

## ELEMENTOS QUÍMICOS EN ALGUNOS VEGETALES COMESTIBLES

C. E. Rodríguez Pichiling

Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Química e Ingeniería Química  
Instituto de Ciencias Químicas  
Av. Venezuela s/n Lima-Perú

**Abstract :** Qualitative analysis of some peruvian crops used as food are presented here, in order to know the constitutive chemical elements and their composition. Making use of the spectrographic atomic optic emission method, the technique of normal electric arc and carbon electrode. It was possible to detect the so called «macro elements» and «micro element», the last one in amount of trace elements (about 14).

**Key Words:** Spectrographic analysis of vegetables foods.

**Resumen :** Se presenta el análisis cualitativo de algunos alimentos vegetales peruanos, por su contenido en elementos químicos. Empleando el método espectrográfico de emisión atómica óptica y la técnica del arco eléctrico normal con electrodos de carbón se ha logrado detectar los llamados «macro elementos» y los «micro elementos», con estos últimos en la forma de trazas. (cerca de 14 elementos).

**Palabras Clave:** Análisis epectrográficos de alimentos vegetables.

### INTRODUCCIÓN

Muchos de los elementos químicos, tanto metales como no metales se encuentran en pequeñas cantidades como constituyentes en la composición de los alimentos, ya sean de origen animal o vegetal que consumimos y que comúnmente se les denomina «minerales».

Estos elementos químicos o «minerales», llamados también oligo-elementos o elementos-trazas, forman un grupo de microconstituyentes esenciales en la vida de animales y vegetales y entre los que se considera, los llamados macroelementos tal como el calcio, magnesio, fósforo y potasio, por su concentración mayor y los microelementos tal como el hierro, zinc, manganeso, cromo, cobre, yodo, etc., por su bajísima concentración, para los cuales se conoce las funciones vitales que tienen.

De esta manera, los vegetales útiles para la alimentación ya sean frutos, hojas, tallos o raíces, son también las vías de introducción de los elementos minerales en el organismo humano, que como se sabe actualmente,

su presencia es necesaria para mantener el equilibrio de la salud.

Casi los mismos elementos químicos esenciales para las plantas también son para el ser humano, tales como el cromo, cobre, manganeso fluor, molibdeno, zinc, etc., y su importancia para la salud es tal que se expenden fármacos en los que se hace resaltar su contenido en zinc, cobre, manganeso y selenio, por ejemplo.

Tenemos así que algunos elementos químicos son saludables, pero otros son tóxicos, entre estos últimos están: el plomo, mercurio, arsénico, antimonio, cadmio, etc., que causan enfermedades, aún éstas, se pueden producir cuando ocurre el desequilibrio de abundancia o escasos en cualquiera de los elementos esenciales. De ahí la necesidad de conocer que elementos químicos se presentan en los vegetales de consumo en nuestro medio a fin de poder descubrir que elementos tóxicos se han introducido en las plantas, por haber sido desarrolladas en ambientes contaminantes; lo cual constituye la principal motivación para la realización del presente trabajo.

Para lograr esto, el presente estudio hace uso del análisis químico cualitativo, apoyándose en el método espectrográfico de emisión atómica óptica, para conseguir una información directa y rápida y como el más apropiado para los tipos de muestras utilizados, que en su mayoría son productos peruanos.

## EL MÉTODO

Es necesario indicar que el método de emisión atómica óptica fue el primero que sirvió al estudio de los microconstituyentes minerales por ser el más apropiados para determinar y detectar trazas de elementos químicos, tal como se encuentran en los vegetales [1,2]. Por la técnica que se usa, es posible detectar la mayoría de los elementos químicos que se encuentran en los vegetales, sin incluir los gases y algunos no metales como el azufre, bromo, yodo, etc.

Para el análisis experimental la muestra se coloca entre dos electrodos de carbón, en donde sufre los efectos de la alta temperatura provocada por la descarga de un arco eléctrico de corriente continua entre éstos. Así, los elementos químicos de la muestra son liberados y excitados, dando lugar a la emisión de radiación, que luego de ser dispersada y registrada por el equipo instrumental, se obtiene un registro fotográfico que contiene el espectro de líneas o atómico de cada uno de los elementos que contiene la muestra.

En el análisis, es la interpretación del espectro obtenido, el que conduce a la información requerida. Esto se hace por la técnica usual de comparación entre el espectro muestra y un espectro patrón que contiene la posición de las líneas de análisis de por lo menos 50 elementos químicos, referidos al espectro del hierro de alta pureza, que sirve como referencia en ambos espectros.

De esta manera, es posible identificar simultáneamente la presencia de los diferentes elementos químicos en la muestra y apreciar su concentración según su sensibilidad.

## PARTE EXPERIMENTAL

El presente trabajo se realizó en el Laboratorio de Análisis por Instrumentación de la facultad de Química e Ingeniería Química, UNMSM, que ha brindado las facilidades disponibles.

## Equipo Instrumental

Se ha empleado el espectrógrafo de emisión atómica óptica tipo Ebert, de Jarrel Ash Co. USA, que comprenden las unidades: de excitación, de dispersión y registro, del comparador de espectros, se ha trabajado en un rango espectral de 2400 a 4600 Å.

La unidad de excitación, trabaja con un arco eléctrico normal de corriente continua de 10 amperios. El arco se produce entre dos electrodos de carbón de pureza espectroscópica separados 3 mm y uno de ellos con un crater de 3 mm de profundidad y 5 mm de diámetro que sirve para colocar la muestra.

Para el registro se usó película Kodak Tri x 400, blanco y negro, que ha respondido bien las exigencias de uso. El tiempo de exposición ha sido de 10 segundos para cada muestra y la rendija de 10 micrometros de ancho junto con la rejilla de Hartman con ventanas de 2 mm de alto. Para el procesamiento fotográfico se ha usado soluciones para el revelador y fijador comerciales (sin formulación), con tiempos de procesamiento recomendados para la película mencionada.

Para la calcinación de las muestras se han empleado crisoles de porcelana y una mufla

## MUESTRAS

Las muestras analizadas comprende un conjunto de vegetales que sirven como alimento en nuestro medio, principalmente son granos y algunas raíces, que se expenden en los mercados y que pueden ser de distintas partes del país, ya sea norte, centro o sur, las cuales se designan por su nombre común:

**Habas** . Material de grano grande, semi-plano ovalado, con cáscara color verde, seco y duro. Se retiró la cáscara y se molió. Procede del norte.

**Frejol amarillo** («Canario») grano regular, poco alargado, con cáscara de color amarillo, seco y duro. Se molió con cáscara. Procede del Sur.

**Trigo pelado**. Material de grano pequeño duro y seco, del norte del país. Proviene del trigo nacional, que artesanalmente sufre un tratamiento de lavado con una solución acuosa alcalina hecha con cenizas, que remueve la cáscara.

Tabla I. ANALISIS ESPECTROGRAFICO CUALITATIVO

C	<sup>(0)</sup> MUESTRAS : CENIZAS				
	HABAS	FRÉJOL CANARIO	TRIGO PELADO	FRÉJOL CASTILLA	GARBANZOS
M A Y O R	Potasio Magnesio -----	Potasio ----- -----	Potasio Magnesio Sodio	Calcio ----- -----	Potasio Sodio -----
M E N O R	Calcio Sodio Fósforo -----	Calcio Sodio Magnesio Fósforo	Calcio Fósforo ----- -----	Potasio Magnesio Fósforo -----	Calcio Magnesio Fósforo -----
T R A Z A S	Plata Aluminio Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Niquel Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc -----	Plata Aluminio Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc ----- -----	Plata Aluminio Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc ----- -----	Plata Aluminio Bario Boro Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Sodio Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc	Plata Aluminio Boro Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc -----

C. : Constituyentes .

<sup>(0)</sup> : Las muestras también se conocen como [6] :

HABAS : Vicia faba  
 FREJOL : Phaseolus vulgaris  
 TRIGO : Triticum sativum  
 GARBANZO : Cicer brietinum

Tabla II. ANALISIS ESPECTROGRAFICO CUALITATIVO

C	<sup>(0)</sup> MUESTRAS : CENIZAS				
	QUINUA	KIWICHA	MAIZ BLANCO	CHUÑO	ARROZ
M A Y O R	Calcio Potasio Magnesio	Calcio Potasio -----	Potasio ----- -----	Calcio Magnesio -----	Magnesio ----- -----
M E N O R	Sodio Fósforo ----- ----- -----	Magnesio Sodio Fósforo ----- -----	Calcio Magnesio Sodio Fósforo -----	Potasio Sodio Fósforo Hierro Manganeso	Calcio Potasio Sodio Fósforo Manganeso
T R A Z A S	Plata Aluminio Boro Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Niquel Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc	Plata Aluminio Boro Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc -----	Plata Aluminio Boro Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc -----	Plata Aluminio Boro Bario Cromo Cobre Molibdeno Niquel Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc ----- -----	Plata Aluminio Boro Bario Cromo Cobre Hierro Molibdeno Niquel Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc -----

C : Constituyentes

<sup>(0)</sup> : Las muestras también se conocen como [6] :

QUINUA : Chenopodium quinoa  
 KIWICHA : Amaranthus caudatus  
 MAÍZ : Zea maíz  
 CHUÑO (papa) : Solanum tuberosum  
 ARROZ : Oriza sativa

Tabla III. ANALISIS ESPECTROGRAFICO CUALITATIVO

C	<sup>(0)</sup> MUESTRAS : CENIZAS				
	LENTEJA	ARVEJA	PALLAR	MACA	TRIGO (HARINA)
MAYOR	----- ----- -----	Potasio ----- -----	Calcio Potasio Sodio	----- ----- -----	----- ----- -----
MEJOR	Calcio Potasio Magnesio Sodio	Calcio Magnesio Sodio Fósforo	Magnesio ----- ----- -----	Calcio Potasio Magnesio Sodio	Calcio Magnesio Fósforo -----
TARAZAS	Plata Aluminio Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Niquel Fósforo Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc	Plata Boro Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Molibdeno Niquel Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc -----	Aluminio Bario Cobre Hierro Manganeso Fósforo Estroncio Titanio Vanadio Zinc ----- ----- ----- -----	Aluminio Bario Cromo Cobre Hierro Manganeso Fósforo Silicio Estroncio Titanio Vanadio Zinc ----- ----- ----- -----	Aluminio Bario Cobre Hierro Potasio Manganeso Sodio Silicio Titanio Vanadio Zinc ----- ----- ----- -----

C : Constituyentes

<sup>(0)</sup> : Las muestras también se conocen como [6] :

LENTEJA : Lens esculenta  
 ARVEJA : Pisum sativum  
 PALLAR : Phaseolus lunatus  
 MACA : Lepidium meyenii  
 TRIGO : Triticum sativum

**Fréjol Castilla.** Grano de tamaño regular, casi blanco seco y duro, que se molió con cáscara. Procedente del norte.

**Garbanzos.** Grano grande, seco y duro, que se molió con cáscara. Procedente del sur del país.

**Lentejas.** Grano pequeño lenticular, seco y duro, que se molió con cáscara, resultando un polvo rosado. Procedente del norte del país.

**Quinua.** Grano pequeño que ha sido lavado, de color blanco, seco y semi-duro, se molió fácilmente. Procedente del sur del país.

**Kiwicha.** Grano muy pequeño, de color marrón claro, seco no muy duro. Procedente del norte del país. Se molió.

**Maíz blanco.** Grano de tamaño regular, color blanco, seco semi-duro, que se expande para ser tostado. Se molió con cáscara. Procedente del centro del país.

**Chuño.** Es un producto comercial derivado de la papa; ésta, para su conservación es congelada y secada al ambiente, en las serranías. Es blanda, se retiró la cáscara y se molió, se obtuvo una harina blanca. Procedente del centro del país.

**Arroz.** Es de grano alargado, tamaño regular, blanco, seco semiduro, limpio. Se molió fácilmente. Procedente del norte del país.

**Arveja.** Grano partido, sin cáscara, seco, duro de color verde, limpio; molido es un polvo verde. Es importada.

**Pallares.** grano grande semi-plano alargado, de color blanco, seco y duro, se molió con cáscara. Procedente del sur del país.

**Maca.** Es la raíz comestible de la planta del mismo nombre, del tamaño de una papa pequeña, seca y muy dura. La muestra se obtuvo en partículas de aproximadamente 1 mm de tamaño

**Harina de Trigo.** Tal como se expende, es un polvo blanco, que se usó directamente. Procede trigo importado.

Asegurando una operación pulcra y evitando evitando la contaminación, las muestras se han usado tal como se expenden en los mercados, sólo se han sometidos a las operaciones de molienda y de calcinación para tenerlas en forma de cenizas. La molienda se realizó manualmente en un mortero de mullita, que como el de ágata es apropiado para muestras duras y sobre todo hace menos probable la introducción de impurezas. La calcinación se hizo empleando crisoles de porcelana, con alrededor de un grano de muestra sólida, secada y luego a la mufla a una temperatura de 450°C, por 2.5 horas.

### Procedimiento

Según la técnica empleada, las muestras sólidas y pulverizadas, se colocaron directamente en un cráter especial hecho en el electrodo de carbón de polaridad positiva (inferior). Luego del alineamiento de los electrodos en la posición correcta en el instrumento se procedió al encendido del arco y al registro, después de haber fijado los parámetros instrumentales necesarios.

Para registrar la presencia de elementos químicos muy volátiles, que podrían perderse en la calcinación, se ha ensayado dos modalidades: el registro de la muestra no-calcinada, «cruda» y el registro de la muestra calcinada, es decir la ceniza. Sin embargo debido a la dificultad del encendido del arco, por la humedad y escasa conducción de la muestra fue necesario calentarlas previamente. En ambos casos, la muestra era cargada en el electrodo y luego calentada en una cocinilla eléctrica a más o menos 100°C e inmediatamente sometida a la exposición y registro. Esto facilitó el encendido del arco. El procesamiento fotográfico que sigue en el procedimiento permite obtener el registro definitivo de los espectros que sirven al análisis.

### Resultados y Discusión

Los resultados se dan en las **Tablas I, II y III**, que muestran los elementos químicos hallados, que se aprecian como constituyentes mayor, menor y trazas, para designar las concentraciones posibles de acuerdo a la sensibilidad e intensidad de las líneas espectrales que identifican a cada elemento y a los alcances de la técnica empleada.

Estos resultados se basan principalmente en los análisis de las cenizas que permiten detectar el mayor número de elementos. Las muestras «crudas» registran pocos elementos principalmente indican la presencia de magnesio, calcio, potasio y fósforo y otros como el cobre, aluminio, hierro, etc. En cambio en las muestras calcinadas (cenizas) los elementos se ha concentrado debido a la pérdida de la materia orgánica, que en general llega hasta el 95%, en la composición de la muestra seca. No se detectó los elementos tóxicos en ninguno de los dos ensayos.

Como se puede observar, la mayoría de los elementos químicos se encuentran en el rango de las trazas (menos de 0.010%) que concuerdan con los datos encontrados en el estudio de los micro elementos en las plantas [1, 3].

Así por ejemplo: ppm, partes por millón en materia seca.

**Maíz** : Manganeso 10-20 ppm; Zinc 10-50 ppm; Boro 10-30 ppm; Molibdeno 0.2-0.5 ppm; Cobre 3-6 ppm.

**Patata** : Manganeso 4-10 ppm; Zinc 8-16 ppm; Boro 8-15 ppm; Molibdeno 0.2-0.4 ppm; Cobre 5.8 ppm.

Varios ensayos permitieron confirmar la presencia de los elementos hallados, que quizás no son todos los que contiene la muestra debido a que algunos pueden no ser detectados ya sea por las limitaciones de la técnica; por su bajísima concentración o porque la naturaleza de la muestra ha influenciado en el comportamiento de los elementos químicos para la generación de su espectro.

## Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que:

1. Los alimentos vegetales estudiados contienen varios elementos químicos (minerales) en su composición, siendo los más frecuentes el calcio, potasio, fósforo, hierro, etc., los cuales pueden variar en su concentración.

2. La mayoría de estos elementos se encuentran en la forma de trazas y que incluye a varios elementos reconocidos por su participación en el mantenimiento de la salud, tales como el hierro, cromo, cobre manganeso, etc.

3. Los elementos conocidos como tóxicos no han sido detectados pero no se descarta que podrían estar presentes a concentraciones muy bajas.

## Bibliografía

- [1] R.L. Mitchell. The Spectrographic Analysis of Soils, Plants and Related Materials.- Commonwealth Bureau of Soils Science. 1948. England.
- [2] Brode Wallace. Chemical Spectroscopy. John Wiley Co. USA.
- [3] Alonso Dominguez Vivanco. Microelementos en Agricultura. Ed. Mundi-Prensa, Madrid, España. 1986.
- [4] B.A. Yagodin, P. Smirnov, A. Peterburgski. Agroquímica I. Ed. Mir. Moscú, 1986.
- [5] E. Bejarano, M. Bravo A., Tabla de Composición de Alimentos Industrializados. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición. Lima-Perú.
- [6] Ritva-Repo Carrasco. Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y Granos Andinos. Lima - Perú. 1997. U. Agraria.