

Remoción de hierro con almidón de maíz

Iron removal with corn starch

JAIRO ALBERTO ROMERO ROJAS¹ - ANA MILENA GÓMEZ SÁNCHEZ²

1. Ingeniero civil. MEEE. Profesor titular de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

2. Ingeniera civil de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

jairo.romero@escuelaing.edu.co - milenagomez8911@hotmail.com

Recibido: 15/04/2013 Aceptado: 30/04/2013

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

Resumen

La coagulación química del agua se basa en el empleo de sales de hierro y aluminio, como el cloruro férrico y el alumbre, para proveer la remoción de los contaminantes del agua cruda. El uso de coagulantes naturales ofrece una manera sencilla y probablemente menos costosa de realizar el mismo propósito. En este artículo se describe la aplicación del almidón de maíz para remoción de hierro en el agua. La coagulación con almidón de maíz permitió obtener 99 % de remoción de hierro⁽¹⁾.

Palabras claves: coagulación, coagulantes naturales, remoción de hierro, almidón de maíz.

Abstract

The chemical coagulation of water is based on the use of iron salts, aluminium and ferric chloride as an alum to remove contaminants from unfiltered water. The use of natural coagulants offers a simple way and probably less costly one of achieving the same result. This article describes the application of corn starch for the removal of iron in water. Coagulation with corn starch allows 99% of iron removal⁽¹⁾.

Keywords: coagulation, natural coagulants, iron removal, corn starch.

INTRODUCCIÓN

La remoción de hierro en plantas de agua potable puede hacerse mediante coagulación, floculación, sedimentación y filtración. La escogencia del coagulante debe hacerse mediante estudio de tratamiento con ensayos de jarras en laboratorio o en planta piloto. En aguas con alto contenido de hierro, es factible su remoción mediante coagulación con cloruro férrico⁽²⁾.

Los coagulantes usados para la clarificación del agua son de tipo inorgánico, lo cual acarrea desventajas tanto ambientales como económicas, ya que los lodos generados en la etapa de sedimentación están constituidos por sustancias inorgánicas que pueden alterar los procesos naturales presentes en las fuentes de aguas a las cuales se vierten.

Desde el punto de vista económico, los coagulantes inorgánicos son más costosos, pues en su proceso de fabricación se consumen energía y materia, lo que se traduce en costos de producción, además de que se generan residuos que contaminan el medio ambiente.

Los coagulantes naturales, como el almidón de maíz, constituyen una alternativa atractiva de tratamiento por su bajo costo y porque no tienen ninguna repercusión en la salud del ser humano⁽³⁾. Sin embargo, estos coagulantes no se usan a escala mayor o en plantas potabilizadoras para poblaciones grandes, sino que se aplican en acueductos pequeños o se emplean como elementos de investigación de universidades.

ALMIDÓN DE MAÍZ

El almidón, comparado con otros carbohidratos, es un producto relativamente heterogéneo. Es un carbohidrato altamente polimerizado, cuyo monómero está representado por la glucosa. El principal problema de la química del almidón ha sido la determinación de la naturaleza y del número de uniones entre las unidades constituidas por los monómeros, así como de su distribución en la estructura del almidón. Se conoce que el almidón está constituido por dos componentes principales que representan propiedades bastante diferentes: la amilosa y la amilopectina⁽⁴⁾. En realidad, cada una de estas fracciones tiene subfracciones con propiedades específicas, haciendo difícil la definición exacta de los dos componentes. Varios investigadores desarrollaron métodos para lograr el fraccionamiento del almidón y

presentaron definiciones para la amilosa y la amilopectina fundamentadas en sus propios métodos^(4,5).

El simple tratamiento del almidón con agua caliente permite la extracción de una sustancia soluble, la amilosa, y una insoluble, la amilopectina⁽⁴⁾. Gatin-Gruzenwska consiguió separar las dos fracciones al tratar el almidón de papa con solución alcalina diluida, seguida por neutralización y sedimentación. En este caso, la amilosa sería la parte soluble y la amilopectina el residuo sedimentado⁽⁵⁾. Además de la amilosa y de la amilopectina, forman parte de la composición del almidón muchos otros productos, en porcentajes significativamente menores. Cuando se realiza la hidrólisis del almidón, se pueden encontrar pequeñas cantidades de residuos diferentes de los carbohidratos. Estos residuos son iones inorgánicos, ácidos grasos, lípidos y materiales nitrogenados, posiblemente originados en proteínas.

MUESTREO

Las muestras de agua cruda se tomaron del manantial de la finca La Margarita, ubicada a 1 km de La Vega (Cundinamarca), y transportadas al laboratorio en garrafas de cinco galones cada una (figura 1). Las muestras se almacenaron y analizaron de acuerdo con los métodos estándar⁽⁶⁾.



Figura 1. Manantial y toma de muestra.

RESULTADOS

Agua cruda

En el cuadro 1 se muestran los resultados del ensayo físico-químico realizado al agua cruda y se compara su calidad con la norma colombiana para agua potable⁽⁷⁾.

Cuadro 1
Caracterización del agua cruda

| Parámetro | Unidad | Valores máximos aceptables Resolución 2115 | Valor medido | Cumple/No cumple |
|---------------------|------------------------|--|--------------|------------------|
| Acidez | mg/L-CaCO ₃ | - | 28 | NA |
| Alcalinidad | mg/L-CaCO ₃ | 200 | 15 | Cumple |
| Calcio | mg/L-Ca | 60 | 22 | Cumple |
| Color aparente | UPC | 15 | 270 | No cumple |
| Color verdadero | UPC | - | 40 | - |
| Conductividad | μS/cm | 1000 | 66,3 | Cumple |
| Dureza total | mg/L-CaCO ₃ | 300 | 46 | Cumple |
| Hierro total | mg/L-Fe | 0,3 | 8,03 | No cumple |
| Magnesio | mg/L-Mg | 36 | 24 | Cumple |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L-N | - | 0,3 | NA |
| pH | Unidades | 6,5 - 9,0 | 5,7 | No cumple |
| Turbiedad | UNT | 2 | 209 | No cumple |

El agua cruda se caracteriza por su gran contenido de hierro, 8,03 mg/L- Fe, color de 270 UPtCo, turbiedad de 209 UNT, pH de 5,7, parámetros que no satisfacen la norma colombiana para agua potable (cuadro 1). Además, el agua cruda es un agua de turbiedad alta (>100 UNT) y baja alcalinidad (<50 mg/L), lo que incide en su condición de agua difícil de coagular⁽⁸⁾.

Ensayos de jarras

Para los ensayos de jarras se utilizaron jarras de 1 L, soluciones de cloruro férrico y cal en concentraciones de 10 g/L y de almidón de maíz con una concentración de 20 g/L. La mezcla rápida se hizo a 270 r.p.m., gradiente de velocidad de 746 s⁻¹, durante un minuto; y la mezcla lenta a 60 r.p.m., gradiente de velocidad de 78 s⁻¹, durante quince minutos. El agua coagulada se dejó sedimentar durante quince minutos y se filtró por columna de arena.

Se realizaron catorce series de ensayos de jarras⁽¹⁾, con almidón de maíz, con almidón de maíz y cal, con almidón de maíz y soda cáustica y con cloruro férrico y cal. Los mejores resultados se obtuvieron con almidón de maíz y con cloruro férrico y cal (cuadro 2).

El almidón de maíz en dosis de 200 mg/L y el cloruro férrico combinado con cal en dosis de 8,3 y 8 mg/L, respectivamente, permiten obtener color en el agua tratada que cumple la norma de agua potable, con una eficiencia de remoción del 98 % (cuadro 2).

Cuadro 2
Resultados finales de los ensayos de jarras

| Calidad del agua cruda | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------|-----|
| Turbiedad | | 209 UNT | |
| Color | | 270 UPtCo | |
| Alcalinidad | | 15 mg/L | |
| pH | | 4,8 | |
| Conductancia | | 66 μS/cm | |
| Hierro total | | 8,03 mg/L | |
| Condición de cada jarra | | 1 | 2 |
| Compuesto, mg/L | Almidón de maíz | 200 | - |
| | Cloruro férrico | - | 8,3 |
| | Cal | - | 8 |
| Calidad del agua filtrada | Turbiedad, UNT | 1,4 | 0,8 |
| | Color, UPtCo | 5 | 5 |
| | Alcalinidad, mg/L | 6 | 8 |
| | pH | 5,7 | 7,8 |
| | Conductancia, μS/cm | 56 | 96 |
| | Hierro total mg/L | 0,1 | 0 |

De la misma manera se observa que ambos tratamientos permiten obtener turbiedades inferiores a la norma para agua potable de 2 UNT, aunque el tratamiento con cloruro férrico y cal permite una mayor eficiencia.

Los resultados obtenidos de conductividad cumplen igualmente con la norma para agua potable de 1000 μS/cm, con un mejor resultado con el almidón de maíz.

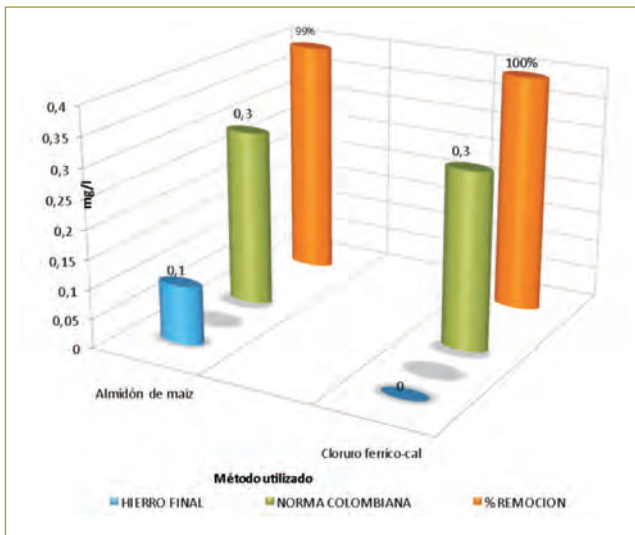


Figura 2. Tratamientos para remover contaminantes del agua cruda y métodos empleados.

El tratamiento con almidón de maíz requiere estabilización del agua filtrada para satisfacer la norma colombiana de agua potable, pH entre 6,5 y 9,0 (cuadro 2).

Ambos tratamientos (con almidón de maíz y con cloruro férrico y cal) permiten cumplir con el valor máximo aceptable establecido para hierro de 0,3 mg/L. El tratamiento con almidón de maíz fue efectivo para remover hierro en un 99 % y el tratamiento con cloruro férrico y cal permitió un 100 % de eficiencia (cuadro 2).

CONCLUSIONES

- El agua del manantial analizado posee un contenido muy alto de hierro, 8,03 mg/L, color de 270 UPtCo y turbiedad de 209 UTN; bajo pH, 4,8 - 5,7, y alcalinidad de 15 mg/L - CaCO₃, valores no aceptados por la norma colombiana de agua potable.
- La coagulación con almidón de maíz en dosis de 200 mg/L permite reducir color a 5 UPtCo, turbiedad a 1,4 UTN y hierro a 0,1 mg/L, con una conductivi-

dad de 56 μ S/cm, valores que satisfacen la norma colombiana para agua potable.

- El agua tratada mediante coagulación y filtración, con almidón de maíz, requiere estabilización para ajustar el pH a los requisitos de la norma, 6,5 a 9,0.
- El tratamiento con 200 mg/L de almidón de maíz permitió obtener, en el agua de ensayo, una eficiencia en reducción de hierro y turbiedad del 99 % y del 98 % en color, con un incremento del 15 % en conductividad.
- El tratamiento con 8,3 mg/L de cloruro férrico y 8 mg/L de cal permite obtener, en el agua de ensayo, una eficiencia en remoción de hierro del 100 %, del 99,6 % con turbiedad y del 98 % en color, con incremento en conductividad del 45 %.
- Es recomendable confirmar los estudios de coagulación con almidón de maíz y con otros coagulantes naturales, con el fin de evaluar apropiadamente su eficiencia, costos y aplicabilidad en el tratamiento de aguas.

REFERENCIAS

1. Gómez, S.A.M. (2012, agosto). Remoción de hierro con almidón de maíz. Trabajo dirigido. Ingeniería Civil. Escuela Colombiana de Ingeniería, Centro de Estudios Ambientales.
2. Cárdenas, R.L.K. & Castañeda, J.A.C. (2011, diciembre). Remoción de hierro en aguas con alta concentración. Trabajo dirigido. Ingeniería Civil. Escuela Colombiana de Ingeniería, Centro de Estudios Ambientales.
3. Badu, R. & Chaudhuri, M. (2005). Home Water Treatment by Direct Filtration with Natural Coagulants. *Journal of Water and Health*, 03.1.
4. Vargas, M., Camareno, I. & Romero, E. (2006). Aprovechamiento de algunos materiales en el desarrollo de coagulantes y floculantes para el tratamiento de aguas en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, vol. 19-4.
5. Unesco (2003). *Water for People, Water for Life*. United Nations Educational, Scientific and Cultural.
6. APHA. AWWA. WEF (2005). *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*, 21th ed.
7. Ministerio de la Protección Social y de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2007). Resolución 2115. Bogotá.
8. Romero Rojas, J.A. (2009). *Calidad del agua*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.