

CUANTIFICACIÓN DE HIERRO EN UN ALIMENTO

FUNDAMENTACIÓN:

Los minerales

Muchas de las sustancias químicas de los alimentos son orgánicas, pero también existen sustancias inorgánicas indispensables para el sustento de la vida. Estas sustancias inorgánicas se denominan minerales, son nutrientes de nuestra dieta y corresponden al 4 % de nuestra masa corporal.

Los minerales tienen diferentes funciones en nuestro organismo, por ejemplo:

- forman parte de las moléculas importantes del cuerpo (ejemplo: el fósforo en ADN y ARN, el hierro en hemoglobina),
- ayudan a las enzimas a hacer su trabajo (ejemplo: la enzima glutatión peroxidasa es selenio dependiente) y
- son reguladores de las funciones vitales (ejemplo: la glándula tiroides necesita pequeña cantidad de yodo para funcionar correctamente, el zinc es necesario para la producción de insulina).

Los minerales en la dieta se requieren solo en pequeñas cantidades puesto que el cuerpo los usa eficientemente reciclándolos mediante reacciones químicas. Se llaman minerales esenciales a aquellos que son indispensables para la vida y debemos ingerirlos a través de la dieta.

Estos se dividen en dos categorías:

- macrominerales (nuestro cuerpo contiene al menos entre 80 mg y 100 mg por kg de masa corporal, 5 o 6 gramos totales para una persona de 60 kg)
- microminerales (están presentes en cantidades menores a 5 g en un adulto promedio).

Los microminerales son tan importantes como los macrominerales, cualquiera de ellos que se encuentre en cantidad insuficiente en nuestra alimentación puede convertirse en un factor limitante (reactivo limitante) causando importantes problemas de salud. De la clasificación anterior se excluyen el carbono, el oxígeno, el hidrógeno y el nitrógeno porque son muy abundantes en los sistemas vivos y en el entorno.

Hierro un mineral importante en nuestra nutrición

El elemento hierro cumple diversas funciones biológicas en el ser humano, principalmente transportar y almacenar el dióxígeno mediante la hemoglobina y la mioglobina, además actúa como cofactor de varias enzimas.

El hierro está presente en los alimentos de dos formas:

- **Hierro hemo** presente en la carne vacuna, pollo, pescado, etc.
- **Hierro inorgánico** que se encuentra en los granos, legumbres, vegetales en general, especialmente los de hojas verdes.

El Fe hemo tiene mayor biodisponibilidad (20 al 30 %) que el Fe inorgánico (2 a 10 %) y ambos dependen de la presencia de inhibidores de la absorción (fitatos, polifenoles, calcio, fosfatos, etc.) y de los promotores de la absorción (vitamina C, ácido cítrico, etc.). Si bien el hierro se encuentra en dos estados de oxidación, ion ferroso (Fe^{2+}) e ion férrico (Fe^{3+}), la mucosa gastrointestinal absorbe el ion ferroso, pero aunque se ingiera como Fe^{3+} pasa a Fe^{2+} en presencia del ácido estomacal.

Incorporar hierro en nuestra dieta es indispensable por lo que debemos consumir alimentos que lo contengan como carnes, verduras de hojas verdes, granos enteros, entre otros.

Una estrategia para evitar la deficiencia de hierro por dietas inadecuadas es fortificar o agregar hierro a los alimentos. En nuestro país hay en el mercado varios alimentos fortificados como leche, harina y cereales. Una forma de fortificar un alimento es agregar un compuesto que contenga hierro como el fosfato férrico, o el sulfato ferroso que se disuelve en el ácido clorhídrico del estómago. Otra manera es agregar al alimento hierro metálico en polvo, esto se usa para fortificar cereales.

Información sobre el mineral hierro

Fuentes	hígado, granos enteros, legumbres, vegetales de hojas verdes, carne
Requerimiento diario promedio	15 mg
Principales funciones	formación de hemoglobina, actúa como cofactor de enzimas
Consecuencia de la deficiencia	anemia, cansancio y apatía

Determinación de hierro en muestras

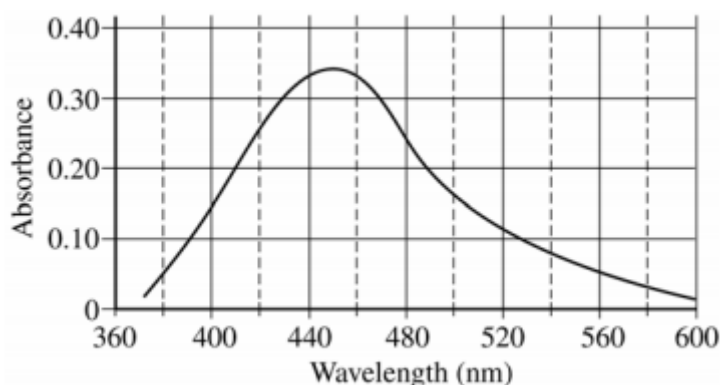
Esta experiencia de laboratorio se basa en un ensayo muy sensible a la presencia del ion hierro (III) (Fe^{3+}) en solución. Al calcinar el alimento se elimina la materia orgánica y todo el hierro se convierte por oxidación en Fe^{3+} . El ion tiocianato (SCN^-) reacciona con el ion hierro (III) (Fe^{3+}) en medio ácido, formando el ion tiocianato de hierro (III) que se caracteriza por el **color rojo intenso** o rosa si la concentración de hierro es pequeña.

A continuación se representa la reacción principal en las concentraciones de trabajo:



En realidad se forma un complejo denominado tiocianopentaacuoferro (III) $[\text{FeSCN}(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$, pero se ha simplificado la representación para el trabajo en el curso de Química de Bachillerato.

A continuación se incluye el barrido espectral de tiocianato de hierro (III) con el que es posible determinar la longitud de trabajo a emplear en la actividad.



1. OBJETIVOS

- Construir una curva de calibración a partir de una solución stock de hierro.
- Dosificar hierro en un alimento por medio de un método colorimétrico.

2. MATERIALES Y EQUIPOS

- Material de vidrio de uso general: cuentagotas, vaso de Bohemia de 100 mL, vidrios reloj, matraz Erlenmeyer de 100 mL.
- Material volumétrico de vidrio: matraces aforados de 100,00 mL y 50,00 mL, pipeta aforada de 10,00 mL y bureta de 10,00 mL.
- Plancha calefactora.
- Crisoles o cápsulas.
- Mortero.
- Balanza.
- Equipo para colorimetría:
 - Espectrofotómetro capaz de operar a 460 nm con celdas de vidrio o de plástico con un paso óptico de 1 cm.
 - Fotocolorímetro con filtro en el entorno de los 460 nm (color verde) con celdas de vidrio o de plástico con un paso óptico de 1 cm.

3. PROCEDIMIENTO

3.1. Muestreo, preparación de la muestra y destrucción de materia orgánica

Seleccionar una muestra representativa del alimento, por ejemplo lentejas.

Moler la muestra.

Destrucción de materia orgánica por vía seca

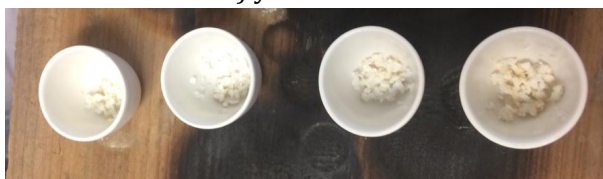
Para el análisis inorgánico de las muestras biológicas, como tejidos animales, vegetales, u orgánicos, o de suelos, en primer lugar se elimina la materia orgánica convirtiéndola en compuestos volátiles. Las

técnicas que se aplican para tal fin se clasifican según sean por vía seca (combustión o calcinación) o por vía húmeda.

En un crisol o cápsula se somete la muestra a altas temperaturas en una mufla. El dióxigeno del aire que actúa como agente oxidante permite que se queme la materia orgánica, dejando en el crisol o cápsula el residuo inorgánico.

Pasos a seguir para la destrucción de materia orgánica en lentejas

- Medir la masa de cada cápsula o crisol vacío y anotar el dato.
- Colocar la masa previamente calculada de la muestra de harina de lenteja en cada cápsula o crisol que se emplea (aproximadamente unos 5 g).
- Replicar con varias muestras.
- Calcinar cada réplica antes de colocarla en la mufla utilizando mechero Bunsen o plancha calefactora.
- Colocar cada muestra en la mufla a 550 °C hasta lograr que toda la materia orgánica se destruya (se observan cenizas blancas) y la masa sea constante.



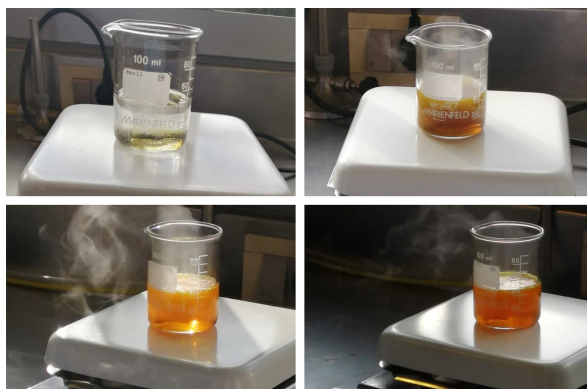
Muestras luego de realizar la calcinación en la mufla.

Si no se dispone de mufla, se puede calcinar el alimento utilizando una plancha durante varias horas hasta obtener cenizas de color blanco y masa constante. Se sugiere que esta parte la realice el docente o el ayudante preparador previamente a la realización del trabajo práctico.

3.2. Preparación de las soluciones

Preparar las siguientes soluciones:

- HCl Solución de ácido clorhídrico (1:3): Preparar 80 mL colocando 20 mL de ácido clorhídrico concentrado en 60 mL de agua destilada, obteniéndose una solución de concentración aproximada.
- KSCN Solución de tiocianato de potasio al 20 % m/V de concentración aproximada (se puede emplear otra sal que contenga el anión tiocianato si no se dispone de esta, por ejemplo tiocianato de amonio o de sodio).
- H₂O₂ Solución de peróxido de hidrógeno 10 volúmenes (esta solución se emplea con la finalidad de transformar el catión ferroso que pueda estar presente en férrico).
- Solución estándar de hierro (III) 0,500 g/L de concentración exacta: Colocar una masa exacta de 0,250 g de hierro puro (limaduras de hierro) en 40 mL de HCl (1:3), seguidamente añadir 1 mL de HNO₃ concentrado, hervir hasta que ya no se observen restos de las limaduras de hierro, dejar enfriar, transferir cuantitativamente a un matraz aforado de 500,00 mL y añadir agua destilada hasta enrasar. Luego diluir al décimo dicha solución.



Digestión ácida del hierro metálico.

3.3. Puesta a punto del fotocolorímetro o del espectrofotómetro

Encender el instrumento (se recomienda encenderlo 15 minutos antes de realizar mediciones). Seleccionar la longitud de onda de trabajo $\lambda = 460 \text{ nm}$ o seleccionar el filtro correspondiente. Verificar que mida absorbancia.

3.4. Curva de calibración de solución stock de hierro (III)

Preparar las soluciones patrón para la curva de calibración. Utilizar matraces aforados de 25,00 mL y colocar en cada uno: 0 (blanco); 1,00; 2,00; 3,00; 4,00 y 5,00 mL de la solución estándar de hierro (III) diluida (0,050 g/L) empleando una bureta de 10,00 mL. Seguidamente, añadir 1 mL de solución de HCl (1:3), 1 mL de solución de tiocianato de potasio al 20 % (m/V), en ambos casos emplear una pipeta graduada y añadir agua destilada hasta enrasar en cada matraz.

Medir la absorbancia de cada solución patrón por duplicado. Registrar los valores en la tabla de datos.



Desarrollo de color y medición de absorbancia usando un fotocolorímetro.

3.5. Preparación de la solución problema

Preparar la solución problema a partir de las cenizas obtenidas empleando un matraz aforado de 25,00 mL y añadiendo 1 mL de solución de ácido clorhídrico - HCl (1:3), tres gotas de peróxido de hidrógeno 10 volúmenes y 1 mL de solución al 20 % (m/V) de tiocianato de potasio. Completar con agua destilada y enrasar.

Medir la absorbancia de la solución problema por duplicado y registrar los valores.

Completar la siguiente tabla con los datos anteriores:

Solución	C catión férrico (g/L)	A
Blanco		
1		
2		
3		
4		
5		
Problema		

4. TRATAMIENTO DE DATOS

Graficar la concentración de catión férrico para cada solución (expresada en g/L) contra la absorbancia en un diagrama de dispersión y encontrar la ecuación de la recta de mejor ajuste a la serie de datos experimentales mediante el método de mínimos cuadrados, así como el valor del coeficiente de correlación R^2 .

A partir de la absorbancia obtenida para la muestra problema interpolar en la ecuación anterior para obtener la concentración de catión férrico (expresada en g/L), y a partir de ella calcular la concentración de hierro por cada 100 g de lentejas o del alimento que se haya utilizado.

Bibliografía consultada:

- Britos, R., Moreno, G. y Otte, A (2016). *Prácticas contextualizadas aplicadas al curso de 1º de Bachillerato para profesores y ayudantes preparadores de Química*. CC BY-SA 4.0. Recuperado de: <https://uruguayeduca.anep.edu.uy/recursos-educativos/258>
- Pérez Almiñana, V. (2014). *Muestreo y preparación de la muestra*. Madrid, España: Síntesis.
- *Práctica 3. Determinación del contenido total de hierro en vino blanco. 1º Grado en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Análisis Químico*. Recuperado de: <https://www.um.es/documents/4874468/11839710/practica3-guion-de-la-practica.doc/b514304c-8ac3-468d-b81f-a7e58072d259>

Imágenes:

- Tomadas por Eliana Puppo, estudiante de 2ª BG en 2020 - Escuela Técnica de Pando.
- Barrido espectral: The College Board. (2006). AP® CHEMISTRY 2006 SCORING GUIDELINES (Form B). Question 5. https://secure-media.collegeboard.org/apc/ap06_chemistry_formB_samples_q5.pdf