

## TRATAMIENTO DE SUERO DE QUESERÍA POR MÉTODO ELECTROQUÍMICO CHEESE WHEY TREATMENT BY ELECTROCHEMICAL METHOD

Angel H. Zárate Malpica<sup>25</sup>, Sergio Anchiraco Cosquillo, Sara S. Lagos Terreros<sup>26</sup>,  
Gloria O. Bustamante Cárdenas<sup>27</sup>

### RESUMEN

El suero de quesería no solamente constituye un problema ambiental; también constituye un recurso que no se puede dejar de aprovechar. El desafío consiste en una explotación más eficaz y en una reducción del impacto ambiental, lo que implica optimizar los procesos de producción del queso. El objetivo de la investigación fue principalmente separar los compuestos orgánicos utilizando un método electroquímico. El método identificado fue la electrocoagulación utilizando electrodos de aluminio y hierro en una celda electrolítica. Los resultados obtenidos de la experimentación en un reactor piloto de 2,5 litros, ha permitido demostrar que el método utilizado resulta ser muy efectivo en el proceso de electrocoagulación del suero de quesería para la eliminación de contaminantes. Los iones necesarios para la coagulación en un proceso químico son aportados por los electrodos tales como  $Al^{+3}$  y  $Fe^{+3}$  que provocan el efecto deseado de la coalescencia de las partículas, con ayuda de la electrólisis del agua que desprende hidrógeno y oxígeno. Al caracterizar el suero se puede observar la presencia de: 556 mg/l de SS, 36,651 mg/l DBO, 80,140 mg/l DQO, 267 mg/l P y 1,070 mg/l de aceites y grasas. Se logró la separación de la materia orgánica del suero de quesería por el método de electrocoagulación a nivel de laboratorio; siendo 2 cm la distancia óptima entre electrodos, 6 voltios a un tiempo de 10 minutos para DBO<sub>5</sub>, DQO y aceites y grasas. Después del proceso de electrocoagulación es posible utilizar el agua en procesos industriales en la planta, evitando la contaminación ambiental.

**Palabras clave:** Suero de quesería, electroquímica, electrocoagulación, electrodos.

The cheese whey is not only an environmental problem, is also a resource that can not miss. The challenge is more effective exploitation and reduced environmental impact, which involves optimizing the production processes of the cheese. The aim of the research was primarily separating organic compounds using an electrochemical method. The method identified was the electrocoagulation using aluminum and iron electrodes in an electrolytic cell. The results of experiments in a pilot reactor of 2.5 liters has revealed that the method is very effective in the electrocoagulation process cheese whey for the removal of contaminants. Ions required for clotting in a chemical process are supplied by electrodes such as  $Al^{+3}$  and  $Fe^{+3}$  which cause the desired effect of the coalescence of the particles, using water electrolysis hydrogen and oxygen which follows. By characterizing the serum can observe the presence of: 556 mg / l SS, 36.651 mg / l BOD, 80.140 mg / l COD 267 mg / l and 1.070 mg P / l of oil and grease. Separation was achieved of organic matter cheese whey electrocoagulation by the method of laboratory level, being 2 cm optimal distance between electrodes 6 volts at a time of 10 minutes for BOD<sub>5</sub>, COD and oils and fats. After electrocoagulation process water can be used in industrial processes in the plant, avoiding environmental pollution.

**Keywords:** Cheese whey, electrochemical, electrocoagulation, electrodes.

<sup>25</sup> Facultad de Ing. Industrias Alimentarias, Universidad Nacional del Centro del Perú

<sup>26</sup> Investigator Independiente.

<sup>27</sup> Estudiante

## INTRODUCCIÓN

El suero lácteo, representa el 83% del volumen total de la leche tratada, el efecto contaminante de 1000 litros de suero de queso es el mismo que provocarían 400 personas. El lacto suero en la industria láctea genera cantidades que son de 5 a 10 veces mayores que las del queso producido, y es un sustrato de gran interés debido a la presencia de la lactosa y por su contenido de proteínas que es de 6 g/L.

La producción de queso en el valle del Mantaro genera cerca de 15 000 kg diarios de lactosuero, lo que produce aproximadamente 900 kg de proteínas que contienen aminoácidos como triptófano, lisina, albuminas y aminoácidos azufrados, lo que le imparte un alto valor nutricional indispensables, así como vitaminas del grupo B y C, siendo este un componente de gran importancia por presentar características muy adecuadas para ser utilizadas en alimentación, medicina y farmacología; sin embargo cuando se desecha sin tratamiento alguno genera problemas de contaminación.

En tiempos recientes la tecnología de electrocoagulación, está siendo utilizada en el tratamiento de aguas residuales, debido a su efectividad para remover un amplio rango de contaminantes; su bajo costo comparado con otras tecnologías y su simplicidad de diseño y operación. Es por ello que También se ha experimentado en el tratamiento de suero de quesería, con la finalidad de precipitar las sales presentes en ella (1). En tal sentido planteamos la hipótesis que: El tratamiento electroquímico del suero permite la separación de compuestos orgánicos contaminantes y puede posibilitar el reúso del agua.

En la investigación se ha trabajado con el suero producido en la elaboración de queso fresco del centro de producción de lácteos de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNCP. La caracterización y las pruebas de electrocoagulación se desarrollaron en el laboratorio de electroquímica de la Facultad de Ingeniería Química de la UNCP.

El objetivo general fue: Buscar una alternativa de manejo adecuado del suero de quesería que se generan en las plantas de elaboración de queso en el Valle, procurando que estos dejen de ser un problema y pasen a convertirse en una

fuerza alternativa de desarrollo. A nivel específico: Realizar pruebas de tratamiento electroquímico del suero proveniente de las queserías para separar compuestos contaminantes y contribuir en la reducción del impacto ambiental que genera el suero de quesería en el Valle.

## El suero

La composición del suero varía dependiendo del tipo de queso del cual provenga. Por ejemplo, cuando la cuajada se elabora mediante coagulación enzimática, entonces el suero es conocido como suero dulce (pH 6,0 a 6,6). Mientras que si la cuajada se obtiene mediante la adición de ácido, entonces el suero será conocido como ácido (pH 4,3 a 4,7). El pH del suero altera su composición porcentual de componentes, ya que a mayor pH menor rendimiento en sólidos (1)

El suero puede tener 6,5 % aproximadamente de sólidos, de los que 4,8 % es lactosa, 0,6 % minerales, 0,15 % ácido láctico, 0,25 % compuestos de nitrógeno no proteico y 0,1 % de grasa (tras el desnatado). Por consiguiente, el suero contiene el 50 % aproximadamente de los sólidos totales que aparecen en la leche completa.

## La Electroquímica

La Electroquímica trata de la interrelación de los fenómenos químicos y eléctricos, así como del estudio de las propiedades eléctricas de las soluciones de los electrolitos, estableciendo una relación entre la acción química y eléctrica de tales sistemas (2).

Una celda electroquímica simple contiene un par de electrodos de material inerte, por ejemplo platino, conectados a una fuente de corriente y sumergidos en una solución acuosa de un conductor de segunda especie. El electrodo conectado al lado negativo de la fuente se denomina cátodo y es aquel por el cual entran los electrones a la solución procedentes de la fuente, por ejemplo, una batería. Al mismo tiempo, el electrodo conectado al lado positivo de la batería se denomina ánodo, por el cual salen los electrones de la solución y regresan a la batería. Al cerrar el circuito, los iones negativos o aniones, emigran hacia el ánodo en donde se

oxidan, mientras que los iones positivos o cationes van hacia el cátodo en donde se reducen (2).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Las pruebas se desarrollaron en el laboratorio de electroquímica de la facultad de Ing. Química de la UNCP; se hizo uso del diseño experimental, las pruebas experimentales para la separación de la materia orgánica del suero de quesería se realizaron por el método electroquímico de Electrocoagulación, con dos repeticiones, usando electrodos de aluminio y fierro en una celda electrolítica de material termoplástico y se trabajó en un sistema discontinuo (Bach).

El método identificado fue la electrocoagulación utilizando electrodos de aluminio y fierro en una celda electrolítica. El sistema opera como reactor bach a escala prototipo, con capacidad para tratar 2.5 litros de suero lácteo. En la cual están sumergidos los electrodos, estos electrodos son placas rectangulares metálicas de hierro y aluminio dispuestas en paralelo y conectadas a una fuente de voltaje de corriente directa que proporciona la corriente eléctrica requerida para la electrocoagulación.

La población está constituida por el conjunto de productores de queso fresco en el Valle del Mantaro, pero debido a que la forma de producción de cada uno de ellos es diferente con respecto a las normas; la muestra se obtuvo del Centro de Producción de lácteos de la Facultad de ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNCP, porque su sistema de producción es propicio para nuestros propósitos.

## RESULTADOS

### Caracterización del suero

En la muestra analizada, se puede observar que tiene un porcentaje elevado de materia orgánica, que vienen a ser los contaminantes que se quiere separar.

Tabla 1: características del suero de quesería utilizado para el experimento

Muestra	pH	Cond. mg/l	SS mg/l	DBO mg/l	DQO mg/l	P mg/l	Aceites y grasas mg/l
Suero	4,3	14,777	556	36,651	80,140	267	1,070

Los parámetros considerados son los siguientes: Aceites y Grasas, Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos en Suspensión.

### Procedimiento

- Se realizó el acomodo de los electrodos (Aluminio - Fierro) en la celda electrolítica.
- Se adicionó la muestra a tratar en la celda electrolítica y se realizó el proceso de electrocoagulación.
- Se conectó los electrodos a la fuente de poder
- Se encendió la fuente de poder y se estableció el Voltaje de trabajo (6V) y tiempo de trabajo (10 min.), en una distancia de 2 cm.
- Se pasó a retirar los electrodos con los que se trabajó, y luego a retirar los compuestos electro coagulados los cuales se extendieron en toda la superficie, utilizando una paleta.
- Una vez retirado la capa electro coagulada se dejó en reposo por un tiempo de 20 min. para que los sólidos suspendidos se sedimenten o precipiten.
- Se tomó una muestra del suero electro coagulada para llevar a análisis fisicoquímicos.

### Análisis del experimento

Del trabajo realizado en el laboratorio a 6 voltios en un tiempo de 10 minutos reporta los siguientes valores promedio de dos repeticiones.

- El porcentaje de remoción del DBO5 fue de 65,16%.
- El porcentaje de remoción del DQO fue de 59,2%.
- El porcentaje de remoción de ACEITES Y GRASAS fue de 88,89%.

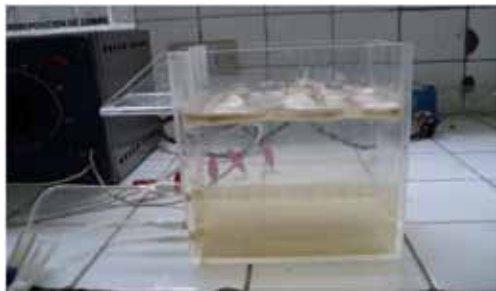


Figura 1: Prueba de electrocoagulación en laboratorio

## DISCUSIÓN

Para cualquier forma de tratamiento de suero de quesería, la caracterización de este es muy importante, porque tal como refiere (3) nos permite saber cuáles son los principales componentes presentes en la muestra, y de esta manera poder orientar el trabajo de investigación y el método a utilizar para su tratamiento, que menciona también (4)

Se puede notar de los resultados del trabajo realizado, que se ha logrado una buena remoción de un gran porcentaje de la materia orgánica presente en el suero de quesería utilizado en las pruebas experimentales. Lo cual nos permitiría también, de algún modo evitar la contaminación ambiental que se da en los lugares donde se concentran numerosas micro empresas dedicadas a esta actividad, y que no cuentan con un lugar adecuado para el arrojado de los desechos de la fabricación quesera (5).

Sin embargo para determinar el tratamiento adecuado de los sueros de quesería, es recomendable tener en cuenta los costos del proceso industrial a elegir, tal como refiere Mauricio Restrepo (6), teniendo en cuenta las características específicas de los desechos de la industria alimentaria en cuestión. Así mismo se debe tener en cuenta, que el suero de leche es en mayor proporción agua que puede ser reutilizada en procesos industriales (7).

## CONCLUSIONES

1. Se logró la separación de la materia orgánica del suero de quesería por el método de electrocoagulación a nivel de laboratorio. Siendo 2 cm la distancia óptima entre electrodos, 6 voltios a un tiempo de 10 minutos la prueba de remoción máxima, que fue recomendada para realizar el experimento.
2. Se evaluó el porcentaje de separación de contaminantes removidos para los parámetros analizados, obteniéndose una remoción de:
  - 65,16% para el DBO5
  - 59,12% para el DQO
  - 88,89% para Aceites y Grasas
  - 78,975% para el Sólidos Suspendidos
3. Por consiguiente, separando la materia orgánica presente en el suero de quesería, se puede reutilizar el agua en procesos industriales y se estaría evitando de alguna manera la contaminación ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Argumedo S.J. y Lopez S.D.** Depuración de aguas residuales urbanas por el método de electro coagulación a nivel de laboratorio. Huancayo, Perú, 2000.
2. **Carrillo A. J.** Tratamiento y reutilización del suero de leche. México, D.F, 2006.
3. **Espinoza M. A.** Valoración Financiera Ambiental del uso del suero procedente de la elaboración del queso. Nicaragua, 2003.
4. **Guía para el control y la prevención de la contaminación ambiental,** Fabricación de productos lácteos. Chile. 2001
5. **Medina A. L. y Raucq D. F.** Desalado de los sueros lácteos por electrodiálisis. Venezuela. 2000.
6. **Restrepo G. M.** Producción más limpia en la Industria Alimentaria. Corporación Universitaria Lasallista. Colombia, 2006.
7. **Valencia D. E.** La industria de la Leche y la contaminación del agua. México, 2009.