradiada determina el rendimiento de los PR, influyendo tanto sobre los efectos primarios como sobre los secundarios de las radiaciones ionizantes. La ionización o excitación de los componentes químicos mayoritarios del alimento conduce a la formación de especies químicas reactivas que tienden a salir de la región donde se han producido. Cualquier factor que impida este movimiento o favorezca la recombinación reduce el rendimiento de PR. Por ejemplo, el congelamiento de la matriz disminuye o impide la difusión o producción, respectivamente, de los electrones solvatados, favoreciendo su recombinación con los iones positivos que los originaron y, por tanto, disminuye el valor de G (magnitud que representa la formación de especies químicas reactivas a partir de la

absorción de una dosis global media de 1 kGy/mol de sustrato irradiado). Para electrones solvatados^{13,14}, el valor de G es 2,7 a 25 °C, mientras que este valor se reduce aproximadamente de 0,3 a -5 °C.

En este caso, el rendimiento de PR se reduce en 90% o más.

Por otra parte, si el producto se irradia deshidratado, la rigidez de los radicales libres que se forman en el proceso de irradiación aumenta considerablemente, lo que elimina la posibilidad de migración del sitio activo del radical y reduce su tiempo de vida medio.

Las condiciones de irradiación pueden determinar un rendimiento menor de PR si son ajustadas correctamente. La *temperatura* puede influir en ello si los mecanismos de formación de PR se caracterizan por energías de activación diferentes. Estos valores pueden relacionarse con impedimentos a la reacción química, así como a la difusión de las especies. Las mayores dependencias con la temperatura se observan en sistemas rígidos, considerando que la viscosidad de un sistema fluido no varía significativamente dentro de un rango de temperatura.

La *potencia de dosis* influye sobre los procesos competitivos entre reacciones diferentes. Por ejemplo, la formación de fenoles por irradiación del benceno en soluciones aireadas¹⁵ puede seguir una de las dos vías que aparecen en la figura 1.

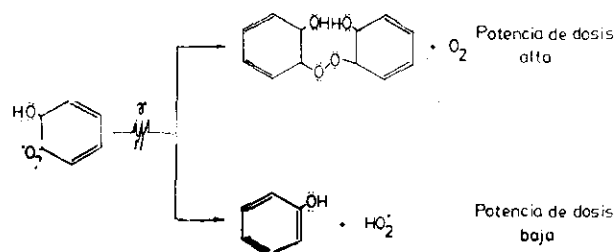


Fig. 1. Dependencia del mecanismo de reacción con la potencia de dosis (alta y baja) en la irradiación de benceno en soluciones aireadas

A bajas potencias de dosis, el rendimiento de fenol es 7 veces superior a cuando se emplean potencias altas, lo que indica la predominancia de uno u otro mecanismo en dependencia de este factor. Sin embargo, en sistemas complejos como los alimentos, el efecto de la potencia de dosis, al considerar radicales primarios, no debe ser elevado, debido a que las reacciones de pseudo-primer orden con los componentes mayoritarios predominan en casi todo el rango de potencia de dosis comúnmente empleado en la práctica.

El aumento de la *dosis global media* absorbida provoca generalmente el incremento del rendimiento de PR, aunque no posee gran influencia en el tipo de PR que se forma. La base teórica de la dependencia del rendimiento de PR con la dosis global media absorbida ha sido ampliamente discutida en la literatura, en relación con la *extrapolación* de conclusiones acerca de la comestibilidad de los alimentos irradiados desde altas hasta bajas dosis¹⁶. Ha sido demostrado que los productos primarios de toda interrelación rendimiento-dosis sigue alguno de los comportamientos que se muestran en la figura 2.

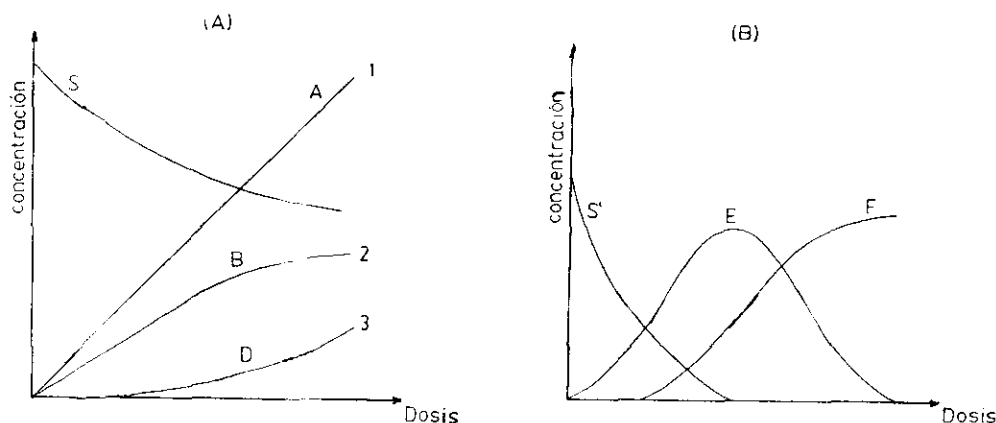


Fig. 2. Curvas teóricas de relación rendimiento-dosis para productos radiolíticos: A. Componente mayoritario (S), B. Componente minoritario (S').

Si se considera que un componente mayoritario del alimento (S) produce varios PR primarios (M, A, B, ...) un PR secundario (D) y un producto intermediario (X) por acción directa de las radiaciones, se tendrá:



La dependencia rendimiento-dosis para los productos A y M será lineal (curva 1), para el producto B asíntotica (curva 2) y para el producto D exponencial (curva 3), aunque es posible alguna desviación de la linealidad para el producto M (Fig. 2A).

Si un componente minoritario (S') se encuentra distribuido homogéneamente en el sistema, reacciona con el intermediario X para producir E, intermediario que también reacciona con X:



De esta forma, el componente S' desaparecerá con el aumento de la dosis, el producto E alcanzará un valor máximo de concentración en un valor determinado de dosis y el producto F estabilizará su concentración a partir de cierta dosis (Fig. 2B).

La importancia de tener una relación lineal rendimiento-dosis para la evaluación de la comestibilidad de alimentos irradiados radica en la seguridad con que se pueden extrapolar los datos obtenidos en sistemas tratados con altas dosis a sistemas idénticos o similares que reciben dosis más bajas. En ambos casos se obtiene el mismo espectro de PR, pero con diferentes niveles de concentración. Por tanto, si existen evidencias toxicológicas de que no hay efectos adversos para el consumo de un alimento irradiado con una dosis global media de 50 kGy, entonces lo mismo es válido cuando se utiliza una dosis de 1 kGy.

Sin embargo, no siempre se obtienen relaciones lineales rendimiento-dosis y en numerosas ocasiones se alcanzan comportamientos inesperados. En el trabajo con un sistema real (toronja)¹⁷ se obtuvieron las curvas rendimiento-dosis que aparecen en la figura 3. Mientras que se observó un comportamiento lineal para el linalol y sus componentes relacionados (óxido de cis-linalol y óxido anhidro de cis-linalol) con el aumento de

la dosis global media, otros componentes (dl-limoneno, óxido de cis-limoneno y nootkatona) exhibieron un comportamiento irregular. Ello implica que la relación rendimiento-dosis no depende únicamente del valor de G del componente, sino de la existencia de procesos competitivos y de protección que complican el análisis de los resultados en sistemas reales complejos.

Rendimiento de productos radiolíticos

La química de las radiaciones en alimentos, componentes aislados de alimentos o sistemas modelo ha sido estudiada ampliamente con el objetivo de identificar la formación de PR. Los alimentos son sistemas de elevada complejidad química con cientos de componentes, la mayoría de ellos al nivel de trazas (ppm o ppb), lo que dificulta y en muchos casos imposibilita su completa identificación en el sustrato con el desarrollo actual de las técnicas analíticas. Mientras que los reportes disponibles son insuficientes para agrupar la cantidad e identidad de PR en un alimento específico, los datos experimentales contribuyen a determinar los factores de la evaluación de la comestibilidad en un alimento irradiado mediante: la determinación del rendimiento total de PR en función de la dosis global media absorbida y la determinación de la fracción de los PR que pueden ser considerados "productos radiolíticos únicos" (PRU).

El rendimiento de PR (Y) depende fundamentalmente de la dosis global media absorbida (D) y de la naturaleza del sustrato, expresado en función del valor de G. Otros factores, tales como la temperatura (T) y el estado de agregación (A) pueden influir en el rendimiento, pero pueden ser controlados para que su influencia sea nula o mínima:

$$Y = f(D, G) + f(T, A, \dots) \quad (6a)$$

$$Y = f(D, G) \quad (6b)$$

El valor de G para un sustrato alimenticio puede ser determinado a partir de sistemas modelo de soluciones de los componentes puros o de mezclas de estos. Generalmente, su valor puede asumir aproximadamente igual a la unidad ($G_T = 1$). De esta forma, el rendimiento de PR se puede calcular según¹⁸:

$$Y(\text{mmol/kg}) = D(\text{kGy}) \cdot G_T \cdot 10^{-1} \quad (7a)$$

$$Y = D \cdot 10^{-1} \quad (7b)$$

Si se asume un peso molecular de 300 para el PR y una dosis global media absorbida de los 10 kGy (límite máximo aceptado), la irradiación de 1 kg del sustrato debe producir solamente 300 mg del PR. Si se consideran los resultados de investigadores que han obtenido un valor aproximado del 10 % del total de los PR obtenidos como PRU¹⁹, se tendrán los valores que se muestran en la Tabla II.

que un PRU puede ser considerado "normal" depende de la información disponible acerca de la composición de los alimentos al nivel de trazas, lo cual resulta complejo desde el punto de vista analítico.

TABLA II
Estimados de rendimiento de productos radiolíticos (PR) y productos radiolíticos únicos (PRU) en alimentos irradiados*

Dosis (kGy)	Y _{PR} (mg/kg)	Y _{PRU} (mg/kg)	Y _{PR + PRU}
0,1	3	0,3	3,3
0,5	15	1,5	16,5
1,0	30	3,0	33,0
10,0	300	30,0	330,0

*Considerando un PR de peso molecular igual a 300

Influencia de los productos radiolíticos volátiles en las propiedades organolépticas del alimento irradiado

La importancia fundamental del análisis de productos radiolíticos volátiles en alimentos irradiados lo constituye su posible influencia toxicológica y la contribución a la evaluación de la comestibilidad. Sin embargo, no menos importante es la posible influencia de los productos radiolíticos sobre las propiedades organolépticas del producto irradiado. Aun cuando la dosis global media absorbida por el alimento no produzca efectos toxicológicos y, por tanto, sea apto para el consumo humano, es posible que su olor y sabor se alteren por la presencia de nuevos productos en el aroma o por cambios en la relación de concentraciones de los componentes que más contribuyen al aroma y sabor del alimento. Este problema se presenta igualmente en otros procesos de conservación de alimentos (enlatado, adición de preservativos, deshidratación, etc.) y constituye uno de los principales puntos de atención en la industria de elaboración de alimentos.

Varios investigadores^{17,20-23} han estudiado la influencia del tratamiento con radiaciones gamma en diferentes matrices y han encontrado que por encima de cierto nivel de dosis se alteran las propiedades organolépticas del alimento irradiado. La Tabla III muestra el resultado^{20,22} de la evaluación organoléptica (olor y sabor) por el método triangular del jugo de toronja extraído de frutas irradiadas entre 0,3 y 1,0 kGy. La alteración significativa del olor y del sabor del jugo, obtenido inmediatamente después de tratamiento con radiaciones para las frutas irradiadas con dosis de 1,0 kGy, se eliminó después de 4 semanas de almacenamiento a 12 °C.

No se observó formación de productos radiolíticos volátiles en concentraciones superiores a 0,1 ppb, sin embargo, hubo alteración en la relación de concentraciones de varios componentes que influyen decisivamente en las propiedades organolépticas del producto, las cuales desaparecieron con el tiempo de almacenamiento. El análisis exhaustivo de un conjunto de factores tales como la relación rendimiento-dosis para cada uno de los componentes del aroma, cuyo número asciende aproximadamente a 100, el empleo de detectores específicos de alta sensibilidad para la detección de

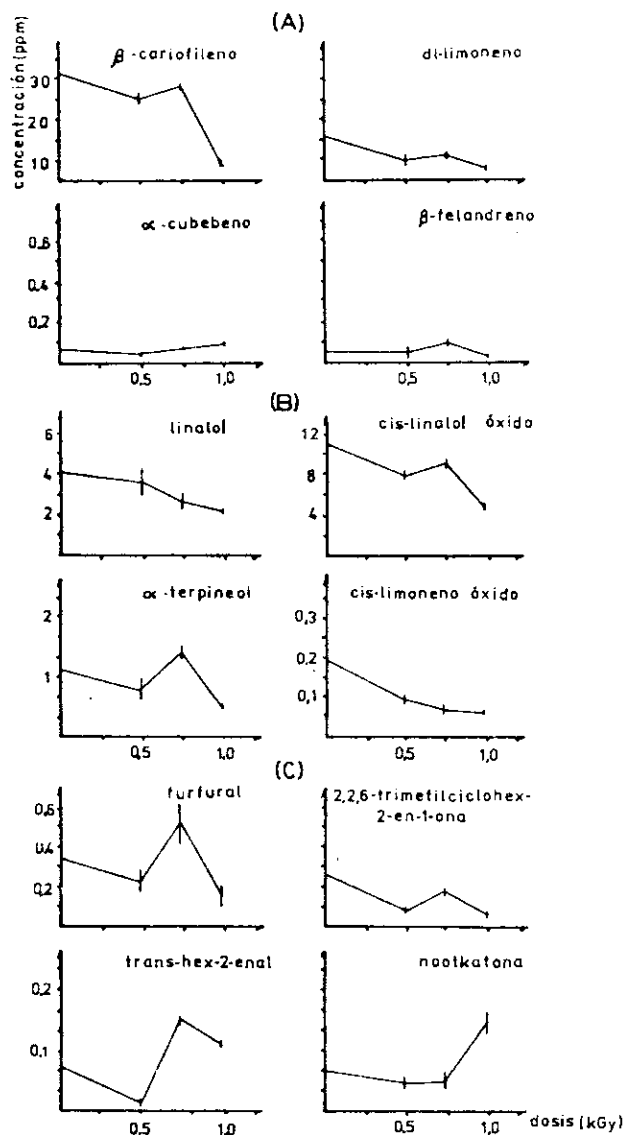


Fig. 3. Curvas experimentales de relación rendimiento-dosis para los componentes volátiles del jugo de toronja extraído de frutas irradiadas con diferentes niveles de dosis. A. Hidrocarburos terpénicos. B. Compuestos oxigenados. C. Compuestos carbonílicos

Mientras que el rendimiento total de PR es importante desde el punto de vista toxicológico, lo decisivo es la formación de PRU. Estos PRU pueden o no ser comunes al alimento no irradiado, pero pueden ser componentes normales de la dieta humana. La extensión en

ultratrazas, la necesidad del empleo de técnicas analíticas para los componentes no volátiles o de baja volatilidad y la existencia de efectos competitivos y protectores en el sustrato conducen al planteamiento de un problema de elevada complejidad, cuya discusión es relativamente extensa y puede encontrarse en otros trabajos ²⁴.

TABLA III
Resultados de la evaluación organoléptica (olor y sabor) del jugo de toronja extraído de frutas irradiadas.

Dosis global promedio (kGy)	Tiempo de almacenamiento* (semanas)	
	0	4
0,30	NS	NS
0,50	NS	NS
0,60	NS	NS
0,75	NS	NS
1,00	p ≤ 0,01	
		NS

*NS no significativo

El ejemplo anterior muestra que, además de la evaluación toxicológica y química del alimento irradiado, es necesaria también la evaluación organoléptica, lo cual resulta decisivo en la aceptación del producto irradiado para el consumo popular.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El análisis de productos radiolíticos volátiles desempeña un papel fundamental en la evaluación de la comestibilidad y de las propiedades organolépticas de los alimentos irradiados. Las investigaciones en este campo deben ser dirigidas hacia:

El análisis cualitativo y cuantitativo de los componentes químicos en ambos sustratos, irradiados y no irradiados, con métodos eficientes que permitan la detección de trazas y ultratrazas en la matriz.

La estimación cualitativa y cuantitativa del rendimiento de productos radiolíticos únicos (PRU), la determinación de la relación rendimiento-dosis y el análisis de su posible influencia en la seguridad para el consumo.

La evaluación organoléptica del alimento irradiado en diferentes niveles de dosis global media absorbida.

BIBLIOGRAFIA

1. Basson R. A., Beyers M. and Thomas A. C. "Food Preservation by Irradiation" Vol. II, 85 IAEA, Vienna, 1978.
2. Basson R. A., Beyers M. and Thomas A. C. *Food Chem.* 4, 131, 1979.
3. Beyers M. and Thomas A. C. *J. Agric. Food Chem.* 27, 49, 1979.
4. Merritt C. Jr. and Vajdi M. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 59, 172, 1982.
5. Merritt C. Jr., Angelini P. and Graham R. A. *J. Agric. Food Chem.* 26, 29, 1978.
6. Vajdi M., Nawar W. W., Merritt C. Jr. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 59, 38, 1982.
7. FAO/IAEA WHO Experts Committee "Wholesomeness of Irradiated Food" WHO Techn. Rep. Ser. No. 659. 1981.
8. FAO/WHO "Foods Standards Programme" CAC/RS 106-1979; CAC/RCP 19-1979.
9. Valovic L. R., Takeguchi C. A., Brunetti A. P., Frattali V., Greear W. B. and Hattan D. G. "Final Report of the Irradiated Food Committee" Bureau of Foods, FDA (USA), July, 1980.
10. Elias P. S. and Cohen A. J. "Radiation Chemistry of Major Food Components" Ed. Elsevier, Amsterdam, 1977.
11. Elias P. S. and Cohen A. J. "Recent Advances in Food Irradiation" Ed. Elsevier, Amsterdam, 1983.
12. Delincee H. "Recent Advances in Radiation of Proteins" Joint FAO/IAEA/WHO, Techn. Rep., IAEA, Vienna, 1980.
13. Draganic I. G. and Draganic Z. D. "Radiation Chemistry of Water" 40, Ed. Academic Press, New York, 1971.
14. Taub I. A. and Eiben K. *J. Chem. Phys.* 49, 2499, 1968.
15. Dorfman L. M., Taub I. A. and Buhler R. E. *J. Chem. Phys.* 36, 3051, 1962.
16. Taub I. A., Angelini P. and Merritt C. Jr. *J. Food Sci.* 41, 942, 1976.
17. Núñez A. J. "Gamma irradiation effects on some physiological, physico-chemical and flavour properties of grapefruit (*Citrus paradisi* Macfadyen, cv Marsh seedless)" TNO Report A.84.081/230925, Zeist The Netherlands. 1984.
18. Simic M. C. "Preservation of Food by Ionizing Radiation" E. S. Josephson y S. Martin (ed), Vol. II, 88, CRC Press Inc., Boca Raton Fla, 1983.
19. Merritt C. Jr. *Rad. Res. Rev.* 3, 353, 1972.
20. Núñez A. J., Maarse M. and Bemelmans J. M. H. *Food Chem.* (en edición).
21. Merritt C. Jr., Angelini P., Wierbicki E. and Shults G. W. *J. Agric. Food Chem.* 23, 1037, 1975.
22. Moshonas M. G. and Shaw P. E. *J. Food Sci.* 47, 958, 1982.
23. Gasco L., Barrera R. and Cruz F. *Int. Fructsaft Union, Techn. Kommun.* No. 8, 257, 1967.
24. Núñez A. J. "Investigations on Trace Organic Volatiles in Low Dose Irradiated Foods by GC/MS" Tesis para optar por el Grado de C. Dr. en Ciencias, Brno, (Checoslovaquia), 1985.

SUSCRIPCION

REVISTA **CENIC** CIENCIAS BIOLOGICAS

SUSCRIPCIONES EN EL TERRITORIO NACIONAL

El precio de la suscripción es de \$7.50 (tres números a \$2.50 el ejemplar) incluidos los gastos de envío por correo certificado.

Se atienden las solicitudes por ejemplares atrasados y separados al precio de \$2.50 el ejemplar.

SUSCRIPCIONES EN EL EXTRANJERO

Precios

América del Norte
US \$22.50

América del Sur
US \$25.50

Europa
US \$30.00

Otros
US \$30.00

La suscripción anual (3 ejemplares) incluye los gastos de envío por correo aéreo certificado.

El pago de la suscripción anual se realizará mediante transferencia bancaria. Para ello, el depósito se hará a favor de la cuenta No. 402-01-61 Banco Financiero Internacional S.A., La Habana, Cuba P/F del Centro Nacional de Investigaciones Científicas.

Bancos y monedas para realizar la transferencia bancaria:

Inglaterra: Cualquier moneda, Havana International Bank LTD; Midland Bank PLC., National Westminster Bank PLC.

Suiza: Francos suizos. Unión de Bancos Suizos.

España: Marcos alemanes. Banco de Bilbao; Banco extranjero de España.

Italia: Corona danesa; marco finés; corona sueca. Banco Nacional de la Agricultura; Dinamarca; Den Danske Bank.

Francia: Francos. Banco Credit Lyonnais.

Austria: Moneda propia. Banco Girozentale Sparkasse.

Suecia: Moneda propia. Pkbanken.

Panamá: Balboas. Banco de Bilbao (Panamá) S.A.

Dirigirse a:

Centro Nacional de Investigaciones Científicas

Revista **CENIC** Ciencias Biológicas

Ave 25 y 158 Cubanacán, Playa, Ciudad de La Habana, Cuba

Favor indicar:

Año, Volumen y Número (s)

Además:

Nombre, Dirección, Ciudad, Provincia, Municipio, País y Zona Postal

CONDICIONES PARA RESERVAR ESPACIO EN LA REVISTA

Todas las firmas interesadas pueden presentar sus anuncios en la revista en las formas siguientes:

Página completa	US\$ 200.00
Media página	US\$ 100.00
Un cuarto de página	US\$ 50.00
Contraportada	US\$ 850.00
Reverso de contraportada	US\$ 500.00
Contraportada	US\$ 2 000.00 anual (3 números)
Reverso de contraportada	US\$ 1 000.00 anual (3 números)

Estamos interesados en establecer intercambio con instituciones similares.

We are interested in establishing exchange relations with similar institutions.