



UNIVERSIDAD DEL MAR
campus Puerto Ángel

**MEJORAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE
ALGINATO DE SODIO DEL ALGA *Sargassum horridum*
(FUCALES: SARGASSACEAE), DE LA BAHÍA DE LA PAZ,
B.C.S. MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el Título Profesional de
Licenciada en Biología Marina

Presenta

Ixchel Adriana Loa Ramírez

Director

Dr. Gustavo Hernández Carmona

Co-Director

Dr. Pedro Cervantes Hernández

Ciudad Universitaria, Puerto Ángel, Oaxaca, México a 2019.

Resumen

La macroalga café de género *Sargassum* es un importante recurso que se puede aprovechar en las industrias: farmacéutica, alimenticia, textil, etc., debido a la calidad y cantidad del alginato obtenido de esta. Se llevó a cabo la producción de alginato de sodio con alga café *Sargassum horridum*, reduciendo el volumen de agua y reactivos en diferentes etapas del proceso. Se determinó el rendimiento y el costo de producción para mejorar el proceso de producción. La composición y estructura del alginato se caracterizó por la viscosidad, fuerza de gel y color. Se logró incrementar el rendimiento obteniendo valores de 13.5% y en la fuerza de gel con valores de 2,442 g/cm², la viscosidad se mantuvo con valores normales bajos de 86 mPa·s. Además se obtuvo el costo de producción de \$28 USD por kg, lo que resulta en un ahorro de \$13 USD, en la producción total por cada 1kg de alginato de sodio con la implementación del método con reducción de agua y pre-cocción neutra.

Palabras clave: Alginato, fuerza de gel, producción, rendimiento, *Sargassum*.

Para mi mamá

Gracias por siempre estar para mí.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gustavo Hernández Carmona por dejarme realizar esta tesis y apoyarme con todo lo necesario para concluirla. Gracias por su apoyo brindado.

Al Dr. Pedro Cervantes Hernández por todo el apoyo en la conclusión de la tesis, por todo el conocimiento brindado y por ser un gran maestro.

A los integrantes del Laboratorio de Química de Algas Marinas, todos los conocimientos enseñados y el apoyo para la realización de la tesis, M.C. Dora Luz Arvizu Higuera y M.C. Yoloxochitl Elizabeth Rodríguez Montesinos. Y especialmente a los "AMIPRONATS" por todos sus consejos y apoyo.

A los revisores, muchas gracias por tomarse el tiempo de corregir, Dra. Susana García Ortega, M. en C. Alejandra Torres Ariño y M. en C. Francisco Becerril Bobadilla.

A todo el personal de la Universidad del Mar que aceleró los trámites para que todo saliera en tiempo en especial a Citlali Cuchcatla.

A mi familia que siempre está para quererme y apoyarme.

A mis amigos por coincidir.

A Jenny Cianciarulo, que fue la primera persona en alentarme para estudiar lejos de casa.

A José y Kobu por acompañarme estos 5 años y ser los más Pichis.

Índice general

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Morfología de <i>Sargassum horridum</i>	2
1.2 Distribución y abundancia	3
1.3 Alginatos, función biológica	4
1.4 Estructura química del alginato	4
1.5 Proceso de extracción de alginatos	6
1.6 Producción en México	7
2. ANTECEDENTES	8
3. JUSTIFICACIÓN	11
4. HIPÓTESIS	12
5. OBJETIVO GENERAL	13
6. MATERIALES Y MÉTODOS	14
6.1 Trabajo de campo	14
6.2 Trabajo experimental	15
6.2.1 Proceso control para la extracción de alginato de sodio (Pcont)	15
6.2.2 Proceso con reducción de agua para la extracción de alginato de sodio	16
6.2.3 Evaluación del proceso de extracción y caracterización de las propiedades reológicas.....	17
6.2.4 Costos de producción	18
6.2.5 Blanqueamiento del alginato.....	18
6.2.6 Determinación de color	19
6.3 ANÁLISIS DE DATOS	20
6.3.1 Modificaciones en el consumo de agua potable por etapas	20
6.3.2 Implementación del Pcont y modificación del proceso con menor volumen de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu)	24
7. RESULTADOS	29
7.1 Modificaciones en el consumo de agua potable por etapas	29

7.2 Implementación del Pcont y modificación del proceso con menor volumen de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu)	39
8. DISCUSIÓN	51
9. CONCLUSIONES	59
10. REFERENCIAS	60
11. ANEXOS	67

Índice de Figuras

Figura 1. Morfología de <i>Sargassum horridum</i> . Tomado de Méndez-Trejo (2013).....	2
Figura 2. Monómeros del ácido algínico. Modificado de McHugh (1987).....	4
Figura 3. Segmentos del ácido algínico: Bloques (-M-)n, ácido β -D-Manurónico; Bloques (-G-)n, ácido α -L-Gulurónico (Tomado de Lobban y Harrison 1994).....	5
Figura 4. Secuencia de los bloques del ácido algínico: a) Bloques GG; b) Bloques MM; c) Bloques MGMG (Tomado de Fu et al. 2011).....	5
Figura 5. Proceso completo de producción de alginato de sodio. (Modificado de Yabur-Pacheco 2007).....	7
Figura 6. Localización de los puntos de muestreo de <i>S. horridum</i> en La Bahía de La Paz y San Juan de la costa, Baja California Sur.....	14
Figura 7. Proceso MCN_1 para convertir el rendimiento (R en %), (circulo blanco de entrada a la izquierda) a Probabilidad de Rendimiento P(R) en el proceso con menor volumen de agua y pre-cocción neutra (Pneu) y en el proceso control (Pcont) (Círculos blancos de salida a la derecha). Capas de aprendizaje: primera (triángulo rojo), segunda (cuadrados coloridos) y tercera (cuadrados blancos).....	27
Figura 8. Proceso MCN_2 para convertir la Viscosidad (V en mPa·s), (circulo blanco de entrada a la izquierda) a Probabilidad de Viscosidad P(V) en el proceso con menor volumen de agua y pre-cocción neutra (Pneu) y en el proceso control (Pcont) (Círculos blancos de salida a la derecha). Capas de aprendizaje: primera (triángulo blanco), segunda (cuadrados coloridos) y tercera (cuadrado rosa).....	27
Figura 9. Proceso MCN_3 para convertir la Fuerza de Gel (FG en g/cm ²), (circulo blanco de entrada a la izquierda) a Probabilidad de Fuerza de gel P(FG) en el proceso con menor volumen de agua y pre-cocción neutra (Pneu) y en el proceso control (Pcont) (Círculos blancos de salida a la derecha). Capas de aprendizaje: primera (triángulo rojo), segunda (círculos coloridos) y tercera (cuadrados blancos).....	28
Figura 10. Consumo de agua potable y formaldehído en la etapa de hidratación en los proceso control (Pcont) y el proceso con reducción de agua, a diferentes volúmenes de agua en proporción alga:agua 1:10 (H10), 1:8 (H8), 1:6 (H6), 1:5 (H5) y 1:4 (H4).....	30
Figura 11. Consumo de ácido clorhídrico para ajustar el pH a 2 en la etapa de pre-extracción ácida en los proceso control (Pcont) y el proceso con reducción de agua, con diferentes volúmenes de agua en proporción alga:agua 1:15 (Pre15), 1:10 (Pre10), 1:7 (Pre7) y 1:5 (Pre5).....	32
Figura 12. Comparación del rendimiento (R), viscosidad ($V \cdot 10^1$) y fuerza de gel ($FG \cdot 10^2$) en la etapa de hidratación y pre-extracción ácida en los proceso control (Pcont) y el proceso con reducción de agua, a diferentes volúmenes de agua en proporción alga:agua para la hidratación: 1:10 (H10), 1:8	

(H8), 1:6 (H6), 1:5 (H5) y 1:4 (H4) y para la pre-extracción ácida 1:15 (Pre15), 1:10 (Pre10), 1:7 (Pre7) y 1:5 (Pre5).....	33
Figura 13. Comparación del rendimiento (R), viscosidad ($V \cdot 10^1$) y fuerza de gel ($FG \cdot 10^2$) en la etapa de extracción alcalina y dilución en los proceso control (Pcont) y el proceso con reducción de agua, con diferentes volúmenes de agua en proporción alga:agua para la etapa de extracción alcalina: 1:15 (Ex15) 1:10 (Ex10) y para la dilución y filtración 1:20 (Di20), 1:15 (Di15), 1:10 (Di10).....	35
Figura 14. Consumo de carbonato de sodio para ajustar el pH a 10 en la etapa de extracción alcalina en los proceso control (Pcont) y el proceso con reducción de agua, con diferentes volúmenes de agua en proporción alga:agua 1:15 (Ex15) y 1:10 (Ex10).....	36
Figura 15. Comparación del rendimiento (R), viscosidad ($V \cdot 10^1$) y fuerza de gel ($FG \cdot 10^2$) en todas las etapas de los proceso control (Pcont) y el proceso con reducción de agua, a diferentes volúmenes de agua en proporción alga:agua: para la etapa de hidratación: 1:10 (H10), 1:8 (H8), 1:6 (H6), 1:5 (H5) y 1:4 (H4); para la etapa de pre-extracción ácida: 1:15 (Pre15), 1:10 (Pre10), 1:7 (Pre7) y 1:5 (Pre5); para la etapa de extracción: 1:15 (Ex15)1:10 (Ex10); para la etapa de dilución y filtración: 1:20 (Di20), 1:15 (Di15), 1:10 (Di10).....	38
Figura 16. Tendencias de probabilidad del rendimiento P(R) en los para los procesos control (Pcont) y proceso con reducción de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu).....	41
Figura 17. Tendencias de probabilidad de la viscosidad P(V) en los para los procesos control (Pcont) y proceso con reducción de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu).	42
Figura 18. Tendencias de probabilidad de la Fuerza de gel P(FG) en los para los procesos control (Pcont) y proceso con reducción de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu).	43
Figura 19. Grafico Perceptual de clasificación por análisis de correspondencia, las variables a corresponder son los procesos control (Pcont) y proceso con reducción de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu) y las variables probabilidad del rendimiento P(R), probabilidad de la viscosidad P(V) y la probabilidad de la fuerza de gel P(FG).....	44
Figura 20. Color de solución de alginato en solución al 1%. A) Alginato sin NaClO; B) Alginato con 0.5 mL de NaClO; C) Alginato con 1 mL de NaClO; D) Alginato con 2 mL de NaClO; E) Alginato con 3 mL de NaClO; F) Alginato de CICIMAR; G) Alginato de Sigma®.....	47
Figura 21. Absorción a una longitud de onda de 510 nm de los diferentes tratamientos de alginato con NaClO.....	48
Figura 22. Proporciones alga:agua para el proceso con menor volumen de agua y pre-cocción neutra (Pneu).....	54

Figura 23. Matriz 5 YR tomada de Munsell (2009).....	68
Figura 24. Matriz 7.5 YR tomada de Munsell (2009).....	68
Figura 25. Matriz 10 YR tomada de Munsell (2009).....	69
Figura 26. Matriz 2.5 YR tomada de Munsell (2009).....	69

Índice de tablas

Tabla 1. Matriz del rendimiento (R), viscosidad (V) y fuerza de gel (FG) para cada etapa de los procesos control (Pcont) y proceso con reducción de agua.....	65
Tabla 2. Matriz del rendimiento (R), viscosidad (V) y fuerza de gel (FG) para para el análisis de Modelos de clasificación neuronal para los procesos control (Pcont) y proceso con reducción de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu).....	66
Tabla 3. Matriz de contingencia con los promedios de la probabilidad del rendimiento P(R), probabilidad de la viscosidad P(V) y la probabilidad de la fuerza de gel P(FG) para para el análisis de correspondencia para los procesos control (Pcont) y proceso con reducción de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu).....	66
Tabla 4. Matriz de correspondencia con los promedios de la probabilidad del rendimiento P(R), probabilidad de la viscosidad P(V) y la probabilidad de la fuerza de gel P(FG) para para el análisis de correspondencia para los procesos control (Pcont) y proceso con reducción de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu).....	67
Tabla 5. Comparación del volumen de agua potable utilizado con el proceso control de Hernández-Carmona et al. 2012 y proceso con reducción de agua, cambiando la pre-extracción ácida por la pre-cocción neutra (Pneu) para procesar 1 Kg de alga seca.....	45
Tabla 6. Color por longitud de onda a 510nm y por tablas de Munsell (2009).....	67
Tabla 7. Costos de la materia prima para producir 1kg de alginato de sodio con el proceso Pneu.....	49
Tabla 8. Costos totales para producir 1 kg de alginato de sodio con el Pneu.....	49
Tabla 9. Costos de la materia prima para producir 1kg de alginato de sodio con el proceso Pcont.....	50
Tabla 10. Costos totales para producir 1 kg de alginato de sodio con el proceso Pcont.....	50
Tabla 11. Comparación del rendimiento (%) de alginatos de <i>S. horridum</i> con el de otras algas. (Modificado de Di Filipo-Herrera <i>et al.</i> 2018).....	55