



## DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS TRAZA EN SALSAS PICANTES Y CITRICOS MEDIANTE ANALISIS POR ACTIVACIÓN CON NEUTRONES.

**H.Arriola S.<sup>1</sup>**

F. Monroy G<sup>2</sup>, C.Piña P<sup>1</sup>, M. Cruz P<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Química, Q. Inorgánica y Nuclear, UNAM, Coyoacán 04510, D.F. México

<sup>2</sup>ININ, Km 36.5 Carret.México-Toluca, 52045, México.

### **1. RESUMEN**

Durante la preparación de salsas picantes y jugos de naranja o toronja, los recipientes pueden sufrir un ataque químico por estos alimentos, dada su naturaleza ácida. La cuantificación de este ataque es posible realizarla, determinando la presencia de los elementos constitutivos de los utensilios utilizados durante la preparación de las salsas y jugos. En particular en este trabajo, se presenta el análisis de dos tipos de salsas picantes (roja y verde) cocinadas con sartenes de acero inoxidable, aluminio, hierro y barro, así como de jugos de naranja y toronja extraídos con utensilios de plástico y aluminio. En cada caso se cuantificaron las concentraciones en Al y Fe, mediante el análisis por activación con neutrones. Los resultados muestran que algunos de estos alimentos atacan a los recipientes en donde fueron preparados, en particular las salsas rojas en mayor medida que las verdes.

### **2. INTRODUCCIÓN**

Las salsas picantes son utilizadas ampliamente por la población mexicana, en la preparación de una infinidad de alimentos. Este tipo de salsas son realizadas a base de jitomate, tomate y chile; y son sumamente ácidas, de tal suerte que pueden disolver parte de las superficies de los recipientes en donde fueron cocinadas. Los materiales disueltos, como es el caso de los metales, puede ser entonces ingeridos y absorbidos por el organismo, pudiendo causar trastornos en la salud de los comensales.

Los jugos de naranja y toronja extraídos mediante utensilios metálicos, pueden también disolver estos materiales, como el caso de las salsas picantes mencionadas anteriormente, puesto que también estos líquidos tienen pH ácidos

El Análisis por Activación con Neutrones (AAN) se basa en la irradiación, con un flujo de neutrones térmicos, es decir lentos, de algún tipo de muestra y un blanco de concentración conocida para determinar la composición de sus elementos. El AAN es una técnica analítica muy sensible y útil para realizar un análisis multielemental tanto cuantitativa como cualitativamente. Para algunos elementos y aplicaciones el AAN ofrece sensibilidades que son superiores a las alcanzadas por otros métodos, en el orden de ppb o menores.

Una de las ventajas más importantes que presenta el AAN sobre otras técnicas analíticas es la aplicación de proceso puramente instrumental sin tratamiento químico previo.

### **3. PROCEDIMIENTO**

#### **3.1 SALSAS**

Las salsas rojas y verdes fueron cocinadas en recipientes de aluminio, acero inoxidable, hierro y barro, simulando las condiciones promedio de preparación que se utilizan en México. La salsa roja fue elaborada con 1 Kg de jitomates, 300 g de cebolla, 100 g de chile, 4 dientes de ajo, un manojo de cilantro, una cucharada de sal y media cucharada de aceite. La salsa verde fue preparada de la misma forma que la roja, excepto que se utilizó en este caso 1 Kg de tomate verde. Todos los ingredientes fueron molidos en una licuadora por 5 minutos y cocinados por



aproximadamente 45 minutos. En cada recipiente fueron adicionados aproximadamente 1 Kg de salsa, para su cocción. 100 g de cada salsa, fueron secados en una estufa a 110°C, hasta alcanzar un peso constante. Las muestras pierden entre el 20 y 30 % en peso por humedad. De las salsas secas se tomaron 500 mg de muestra que fueron empacadas en viales de polietileno de alta densidad para ser analizados mediante activación con neutrones, utilizando el método comparativo. De forma que, soluciones estándares de Fe y Al a concentraciones de 0.1 ppm fueron depositadas sobre papel filtro (2x2 cm). El estándar de aluminio fue preparado mediante sulfato de aluminio ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ) y el de hierro con sulfato ferroso de amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4) \cdot 26\text{H}_2\text{O}$ , Merk (AR), más agua destilada. Finalmente los estándares fueron también empacados en viales de polietileno de alta densidad, de iguales características a los utilizados para las muestras de salsa.

### 3.2 JUGOS

Un litro de jugo de naranja y toronja respectivamente fueron obtenidos mediante un extractor de aluminio y uno de plástico. Cada litro fue evaporado a 60 °C por una semana, hasta alcanzar un peso constante. Una vez que los jugos estuvieron secos, 500 mg de muestra fueron empaquetados en viales de polietileno de alta densidad. Los estándares de Al y Fe utilizados en este caso, fueron preparados como se describió anteriormente.

### 3.3 ACTIVACIÓN NEUTRÓNICA

Las determinaciones de Al y Fe fueron realizadas por separado. Primero se determinó el aluminio, de manera que, las muestras fueron encapsuladas en recipientes de polietileno, conteniendo al mismo tiempo un estándar de Al. En este caso, las muestras fueron irradiadas durante 10 segundos, en el sistema neumático del reactor Triga Mark III del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), a un flujo de  $1.6 \times 10^{12}$  n/seg  $\text{cm}^2$ . El Al-28 formado durante la irradiación fue cuantificado en un detector de GeHp conectado a un analizador multicanal de 8 K ACUSPEC acoplado a una PC, por aproximadamente 100 segundos.

Para la determinación de Fe, las muestras fueron nuevamente encapsuladas en un nuevo contenedor de polietileno, acompañadas con un estándar de Fe. En este caso las muestras fueron irradiadas por 2 horas, y cuantificadas por 3600 segundos en el detector de GeHp.

Los fotopicos utilizados para la determinación de Al y Fe fueron el de 1.78 MeV para el Al-28 y los picos 1.099 y 1.29 MeV para el Co-59 formado durante el decaimiento del Fe-59.

Las concentraciones de Al y Fe en las muestras fueron calculadas mediante la ecuación:

$$C_M = \left( \frac{A_M}{A_E} \right) (C_E)$$

donde  $C_M$  es la concentración de Al o Fe en la muestra,  $C_E$  es la concentración de Al o Fe en el estándar, en este caso 0.1 ppm,  $A_M$  es la actividad de Al o Fe en la muestra y  $A_E$  la actividad de Al o Fe en el estándar.

## 4. RESULTADOS

La tabla 1 muestra las reacciones nucleares producidas durante la irradiación de los estándares y las muestras de salsas y cítricos, específicamente para Al y Fe, aun cuando otros elementos fueron identificados cualitativamente, como se muestra en el espectro de la Figura 1.

ISOTOPO NATURAL	REACCIÓN DECAIMIENTO	VIDA MEDIA ISÓTOPO FORMADO	ENERGÍA $\gamma$ KeV
$^{27}\text{Al}$ 100 %	$^{27}\text{Al} (n, \gamma) ^{28}\text{Al} \rightarrow ^{28}\text{Si}$	$^{28}\text{Al}$ 2.24 min	1179
$^{54}\text{Fe}$ 5.8 %	$^{54}\text{Fe} (n, \gamma) ^{55}\text{Fe} \rightarrow ^{55}\text{Mn}$	$^{55}\text{Fe}$ 2.7 años	5.95 Rayos-X
$^{56}\text{Fe}$ 91.8 %	$^{56}\text{Fe} (n, \gamma) ^{57}\text{Fe}$	$^{57}\text{Fe}$ estable	-
$^{57}\text{Fe}$ 2.15 %	$^{57}\text{Fe} (n, \gamma) ^{58}\text{Fe}$	$^{58}\text{Fe}$ estable	-
$^{58}\text{Fe}$ 0.29 %	$^{58}\text{Fe} (n, \gamma) ^{59}\text{Fe} \rightarrow ^{59}\text{Co}$	$^{59}\text{Fe}$ 44 días	1099.2, 1291.6

Tabla 1. Radioisótopos formados para la cuantificación de Al y Fe en salsas y cítricos.

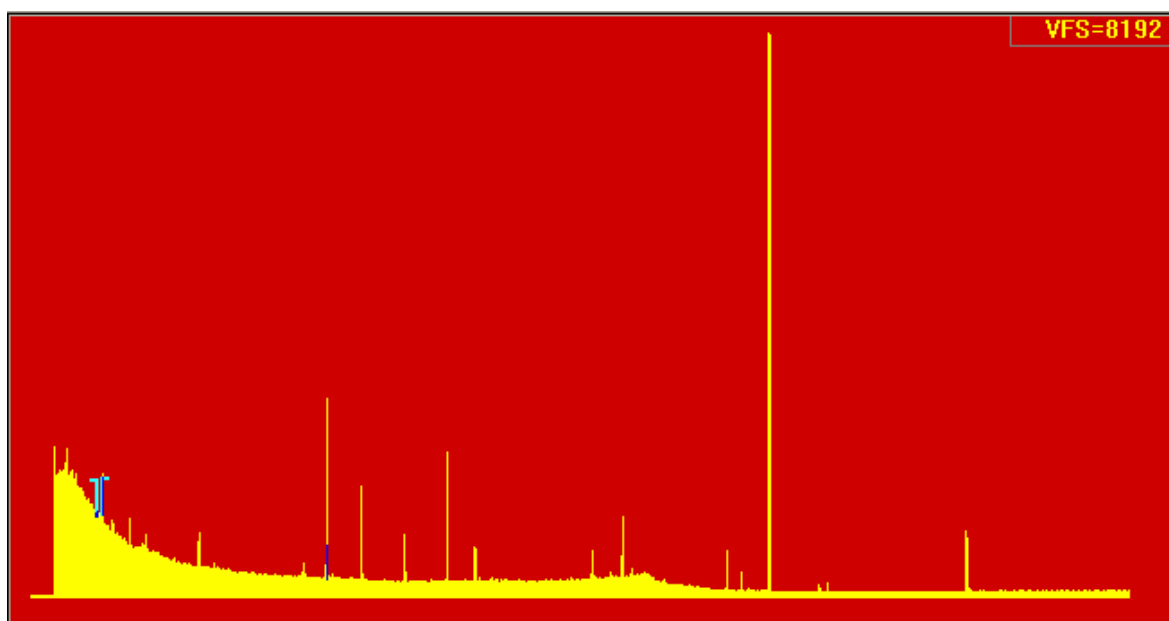


Figura 2. Espectro de la salsa verde con 2 horas de irradiación.



SALSAS	RECIPIENTE	Al ppm	Fe ppm	pH
verde	Acero inoxidable	0.007	0.005	3.74
verde	aluminio	0.024	0.006	3.74
verde	Hierro	0.008	0.581	3.56
verde	barro	0.007	0.012	3.81
roja	Acero inoxidable	0.008	0.078	4.21
roja	aluminio	0.015	0.125	4.18
roja	Hierro	0.08	0.273	4.28
roja	barro	0.006	0.016	3.79
JUGOS	RECIPIENTE	Al ppm	Fe ppm	
naranja	aluminio	0.008	0.0021	3.87
naranja	plástico	0.008	0.0007	3.87
toronja	aluminio	0.008	0.0009	3.01
toronja	plástico	0.008	0.0006	3.01

*Tabla 2. Concentraciones de Al y Fe en salsas y cítricos.*

## 5. CONCLUSIONES

Las concentraciones de hierro y aluminio en los jugos de naranja y toronja no muestran diferencias apreciables, por lo que no existe una disolución de los materiales del extractor utilizado para preparar dichos jugos, esto se debe tal vez a que se producen en forma rápida y a temperatura ambiente. En el caso de las salsas, la acidez del alimento, el tiempo y su cocción causan la disolución de los materiales de los utensilios utilizados durante la preparación de éstas, para las salsas cocidas en la olla de barro se determinó además trazas de Br, Ba y Cd, ésto seguramente proveniente de los materiales usados para darle el terminado vitreado.

## 6. REFERENCIAS

Anderson, D. L., Cunningham, W. C., Capar, S. G., Mackill, P. Nuclear methods for food analysis at the U. S. Food and Drug Administration. *J. Radioanal. Nucl. Chem* 249, 29 – 32, 2001.

Balaji T, Acharya RN, Nair AG, Reddy AV, Rao KS, Naidu GR, Manohar SB. Multielement analysis in cereals and pulses by k0 instrumental neutron activation analysis. *Sci Total Environ.* 253(1-3), 75-9, 2000.

Brosio E. Developments in Food Analysis Techniques, Vol. 3. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 4(8), 1985, Edited by R.D. King, Elsevier Applied Science, 1984.

Dermelj M, Stibilj V, Byrne AR, Benedik L, Slejkovec Z, Jacimovic R. Applicability of neutron activation analysis (NAA) in quantitative determination of some essential and toxic trace elements in food articles. *Z Lebensm Unters Forsch.* 202(6), 447-50, 1996.



Gharib, A. G.; Aminpour, A. A.; Ahmadiar, A. Simulation of Iranian total mixed diets and their analysis for essential and toxic trace elements using nuclear and complementary analytical techniques. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 249(1), 47 – 60, 2001.

Iyengar, G. V. Wolf, W. R. Tanner J. T. and Morris E. R.. Content of minor and trace elements, and organic nutrients in representative mixed total diet composites from the USA. *Sci Total Environ.* 256(2-3) , 215-226, 2000.

Iyengar GV, Kawamura H, Parr RM, Miah FK, Wang JX, Dang HS, Djojsubroto H, Cho SY, Akher P, Natera ES, Nguy MS. Dietary intake of essential minor and trace elements from Asian diets. *Food Nutr Bull.* 23(3 Suppl), 124-128, 2002.

F.J.Ramírez, et. al. "PIN diode-preamplifier set for the measurement of low energy gamma and X-rays. *Nucl. Inst. and Meth. Phy. Res.* A497 (2003), 557-583.