

La **precipitación de proteínas es la tecnología más** apropiada para tratar al efluente de una industria de salsas orientales de soya.



Precipitación de proteínas en el tratamiento de efluentes de la producción industrial de salsas de soya

Treatment of Effluents by Protein Precipitation in Industrial Production of Soy Sauces

RESUMEN

La fabricación de salsas orientales tiene como principal materia prima la soya, además de la utilización de otros aditivos orgánicos, diversos microorganismos y enzimas para las fermentaciones propias de la bioquímica del proceso. Ello genera elevada contaminación orgánica evidenciada en el alto valor promedio de demanda química de oxígeno (DQO) inicial de 1,746 mg/L, mientras que la normativa peruana exige como máximo 1,000 mg/L de DQO en el vertimiento a la red de alcantarillado.

El estudio se centró en métodos de oxidación avanzada (tecnología de oxidación que genera radicales hidroxilo durante su proceso, sin producir sustancias contaminantes más peligrosas). Se aplicaron cuatro métodos distintos en los que se evalúa la remoción de contaminantes que permite alcanzar niveles de DQO por debajo de los valores máximos admisibles (VMA) de acuerdo a la normativa vigente del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú.

Luego, se analiza la viabilidad económica, que en el presente estudio está expresada en los costos operativos (OPEX) por el gasto de productos químicos. En base a ella se determina el método más apropiado para proyectar una etapa de pilotaje en planta y confirmar dosis de reactivos químicos, tiempos de retención y variables de operación.

En las pruebas de laboratorio se evidenció que la tecnología de tratamiento que mejor se ajusta a los criterios descritos líneas arriba es la secuencia alcalinización – precipitación de proteínas – coagulación – floculación, seguida de la separación sólido – líquido que consta de clarificación, filtración y adsorción con carbón activado.

ABSTRACT

The main raw material of oriental sauces is soy, in addition other organic additives, microorganisms and enzymes for fermentation generated in the process biochemistry. This produces high organic contamination evidenced in the high average value of initial chemical oxygen demand (COD) of 1,746 mg/L, while Peruvian regulations require a maximum of 1,000 mg/L of COD in the sewage network discharge.

The study focused on advanced oxidation methods (oxidation technology that generates hydroxyl radicals during its process, without producing more dangerous pollutants). Four different methods were applied. The pollutant removal efficiency is evaluated to identify which methods reach COD levels under the maximum admissible values (VMA), according to current regulations of the Peruvian Ministry of Housing, Construction and Sanitation.

We then analyze the economic viability, defined for the present study by the OPEX costs of chemical products. Based on it, the most appropriate method to design a pilot project in the plant and to check dosages of chemical reagents, retention times and operating variables is determined.

Laboratory tests showed that the treatment technology that best meets criteria described above is the sequence alkalization - protein precipitation - coagulation - flocculation, followed by solid - liquid separation with the stages of clarification, filtration and adsorption with activated carbon.



Palabras Clave

Salsa de soya, DBO, DQO, precipitación de proteínas, oxidación avanzada, Fenton, CAPEX, OPEX.

Key words

Soy sauce, BOD, COD, protein precipitation, advanced oxidation, Fenton, CAPEX, OPEX

INTRODUCCIÓN

- A partir de setiembre del 2014 se ha implementado el DS 021-2009 Vivienda (modificado por el DS 001-2015 Vivienda), que regula los valores máximos admisibles (VMA) de los efluentes vertidos a la red de alcantarillado de las empresas del sector no doméstico. Es necesario que las empresas del sector industrial, en general, y de la industria alimentaria de salsas de soya y similares, en particular, traten sus efluentes para cumplir con dicha normativa legal.
- Una limitante del sector industrial es el poco espacio disponible para instalaciones de tratamiento biológico de efluentes, pues a pesar de que los valores de DBO y DQO indiquen que el efluente sí es biodegradable, estas demandan mayor área. Por ello, la investigación se orienta a la aplicación de técnicas fisicoquímicas, específicamente, la remoción del DQO por precipitación de proteínas [10].
- En el presente estudio se han probado diversas tecnologías para tratar al efluente de una industria de salsas orientales de soya. De acuerdo a los criterios de eficiencia de remoción y viabilidad económica se determinó que la tecnología más apropiada en dicho tratamiento debe basarse en la precipitación de proteínas seguida de procesos de coagulación y floculación.

FUNDAMENTOS

Descripción del proceso de preparación de salsa de soya

El **SIYAU** es una salsa oriental muy cotizada por su sabor y combinación con diversas comidas, incluso de la gastronomía peruana. Antes de obtenerlo como producto final, pasa por dos etapas:

KOJI, se origina de la mezcla de las semillas de soya remojadas, vaporizadas y aplastadas; el trigo tostado y aplastado; y, el hongo *Aspergillus oryzae*. En esta etapa se incrementa el contenido de enzimas catalíticas, incluyendo la amilasa que convierte el almidón en azúcares más simples.

MOROMI, para conseguirlo se añade una salmuera con 20% a 25% de sal, levaduras y bacterias lácticas para luego empezar la fermentación en grandes tanques a temperaturas y aireación controladas, etapa que puede durar de seis meses a dos años.

Durante la fermentación, el *Aspergillus oryzae* genera enzimas como la proteasa y la amilasa, que convierten las proteínas de soya en péptidos y aminoácidos, y el almidón en azúcares simples. Se producen moléculas que son precursoras del sabor, del aroma y el color.



Figura 1. Salsa de soya o siyau.
Fuente: Salsa de Soja. [11]

Las dos materias primas más importantes son la soya y la harina de trigo. De la soya hay que resaltar que contiene más proteínas que la carne y el pescado y tres veces más que el huevo. Posee una composición nutricional muy equilibrada, con cerca de 40% de proteínas, 20% de lípidos y 30% de carbohidratos [3].

SOYA		TRIGO	
Componente	Porcentaje	Componente	Porcentaje
Proteínas	40%	Almidón	70%
Lípidos	20%	Proteínas	10%
Carbohidratos	30%	Polisacáridos distintos a almidón	2%
Otros	10%	Lípidos	2%
		Otros	16%

Tabla 1. Composición química de la soya y trigo.

Parámetros importantes en el tratamiento de aguas con carga orgánica

Demanda química de oxígeno (DQO o COD):

La DQO indica "la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia susceptible a oxidación por medios químicos; en el caso de la materia orgánica se convierte en dióxido de carbono y agua" [1].

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO o BOD):

La DBO es un indicador de "la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas: *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Aerobacter*, *Bacillus*), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra" [1].

Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, el análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C, y se denomina DBO₅.

La DBO proporciona una medida solo aproximada de la materia orgánica biodegradable presente en las aguas residuales. Algunos valores referenciales:

- Agua pura 0 - 20 mg/L
- Agua levemente contaminada 20 - 100 mg/L
- Agua medianamente contaminada 100 - 500 mg/L
- Agua muy contaminada 500 - 3,000 mg/L
- Agua extremadamente contaminada 3,000 - a más mg/L

El valor de la DQO siempre será superior al de la DBO debido a que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. Es decir, los gramos o miligramos de oxígeno se refieren, en el caso de la DBO, a los requeridos para la degradación biológica de la materia orgánica; mientras que en el caso de la DQO representan los necesarios para la degradación química de la materia orgánica. La relación entre la DBO₅ y la DQO da una idea del nivel de contaminación de las aguas [1]:

- **Si la relación (DBO₅/DQO) es menor a 0.20**, entonces hablamos de vertidos de naturaleza industrial, poco biodegradables y convienen los tratamientos fisicoquímicos.
- **Si la relación (DBO₅/DQO) está en el rango entre 0.20 - 0.50**, podemos aplicar un tratamiento fisicoquímico solo o combinarlo con un sistema biológico. Bajo este escenario se deberá tener en cuenta el área disponible para el sistema biológico, el capital de inversión y los costos operativos para decidir la técnica de tratamiento.
- **Si la relación (DBO₅/DQO) es mayor a 0.60**, hablamos de vertidos de naturaleza más biodegradables, conforme el valor de dicha relación aumenta. Estas aguas residuales, puede ser tratadas mediante tratamientos biológicos [1]. Los efluentes urbanos normalmente cumplen esta característica.

Sólidos suspendidos totales (SST o TSS)

Estima la cantidad de sólidos (en mg/L) no disueltos que pueden ser separados por medios mecánicos, como la filtración en vacío o la centrifugación del líquido, o métodos fisicoquímicos como la coagulación, la floculación o la flotación. Se asocia a la turbidez del agua, la cual está relacionada con los sólidos no disueltos. Se mide en unidades nefelométricas NTU y suele usarse en la salida de las plantas de tratamiento de aguas para indicar la calidad de los procesos. Utilizar la turbidez como medida de la eficiencia de una planta de tratamiento de aguas resulta muy práctica, pues es muy sencillo determinar su valor con métodos ópticos de medición en línea [8].

Tratamientos de precipitación, coagulación-floculación y filtración de contaminantes

Precipitación de proteínas

La solubilidad de algunos compuestos o sustancias tales como las proteínas dependen, entre otros factores, del pH.

La solubilidad y las propiedades de las proteínas con puntos isoeléctricos distintos son afectadas fuertemente por el pH del medio (Mc Murry, 2008). Según Lehninger (1982) citado

por Salas (1993), cuando el pH de una mezcla se ajusta al pH del punto isoeléctrico de uno de los componentes, la mayor parte o casi todo el componente precipitará.

Según Salas (1993): "El punto isoeléctrico de una proteína es el valor de pH en el cual la molécula no posee carga eléctrica y en consecuencia no existe repulsión electrostática entre moléculas de proteínas vecinas, las cuales tienden a reunirse y precipitar, entonces la proteína presenta su mínima solubilidad".

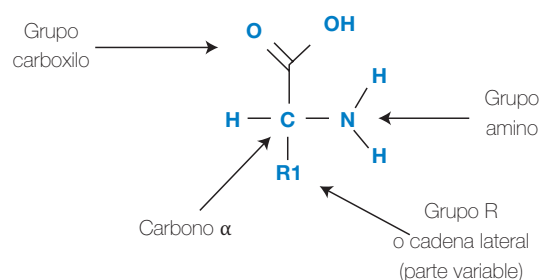


Figura 2. Estructura química de un aminoácido, la unidad que forma la proteína.
Fuente: Departamento de Físicoquímica UNAM

Oxidación avanzada

Procesos que implican la formación de radicales hidroxilo (•OH) de potencial de oxidación (E°= 2.8 voltios) mucho mayor que el de otros oxidantes tradicionales como permanganato de potasio y dicromato de potasio. Estos radicales son capaces de oxidar compuestos orgánicos, principalmente por abstracción de hidrógeno o por adición electrofílica a dobles enlaces. Ello genera radicales orgánicos libres (R°) que reaccionan a su vez con moléculas de oxígeno y forman un peroxirradical, lo que inicia una serie de reacciones de degradación oxidativa que pueden conducir a la completa mineralización de los contaminantes [4].

• Proceso Fenton

Es un proceso de oxidación avanzada en el cual se producen radicales altamente reactivos de hidroxilo (•OH). Se lleva a cabo en condiciones de pH ácido y presión y temperatura ambiente, con oxidantes fuertes a base de peróxido de hidrógeno (H₂O₂) estabilizado que está catalizado con metales de transición, generalmente hierro. La reacción se aplica para el tratamiento efectivo de aguas residuales [5]:



METODOLOGÍA

Para investigar la tecnología más apropiada de remoción de contaminantes de agua se parte de la caracterización de la misma. En este caso, se compara los resultados con los VMA exigidos en el DS 021-2009 y su actualización en el DS 001-2015, ambos del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

Parámetro	Unidad	Límite de detección	Resultados	VMA
pH	6.97	6 a 9
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	mg/L	2	1,291	500
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/L	2	1,746	1,000
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	2	120	500
Sulfatos	mg/L	0.5	238.6	1,000

Tabla 2. Resultados promedio de monitoreo del efluente generado.

Como notamos en la Tabla 2, el pH está dentro del rango aceptado, y los niveles de sólidos suspendidos y sulfatos están por debajo de los VMA. Sin embargo, la DQO y la DBO están por encima del límite permitido, lo que las convierte en parámetros críticos debido a la alta carga orgánica de los mencionados efluentes. La investigación se centró en remover la DQO hasta los niveles que exige la normativa (por debajo de 1,000 mg/L) para verter los efluentes al desagüe. Esta remoción de la DQO trae consigo también la disminución y el cumplimiento de la norma correspondiente a la DBO.

Descripción del proceso

Los resultados del trabajo con las muestras debían proyectarse a un caudal de 25 m³/día. Se realizó la siguiente secuencia de actividades para la investigación:

Toma de muestra

Para cada prueba de laboratorio se tomó una muestra tipo compósito, almacenada durante 5 horas, con el objetivo de que fuese representativa y no puntual, para así determinar la variabilidad de la fuerza de carga contaminante en el efluente a tratar. La caracterización de cada muestra se presenta en la Tabla 3.

Luego se aplicaron cuatro metodologías de tratamiento:

- Método A: Precipitación de proteínas – oxidación avanzada Fenton – coagulación – floculación.
- Método B: Oxidación avanzada Fenton – precipitación de proteínas – coagulación – floculación.
- Método C: Alcalinización – precipitación de proteínas – coagulación – floculación.
- Método D: Alcalinización – precipitación de proteínas – coagulación – oxidación avanzada Fenton.

Es importante resaltar que a pesar de que el efluente sí es tratable biológicamente debido a su relación DBO/DQO, de 0.74 (calculado a partir de los resultados de la Tabla 2), no se probó ninguna variante de dicha tecnología pues no existen los espacios necesarios para su aplicación en la planta. Ello obliga a que los tratamientos a investigar sean fisicoquímicos y no biológicos.

En cada prueba se determinan las dosis óptimas de productos químicos, y el resultado de cada metodología se compara

para evaluar si cumple con los VMA, y si económicamente sus consumos corresponden proyección de los costos operativos por insumos químicos. Los costos operativos de personal y de energía suelen ser entre 30% y 50% del OPEX químico. En esta investigación, el OPEX químico es el criterio económico para decidir qué tecnología pasará a la etapa de planta piloto en un posterior estudio.



Figura 3. Muestra compósito del efluente a tratar.

En los resultados que se muestran posteriormente se observará que la metodología más viable técnica y económicamente es el método C, cuya secuencia se explica a continuación.

Alcalinización del efluente

Los efluentes muestreados tenían un pH promedio de 6.97 por lo que se elevó el pH a 11.8 con soda cáustica al 10%, a una dosis de 10-12 mL/L para desencadenar la desnaturalización de proteínas a fin de producir variación en el grado de ionización de distintos grupos funcionales (carboxilo, amino, hidroxilo) implicados en las interacciones, sobre todo de los enlaces iónicos y puentes de hidrógeno y con ello un cambio en la estructura química. El tiempo batch de reacción de laboratorio fue de 30 minutos (equivalente a 60 minutos en condiciones de flujo continuo) a 200 rpm.

Precipitación de proteínas

En esta etapa se proyecta un tiempo de 30 minutos a consecuencia del proceso de desnaturalización, debido a la desprotonización completa de los grupos carboxilos (cadena lateral) y la protonización de los grupos aminos (carbono alfa), para llegar al punto isoeléctrico, se forme el zwitterion y precipiten las proteínas.

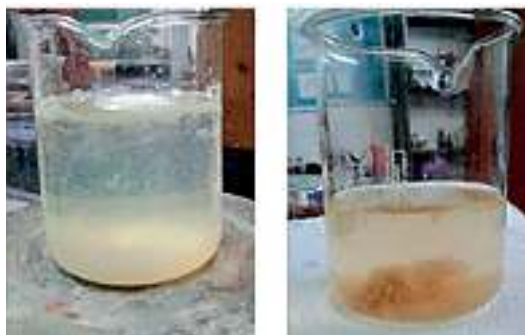


Figura 4. Muestra antes y después de la precipitación de proteínas.



Figura 6. Filtración de la carga orgánica en suspensión.

Acidificación

El clarificado del producto de la precipitación de proteínas es acidificado con ácido sulfúrico 0.10 N a una dosis de 19 mL/L (este ácido puede sustituirse por ácido clorhídrico) durante 10 minutos a nivel de flujo continuo para disminuir el pH desde 11.8 hasta un rango entre 8.0 y 8.5 a 300 rpm, y luego generar el medio de aglomeración de pequeñas partículas en suspensión (materia orgánica).

Coagulación y floculación

Una vez llevada la solución a pH 8.5 se aplica un coagulante orgánico (polielectrolito) para simular una mezcla a 400 rpm y un floculante aniónico a una velocidad de agitación 100 rpm con el fin de producir flocs necesarios que puedan ser separados fácilmente en el sistema de separación sólido – líquido por medio de un lecho filtrante.

En la proyección de la planta real, para la homogenización del coagulante orgánico, se deberá implementar mezcladores estáticos en la línea, seguidos de un tanque de agitación para homogenizar el polímero aniónico a una fuerza de agitación entre 80 y 100 rpm, y un tiempo de mezcla entre el coagulante y floculante de hasta 20 minutos, siendo la concentración de ambos reactivos a nivel de laboratorio de 0.1% y una dosis de 50 y 15 mL/L respectivamente.



Figura 5. Clarificación por coagulación – floculación.

Filtración como pulido de SST

Se procede a la separación sólido – líquido de los SST generados por la coagulación y floculación, después de adecuar y estandarizar el rango de pH entre 8.0 y 8.5. Con ello se termina de remover la mayor carga orgánica en suspensión.

Adsorción en columna de carbón activado

Es el pulido final de contaminantes orgánicos disueltos que han quedado en el agua a pesar de las etapas de tratamiento anteriores. Esta última etapa en el proceso industrial se podría evitar (by pass) siempre que los valores de DQO a la salida del lecho filtrante estén por debajo de 1,000 mg/L. En caso de que estén por encima se haría pasar al agua por columnas de carbón activado. También disminuye color o ligera turbidez que pueda tener, para así obtener un efluente que cumpla con los VMA del DS 001-2015 Vivienda. Se proyecta que 200 kg de carbón activado distribuido de forma en paralelo (100 kg por cada columna) puede tratar un caudal de agua de 25 m³/día.



Figura 7. Adsorción de carga orgánica residual y remoción de turbidez.



Figura 8. Efluente industrial final tratado.

RESULTADOS

Las cuatro metodologías se aplicaron por tres semanas. Se analizaron únicamente los resultados que se obtuvieron en cinco días intercalados de los últimos diez del estudio, pues durante el periodo anterior solo se determinaron las dosis ya que aún había inestabilidad del proceso. Cada prueba se llevó a cabo sobre muestras tomadas el mismo día. Los resultados se encuentran en la Tabla 3.

Fecha	Método aplicado	Costos		Valores					
				Iniciales			Finales		
		OPEX (US\$/Mes)	OPEX (US\$/m3)	pH	Turbidez (NTU)	DQO Inicial (mg/L)	Turbidez (NTU)	DQO Final (mg/L)	Remoción de la DQO (%)
15/06/2015	Método A	3,575.70	4.77	6.90	39.00	1,810.00	7.40	630.00	65.19%
	Método B	2,658.75	3.55	6.58			10.30	930.00	48.62%
	Método C	1,253.25	1.67	6.40			6.07	670.00	62.98%
	Método D	3,575.70	4.77	6.30			7.13	760.00	58.01%
17/06/2015	Método A	5,448.50	7.26	6.54	57.00	1,780.00	7.35	1,230.00	30.90%
	Método B	5,150.27	6.87	6.59			9.68	879.00	50.62%
	Método C	1,208.36	1.61	6.58			6.12	630.00	64.61%
	Método D	2,757.00	3.68	6.60			6.98	930.00	47.75%
19/06/2015	Método A	4,071.00	5.43	7.10	47.00	1,740.00	7.65	585.00	66.38%
	Método B	3,304.83	4.41	6.90			9.88	530.00	69.54%
	Método C	999.38	1.33	7.14			7.08	370.00	78.74%
	Método D	3,062.58	4.08	7.02			8.95	410.00	76.44%
22/06/2015	Método A	2,175.00	2.90	7.44	62.00	1,760.00	12.40	810.00	53.98%
	Método B	1,275.00	1.90	7.43			10.30	1,310.00	25.57%
	Método C	939.00	1.25	7.42			8.97	550.00	68.75%
	Método D	958.00	1.28	7.40			9.81	730.00	58.52%
24/06/2015	Método A	2,710.35	3.61	7.32	48.00	1,640.00	9.47	1,310.00	20.12%
	Método B	1,813.05	2.42	7.30			9.80	1,230.00	25.00%
	Método C	1,256.55	1.68	7.10			8.03	720.00	56.10%
	Método D	1,654.88	2.21	7.25			10.30	920.00	44.41%
		Valores iniciales Promedio		6.97	50.80	1,746.00			

Tabla 3. Resumen de resultados: parámetros antes y después de aplicar los métodos para el tratamiento del efluente.

- El principal resultado que observamos en la Tabla 3 es que el método C es el que genera la mayor remoción de la DQO en todas las pruebas. Solo el 15/06/2015, el método A obtuvo mayor remoción por una pequeña diferencia. La tecnología que produce la menor remoción varía de acuerdo al día de las pruebas. El método A lo fue el 17/06/2015, el 19/06/2015 y el 24/06/2015; en tanto que el B, el 15/06/2015 y el 22/06/2015. Por ello, según este estudio, desde el punto de vista técnico, el método C se presenta como la mejor opción de tratamiento, descarta los métodos A y B, y considera el método D aún como alternativa en otras condiciones.
- Esta ventaja se refuerza al aplicar el criterio económico, pues el método C integra las dosis óptimas y los más bajos OPEX químicos (costos operativos de sustancias químicas utilizadas). Los métodos A y B, así como el D en menor medida, presentan mayores costos operativos químicos (Tabla 3). Todo ello confirma que el método C es el de más costo-efectivo para el tratamiento del efluente estudiado.

Producto	Utilidad	Costo (US\$/Kg)
H ₂ SO ₄	Regulador de pH	0.6
Al ₂ (SO ₄) ₃	Coagulante inorgánico	0.4
REDIMEX	Reductor	0.7
OXICAT	Catalizador de oxidación	0.7
OXIMAX	Oxidante en base a H ₂ O ₂	0.8
NaOH	Regulador de pH	0.85
ARCAFLOC 70	Coagulante orgánico	6
ARCAFLOC 20	Floculante	5.5

Tabla 4. Precios de los productos químicos usados en los métodos de tratamiento fisicoquímico.

- Los OPEX químicos tanto en US\$/mes y US\$/m³ que aparecen en la Tabla 3 fueron calculados a partir de los precios de los productos químicos en el mercado en el tiempo en que se hicieron las pruebas, de acuerdo a la proyección de pruebas batch a proceso continuo con un caudal de 25m³/día.

Los precios planteados en la Tabla 4 fueron multiplicados por los consumos de químicos y por los caudales.

Nota N° 1: Para hallar los US\$/m³ se utilizó la siguiente fórmula:

$$(\text{US\$/kg de producto químico}) \times (\text{kg de producto químico/m}^3 \text{ de efluente})$$

Nota N° 2: Para calcular los US\$/mes se aplicó la fórmula:

$$(\text{US\$/kg de producto químico}) \times (\text{kg de producto químico/m}^3 \text{ de efluente}) \times (\text{m}^3 \text{ de efluente/mes})$$

CONCLUSIONES

- Los contaminantes del efluente son principalmente orgánicos, lo que se evidencia en los altos valores de la DBO y la DQO de la cabeza, los cuales no cumplen con los VMA del DS 021-2009 del Ministerio de Vivienda. Por ello, dichos niveles se constituyen como los parámetros críticos del tratamiento a investigar. De la materia prima usada en el proceso industrial se deduce que el grueso de los contaminantes está compuesto por proteínas, bajo la forma de sólidos coloidales, es decir no solubles en el agua.
- Desde el punto de vista técnico, los cuatro métodos empleados A, B, C y D, (con algunas excepciones en los dos primeros) logran remover la DQO hasta alcanzar valores que cumplen con los VMA del DS 021-2009 y 001-2015, ambos del Ministerio de Vivienda.
- El método de tratamiento C es el que mejor se ajusta a los VMA exigidos por el DS 021-2009 y 001-2015 del Ministerio de Vivienda, pues llega a menores valores finales de DQO y, por ende, produce mayor remoción de contaminantes con respecto a la cabeza inicial.

- Al analizar los OPEX químicos, el método C presenta las dosis óptimas y por lo tanto menores costos operativos. Ello, junto a su ventaja técnica lo que lo reafirma como el método seleccionado para continuar el estudio.
- El método más adecuado de tratamiento fisicoquímico para remover la contaminación orgánica del efluente proveniente de una fábrica de salsas orientales es el método C.
- La secuencia de método C es: alcalinización – precipitación de proteínas – coagulación – floculación, seguida de separación sólido – líquido y adsorción con carbón activado.
- El mayor costo-eficiencia del método C para tratar el efluente de esta fábrica de salsas orientales que se observa en esta investigación debe confirmarse en un estudio piloto en condiciones de caudal en continuo de efluente recién generado, monitoreo y control en periodos de trabajo para corroborar las etapas del proceso, así como las dosis y costos operativos de los químicos, energía y personal sobre una proyección de costos de capital (CAPEX) de la planta, además de sentar las bases de lo que será el diseño e ingeniería de la futura planta de tratamiento.

REFERENCIAS

- Crites, R. y Tchobanoglous, G. (2000). *Small and Decentralized Wastewater Management Systems*. Boston: McGraw-Hill.
- Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. DS. 00-2015 (09 de enero del 2015). En *Normas Legales*, N° 544502. Diario Oficial "El Peruano". Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- Gastronomía & Cía. (2011). *Moromi*. Recuperado de <https://gastronomiaycia.republica.com/2011/01/16/moromi/>
- Gómez, L., Urkiaga, A., Gutiérrez M. y De las Fuentes, L. (2000). Foto oxidación de vertidos químicos: revisión y experiencias de procesos de oxidación avanzada. *Ingeniería química*, 32 (371), 211-216.
- Lombraña, J., Varona, F., Menéndez, A. y de Luis, A. (2009). Kinetic study and hydrogen peroxide consumption of phenolic compounds oxidation by Fenton's Reagent. *Korean Journal Chemical Engineering*, 26 (1), 41-48.
- Orozco, C., et al. (2005). *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*. Madrid: Editorial Thomson.
- Salas, A. (1993). *Recuperación e identificación de las proteínas sarcoplasmáticas eliminadas en la elaboración de Surimi de sardina*. (Tesis de Ingeniero), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima.

- [8] Severiche, C., et al (2013). *Manual de métodos analíticos para la determinación de parámetros fisicoquímicos básicos en aguas*. Cartagena de Indias: Biblioteca Virtual Eumed. Recuperado de www.eumed.net
- [9] Ranade, V. & Bhandari, V. (2014). *Industrial Wastewater Treatment, Recycling, and Reuse*. Oxford: Elsevier.
- [10] Yáñez, F. (1998). *Criterios para selección de sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).
- [11] Salsa de soja (2017). Salsa de Soja china y japonesa ¿conoces los diferentes tipos?. Recuperado de <http://salsadesoja.com/conoces-la-salsa-soja/>
- [12] Facultad de Química (2011). *Estructura de los aminoácidos*. Mexico D.F: Departamento de programas audiovisuales - Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de <http://depa.fquim.unam.mx/proteinas/estructura/EPamm1.html>

Enrique Cáceres Aguinaga

Ingeniero Metalúrgico por la Universidad de Lima. Maestría en Ciencias Ambientales en la Universidad Nacional Agraria La Molina-UNALM. Especialización en Gestión de la Calidad Total, en Tokio-Japón. Experiencia en el sector industrial y metalúrgico. Docente-consultor en el Departamento de Minería, Química y Metalurgia de Tecsup; docente del diplomado en Sistemas Integrados de Gestión en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Consultor en la ONG Kallpa para WeltHungerHilfe, Comisión Europea en gestión de riesgos de desastres.

@ ecaceres@tecsup.edu.pe

María Janet Reque Córdova

Bióloga por la Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Estudios de Biología Molecular Vegetal en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Experiencia en la industria alimentaria como analista de control de calidad en la empresa Icatom S.A., como jefa de control de calidad en plantas agroexportadoras de diversos productos agrícolas, así como asesora externa en biología molecular vegetal para diversas entidades. Actualmente, trabaja en la empresa Stockholm Mining S.A.C. que ofrece soluciones integrales en el tratamiento de aguas y de efluentes industriales.

@ greque@consorciostockholm.com

César Daniel Vásquez Rodríguez

Ingeniero Metalúrgico por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Estudios de diplomado en Sistemas de Gestión Integrada en EHSQ group y Sistema de Gestión QA/QC en Tecsup. Miembro del Colegio de Ingenieros del Perú. Experiencia en la industria metalúrgica de fundición como supervisor en el Área de Procesos de Diseño de Sistema de Alimentación en AutoCAD, en la industria de la corrosión como supervisor de sistema de protección catódica e integridad de ductos en el Proyecto de Camisea en Malvinas Provincia de Echarte, La Convención, Cusco. Actualmente, trabaja en la empresa Stockholm Mining S.A.C. que ofrece soluciones integrales en el tratamiento de aguas y de efluentes industriales.

@ cvasquez@consorciostockholm.com

ACERCA DE LOS AUTORES

Huguez Enrique Ames Ramírez

Ingeniero Químico por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Magister en docencia universitaria por la Universidad de Piura. Miembro del Colegio de Ingenieros del Perú. Experiencia en la industria química y metalúrgica, principalmente en el tratamiento de aguas residuales de procedencia doméstica e industrial. Ha sido docente en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima; la Universidad Continental, Huancayo y el Instituto de Ciencias y Humanidades, Lima. Es autor de diversos textos universitarios y preuniversitarios. Ha sido consultor del Ministerio de Educación en currículo, evaluación y materiales en ciencias. Actualmente, es coordinador de la carrera de Procesos Químicos y Metalúrgicos de Tecsup Lima. Además es consultor técnico para una empresa dedicada al tratamiento de aguas y de efluentes industriales.

@ hames@tecsup.edu.pe