



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Trabajo de Integración Curricular, previo a la obtención del título de Ingeniería en Biotecnología

“Establecimiento del proceso de obtención de quitosano a partir del (*Arapaima gigas*) Paiche (Escamas), considerando distintos métodos de extracción y su aplicación como biopelícula en distintos vegetales frescos (I Gama)”

Autor: Christopher Andrés Cuenca Soto

Director: PhD. Sungey Naynee Sánchez Llaguno

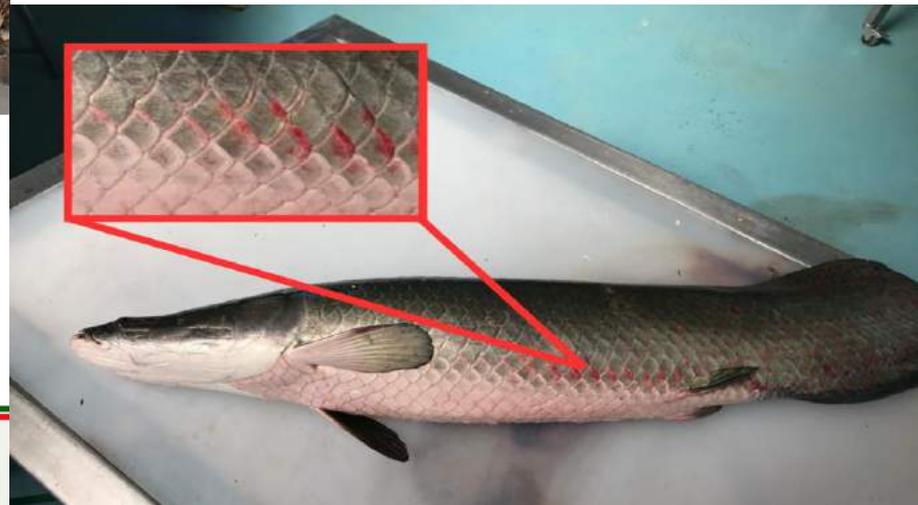


Introducción



La región amazónica del Ecuador alberga una especie de pez de agua dulce de gran relevancia ecológica, cultural y económica: el paiche (*Arapaima gigas*).

Su carne es especialmente valorada por su exquisito sabor y calidad nutricional, sin embargo, para asegurar una correcta gestión acuícola y maximizar los beneficios de los productores locales, resulta esencial promover el aprovechamiento de todo el espécimen.



Proyecto de vinculación: “Estudio del manejo del paiche y su influencia en la composición y valoración nutricional para su aprovechamiento en la industria agroalimentaria, como alternativa para diversificar la oferta de productos semielaborados y en conserva de la asociación de producción acuícola ‘ASOARAPAIMA’ en la provincia de Sucumbíos”

Objetivos

General

- Establecer el proceso de obtención de quitosano a partir de las escamas de paiche (*Arapaima gigas*), considerando distintos métodos de extracción y su aplicación como biopelícula en distintos vegetales frescos (I Gama).

Específicos

- Realizar la extracción de quitosano a partir de las escamas de paiche mediante el método químico y el método hindú.
- Identificar el mejor método de extracción evaluando el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas del quitosano obtenido a partir de las escamas de paiche.
- Formular soluciones filmogénicas de quitosano combinado con dos tipos de polisacáridos (almidón de yuca y agar-agar) para su aplicación como biopelículas.
- Analizar el efecto de las soluciones filmogénicas enriquecidas con quitosano, al ser aplicadas como biopelículas en dos tipos de vegetales frescos (I Gama).



Hipótesis

Nula

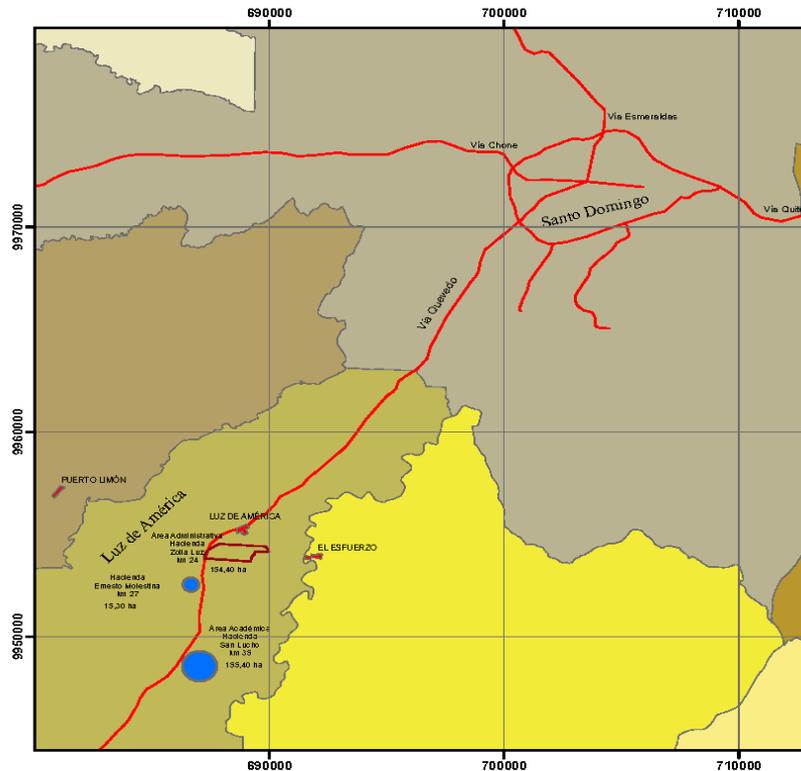
- **Ho:** El método de extracción no afecta al rendimiento y a las propiedades fisicoquímicas del quitosano obtenido a partir de escamas de paiche.
- **Ho:** La formulación de quitosano no influye en la efectividad de las biopelículas para la conservación de vegetales frescos (I Gama).
- **Ho:** El tipo de solución filmogénica no influye en la efectividad de las biopelículas para la conservación de vegetales frescos (I Gama).
- **Ho:** El efecto de las interacciones entre la formulación de quitosano y el tipo de solución filmogénica no influyen en la efectividad de las biopelículas para la conservación de vegetales frescos (I Gama).

Alternativa

- **Ha:** El método de extracción afecta al rendimiento y a las propiedades fisicoquímicas del quitosano obtenido a partir de escamas de paiche.
- **Ha:** La formulación de quitosano influye en la efectividad de las biopelículas para la conservación de vegetales frescos (I Gama).
- **Ha:** El tipo de solución filmogénica influye en la efectividad de las biopelículas para la conservación de vegetales frescos (I Gama).
- **Ha:** El efecto de las interacciones entre la formulación de quitosano y el tipo de solución filmogénica influyen en la efectividad de las biopelículas para la conservación de vegetales frescos (I Gama).



Materiales y métodos: Ubicación del área de investigación



- Laboratorio de Bromatología y Bociencias.
- Campus IASA II de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”, Extensión Santo Domingo.
- Parroquia Luz de América, Hacienda Zoila Luz, vía Quevedo km. 24 margen izquierdo.



Materiales y métodos: Diseño experimental

Extracción de quitosano

Variables independientes:
método de extracción químico
y método de extracción hindú

Variables dependientes:
rendimiento, grado de
desacetilación (DDA),
humedad y cenizas

Técnicas estadísticas:
Prueba t de Student para
muestras independientes
($p < 0,05$) y d de Cohen

Tamaño de muestra:
5 repeticiones por cada
método de extracción
(10 unidades experimentales)

Software: IBM SPSS Statistics 29



Materiales y métodos: Diseño experimental

Evaluación de los recubrimientos en vegetales frescos

Factores de estudio	Simbología	Niveles
Factor A: Formulación de quitosano	a0	CHH
	a1	CHQ
	a2	N/A
Factor B: Solución filmogénica	b0	AL
	b1	AG

Tipo de diseño: DBCA con arreglo factorial AxB (3x2) con 4 repeticiones y 24 unidades experimentales

Variables dependientes: sólidos solubles totales (°Bx), acidez titulable, pH, humedad, dureza y delta E

Tratamientos	Simbología	Descripción
T1	a0 b0	Quitosano obtenido por método hindú + almidón de yuca
T2	a0 b1	Quitosano obtenido por método hindú + agar-agar
T3	a1 b0	Quitosano obtenido por método químico + almidón de yuca
T4	a1 b1	Quitosano obtenido por método químico + agar-agar
T5	a2 b0	Sin aplicar quitosano + almidón de yuca
T6	a2 b1	Sin aplicar quitosano + agar-agar

Técnicas estadísticas: Análisis de varianza (ANOVA) y análisis de componentes principales (PCA)

Análisis funcional: Prueba de significancia de Tukey ($p < 0,05$)

Software: Statistica v10.0



Materiales y métodos: Extracción de quitosano

Pretratamiento de las escamas de paiche



Lavado 80 °C x 20 min



Secado 70 °C x 24 h



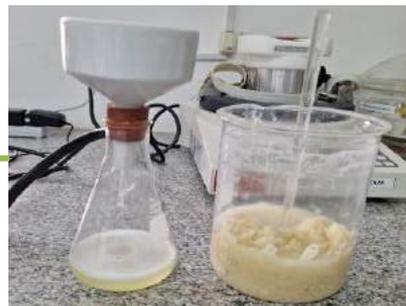
Molienda 600W x 1 h



Tamizado malla N° 20



Secado 70 °C x 12 h

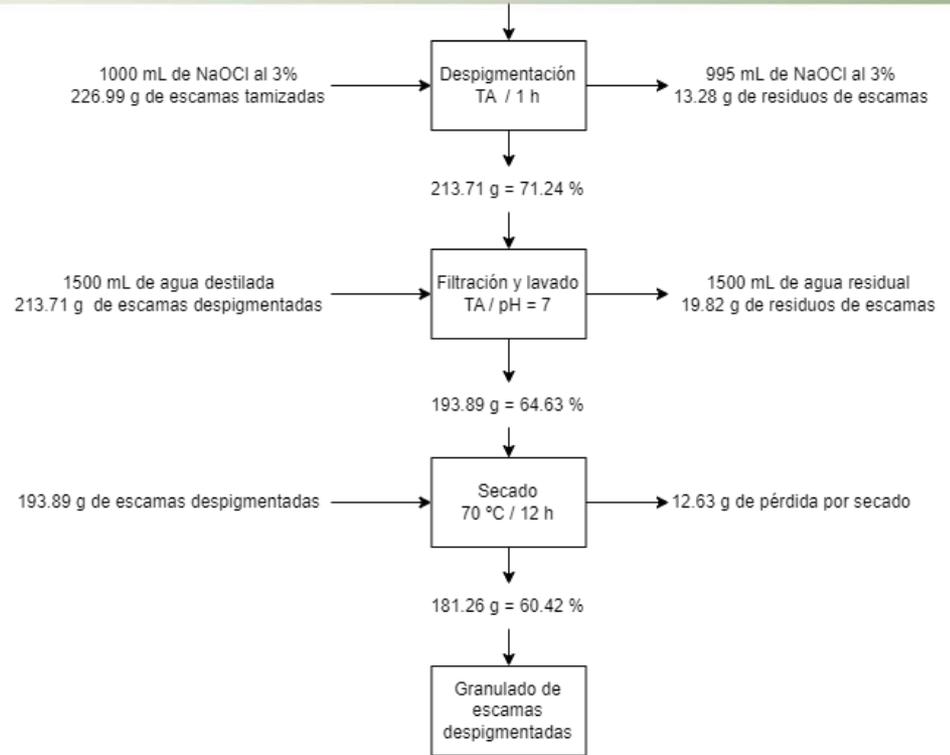
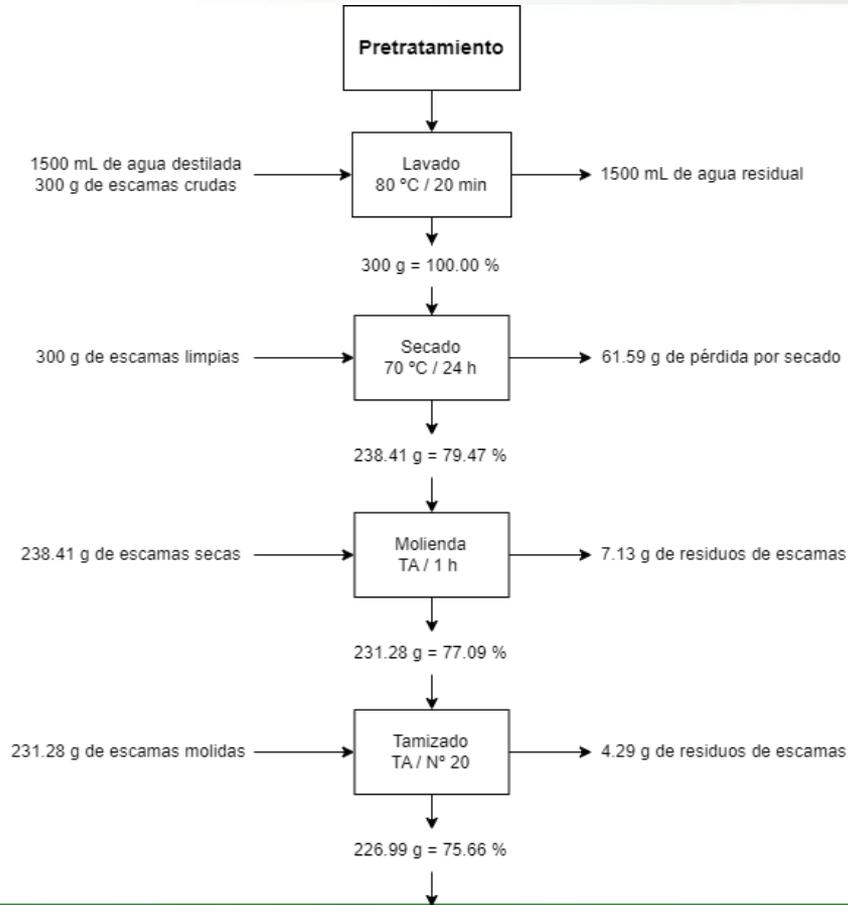


Filtración y Lavado
Agua destilada / pH ≈ 7



Despigmentación
NaOCl 3% / 3:10 (p/v)

Balance de materiales: Extracción de quitosano

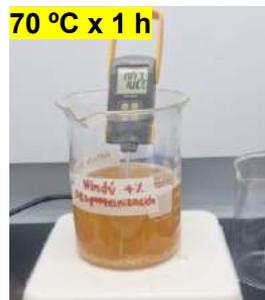


$$\text{Rendimiento} = \frac{181.26 \text{ g}}{300.00 \text{ g}} \times 100\% = 60.42\%$$



Materiales y métodos: Extracción de quitosano

Extracción mediante el método hindú



Desproteinización
NaOH 4% / 3:10 (p/v)



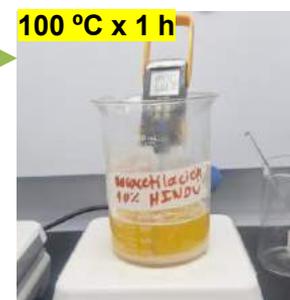
Filtración y Lavado
Agua destilada / pH ≈ 7



Desmineralización
HCl 5% / 3:10 (p/v)



Filtración y Lavado
Agua destilada / pH ≈ 7



Desacetilación
NaOH 50% / 3:5 (p/v)



Almacenamiento TA



Molienda x 3 min



Secado 50 °C x 48 h

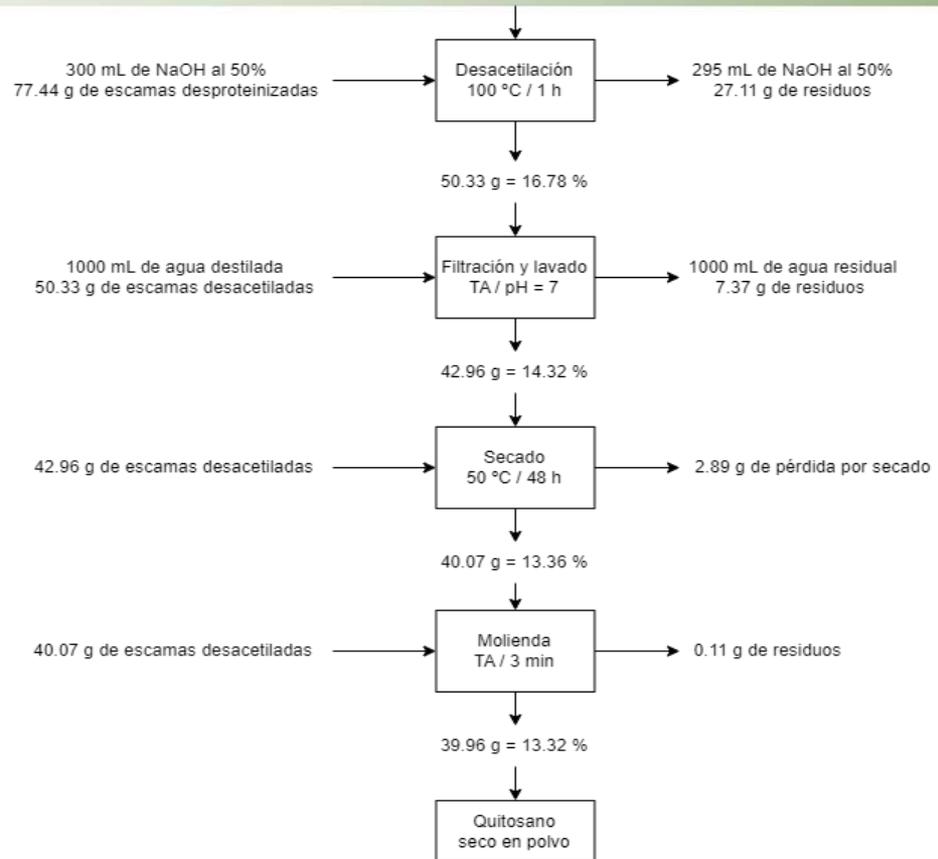
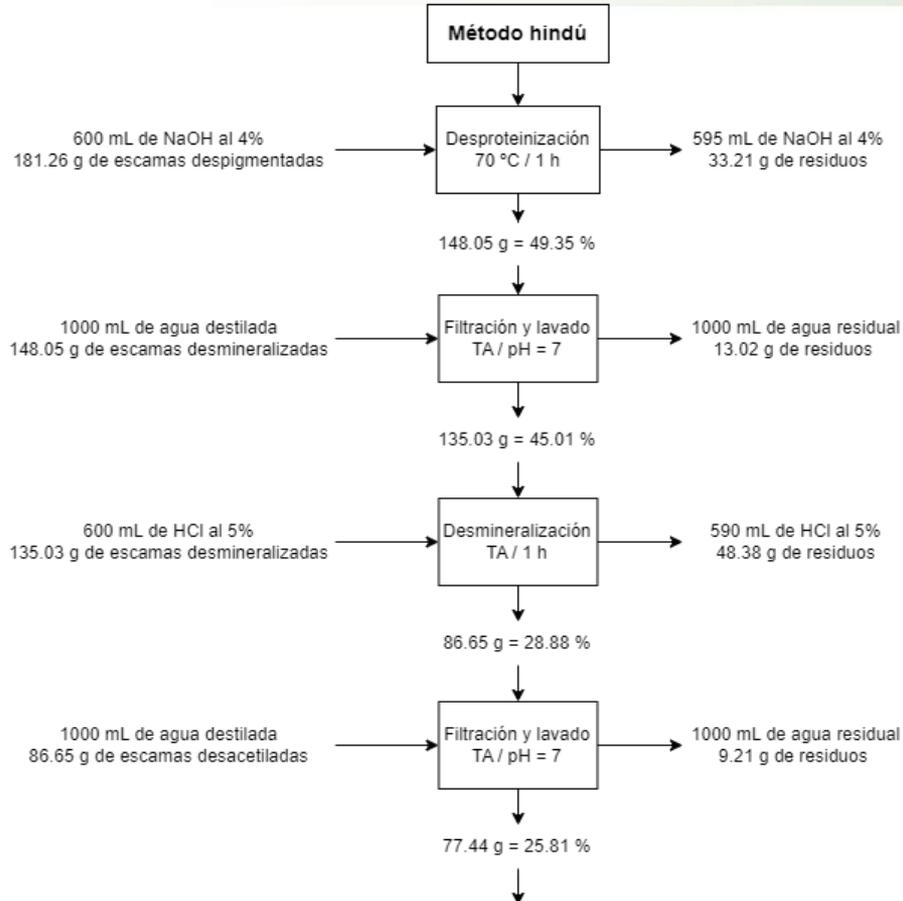


Filtración y Lavado
Agua destilada / pH ≈ 7



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Balance de materiales: Extracción de quitosano

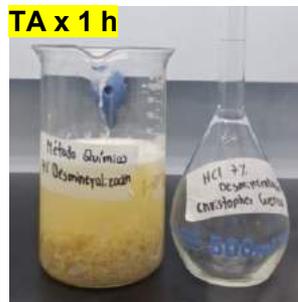


$$\text{Rendimiento} = \frac{39.96 \text{ g}}{300.00 \text{ g}} \times 100\% = 13.32\%$$

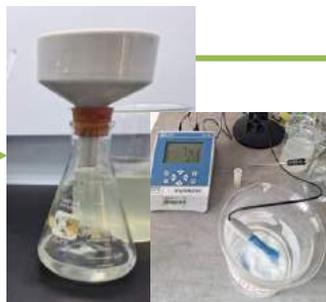


Materiales y métodos: Extracción de quitosano

Extracción mediante el método químico



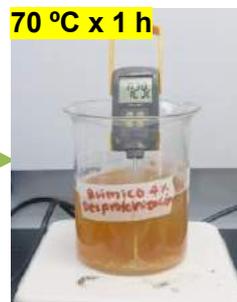
Desmineralización
HCl 7% / 3:10 (p/v)



Filtración y Lavado
Agua destilada / pH ≈ 7



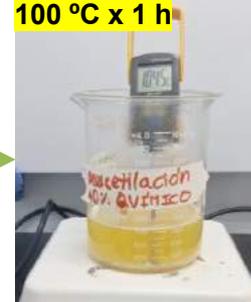
Secado 70 °C x 12 h



Desproteínización
NaOH 4% / 3:10 (p/v)



Filtración



Desacetilación
NaOH 40% / 3:5 (p/v)



Almacenamiento TA



Molienda x 3 min

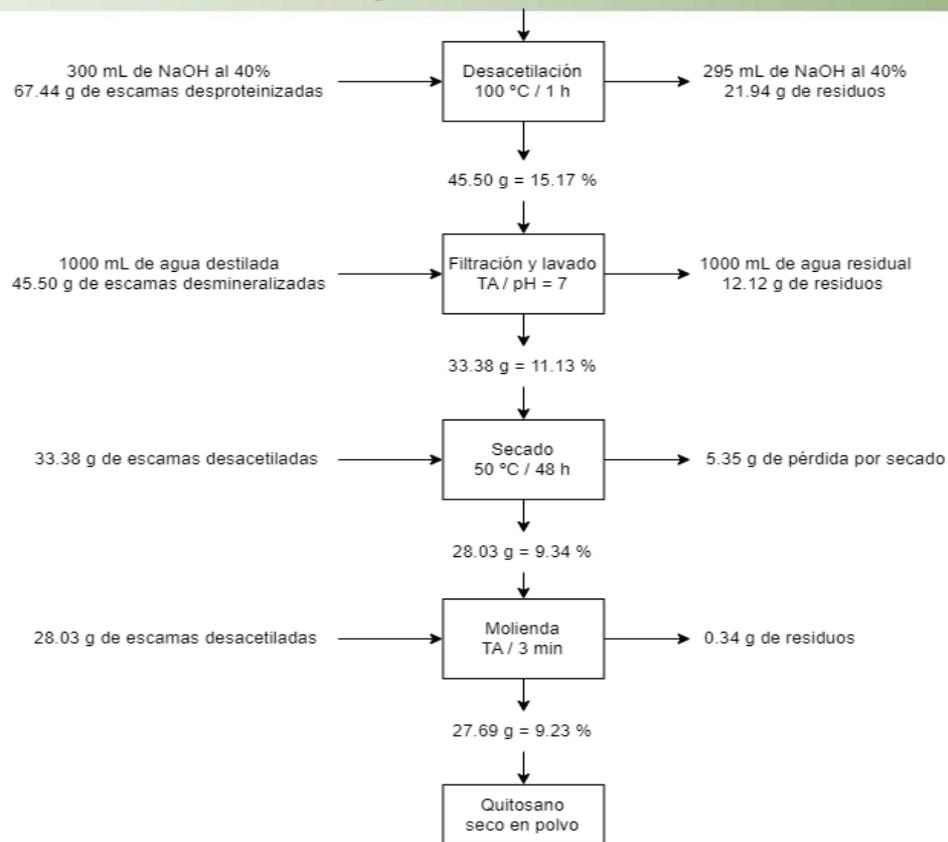
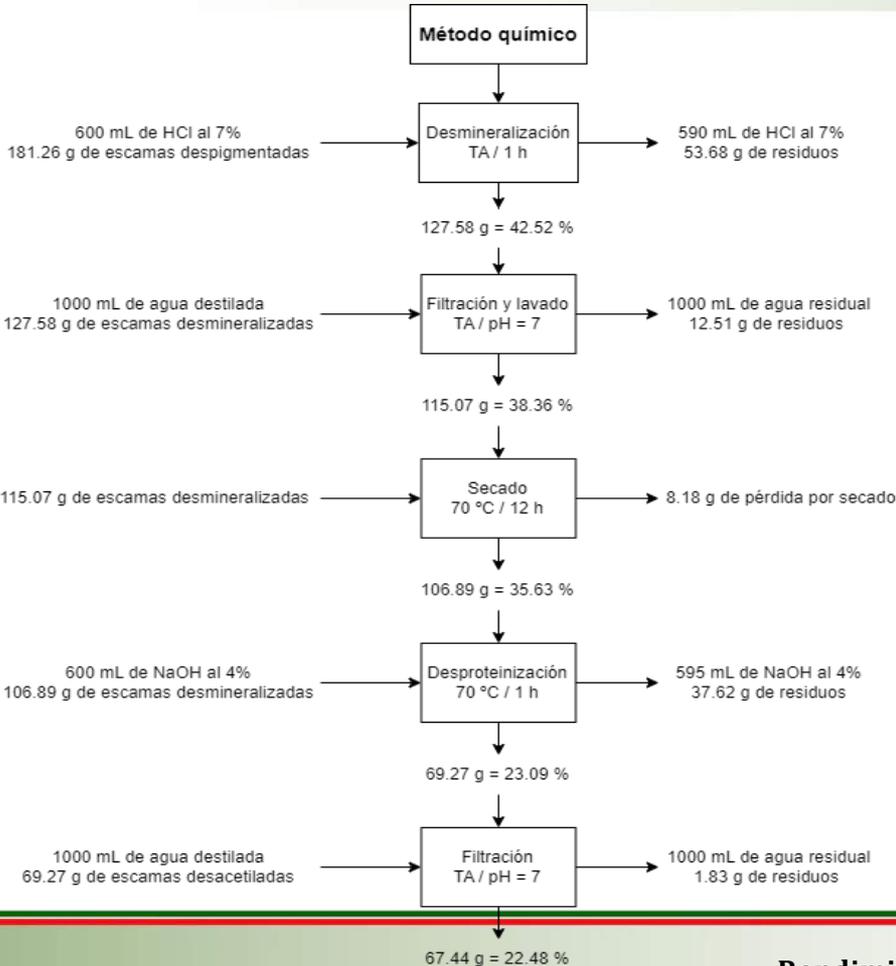


Secado 50 °C x 48 h



Filtración y Lavado
Agua destilada / pH ≈ 7

Balance de materiales: Extracción de quitosano



$$\text{Rendimiento} = \frac{27.69 \text{ g}}{300.00 \text{ g}} \times 100\% = 9.23\%$$



Materiales y métodos: Extracción de quitosano

Evaluación del proceso de extracción

Prueba cualitativa



0.1 g en 5 mL de AA 1%

(Yusharani et al., 2019)

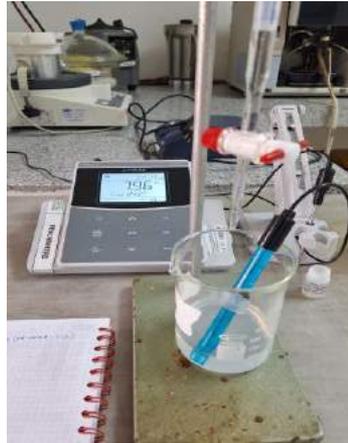
Rendimiento



$$R = \frac{P2}{P1} \times 100$$

(Qamarul et al., 2019)

Grado de desacetilación (DDA)



$$DDA = C \times \frac{N \times (V2 - V1)}{W1} \times 100$$

(Qamarul et al., 2019)
(Pérez & Vilas, 2018)

Humedad



$$H = \frac{M1 - M2}{M0} \times 100$$

(Espinales y Hojas, 2020)

Cenizas



$$C = \frac{M1 - M2}{M0} \times 100$$

(Espinales y Hojas, 2020)



Materiales y métodos: Conservación de vegetales frescos

Preparación de soluciones y recubrimiento de vegetales frescos



Preparación solución base
70 °C x 30 min / 300 rpm



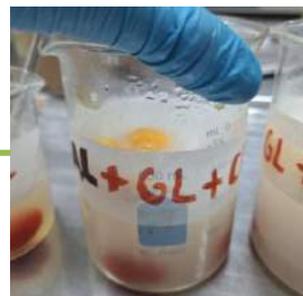
Preparación solución quitosano
40 °C x 30 min / 300 rpm



Homogeneización
40 °C / 300 rpm



Desinfección
Ácido cítrico 2% x 5 min



Inmersión
TA x 5 min



Secado
TA x 1 min



Almacenamiento
8 °C x 14 días

Materiales y métodos: Conservación de vegetales frescos

Evaluación de los recubrimientos formulados

Tiempo de gelificación



INEN 1520

Potencial de hidrógeno



INEN 389

Acidez titulable



INEN 381

Sólidos solubles totales (°Bx)



(Romero et al., 2020)

Materiales y métodos: Conservación de vegetales frescos

Evaluación de los recubrimientos formulados

Dureza



(Sarango, 2023)

Humedad



(Zhang et al., 2023)

Diferencia total de color



(Zhao et al., 2023)

$$\Delta E = \sqrt{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2}$$

ΔE : Diferencia total de color.

L_1^* : Luminosidad pretratamiento.

(40,50 para el tomate cherry y 49,91 para la uvilla).

L_2^* : Luminosidad postratamiento.

a_1^* : Intensidad rojo/verde pretratamiento.

(49,60 para el tomate cherry y 25,11 para la uvilla).

a_2^* : Intensidad rojo/verde postratamiento.

b_1^* : Intensidad amarillo/azul pretratamiento.

(31,59 para el tomate cherry y 50,23 para la uvilla).

b_2^* : Intensidad amarillo/azul postratamiento.



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA

Materiales y métodos: Conservación de vegetales frescos

Evaluación de los recubrimientos formulados

Análisis sensorial

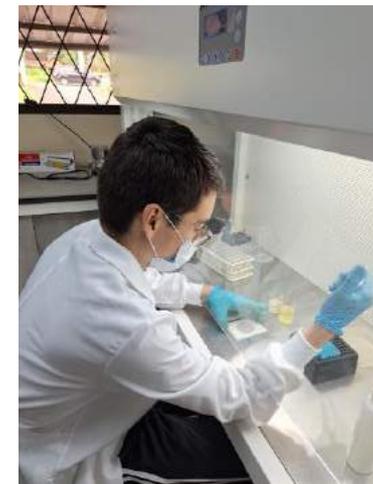
Fecha:		Nombre:						
PARÁMETROS		TRATAMIENTOS						
COLOR	PTS	AG	CHQ + AG	CHH + AG	AL	CHQ + AL	CHH + AL	
Rojo claro brillante	5							
Rojo claro opaco	4							
Rojo opaco	3							
Rojo marrón	2							
Rojo marrón oscuro	1							
AROMA								
Típico a vegetal fresco	5							
Sin olor característico	4							
Olor no característico	3							
Desagradable	2							
Muy desagradable	1							
SABOR								
Muy bueno	5							
Bueno	4							
Satisfactorio	3							
Poco satisfactorio	2							
No satisfactorio	1							
TEXTURA								
Muy lisa	5							
Poco lisa	4							
Ni lisa ni rugosa	3							
Poco rugosa	2							
Muy rugosa	1							
ACEPTABILIDAD								
Excelente	5							
Bueno	4							
Regular	3							
Malo	2							
Muy malo	1							

Ficha sensorial para tomate

Fecha:		Nombre:						
PARÁMETROS		TRATAMIENTOS						
COLOR	PTS	AG	CHQ + AG	CHH + AG	AL	CHQ + AL	CHH + AL	
Anaranjado claro brillante	5							
Anaranjado claro opaco	4							
Anaranjado opaco	3							
Anaranjado marrón	2							
Anaranjado marrón oscuro	1							
AROMA								
Típico a vegetal fresco	5							
Sin olor característico	4							
Olor no característico	3							
Desagradable	2							
Muy desagradable	1							
SABOR								
Muy bueno	5							
Bueno	4							
Satisfactorio	3							
Poco satisfactorio	2							
No satisfactorio	1							
TEXTURA								
Muy lisa	5							
Poco lisa	4							
Ni lisa ni rugosa	3							
Poco rugosa	2							
Muy rugosa	1							
ACEPTABILIDAD								
Excelente	5							
Bueno	4							
Regular	3							
Malo	2							
Muy malo	1							

Ficha sensorial para uvilla

Análisis microbiológico (mejor tratamiento)



- Petrifilm™ para Recuento de Enterobacterias
- Petrifilm™ para Recuento Rápido de Aerobios
- Petrifilm™ para Recuento de *E. coli*
- Petrifilm™ para Recuento de Coliformes

Resultados y discusiones: Extracción de quitosano

Parámetros	Método hindú	Método químico
Prueba cualitativa	Positivo en ácido acético al 1% (v/v) 	Positivo en ácido acético al 1% (v/v) 
Apariencia	Material granular 	Polvo fino 
Color	Blanco amarillento	Blanco brillante
Olor	Inodoro	Olor químico tenue

Tello (2017) afirma que el quitosano se solubiliza en ácidos diluidos cuando más del 50% de los grupos aminos son protonados, lo cual no sucede con la quitina



Resultados y discusiones: Extracción de quitosano

Parámetro	Métodos de extracción		p	d de Cohen
	Método hindú	Método químico		
Rendimiento (%)	13,41 ± 0,80	9,24 ± 0,34	< 0,001***	6,812
DDA (%)	77,08 ± 1,70	67,82 ± 1,22	< 0,001***	6,248
Humedad (%)	7,84 ± 0,15	6,70 ± 0,29	< 0,001***	5,916
Cenizas (%)	78,86 ± 0,81	76,24 ± 0,90	0,001**	3,059

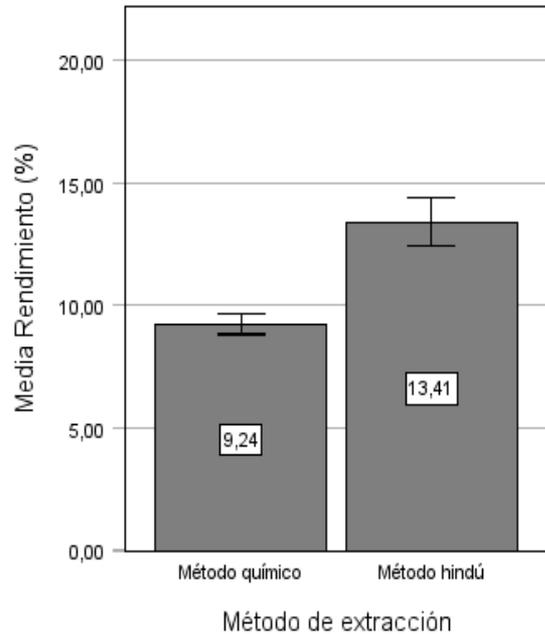
Según Tello (2017) el quitosano extraído por el método hindú cumple con las especificaciones comerciales en cuanto a DDA (> 70%) y humedad (< 10%)

No cumple con el límite aceptable de cenizas (< 2%), esto se relaciona con el alto grado de mineralización de las escamas de paiche

d > 1 indica un tamaño del efecto considerablemente grande

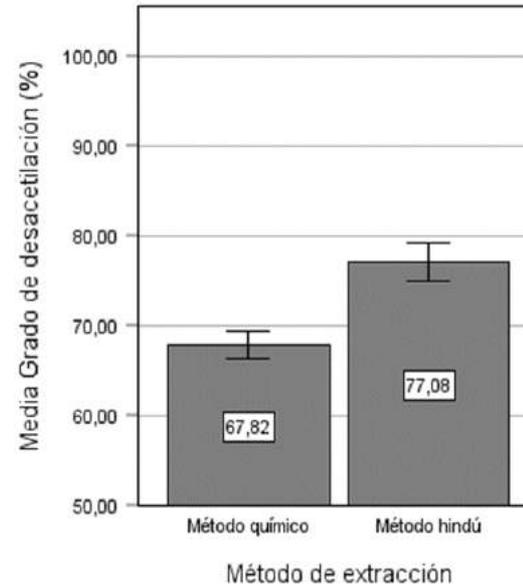


Resultados y discusiones: Extracción de quitosano

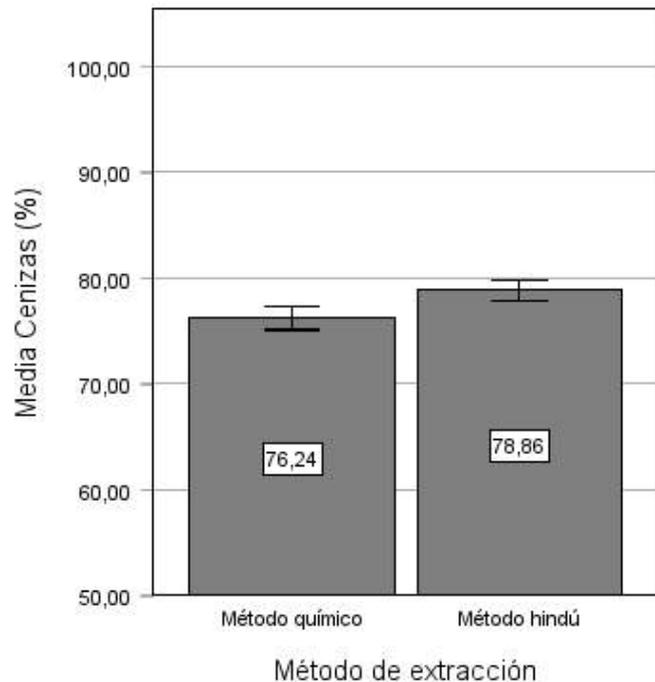


Carneiro (2022) utilizó una metodología de extracción similar (sin pretratamiento de las escamas de paiche) obteniendo un menor rendimiento del 7,67%

Hermiyati et al. (2019) también reportó una reducción significativa del DDA cuando utilizó una menor concentración de NaOH en la etapa de desacetilación



Resultados y discusiones: Extracción de quitosano



Especie (escamas)	Cenizas (quitosano)	Autor
Paiche <i>Arapaima gigas</i>	 75,76 %	Carneiro (2022)
Pargo rojo <i>Lutjanus spp</i>	 89,54%	Florencia et al. (2022)
Pez ballesta estrellado <i>Abalistes stellaris</i>	 88,50%	Hermiyati et al. (2019)
Trucha arcoíris <i>Oncorhynchus mykiss</i>	 89,69%	Tello (2017)



Resultados y discusiones: Conservación de vegetales frescos

Formulación de quitosano	Solución filmogénica	Tiempo de gelificación
CHH 1%	AL 5% + GL 1%	12 min
CHH 1%	AG 5% + GL 1%	10 min
CHQ 1%	AL 5% + GL 1%	25 min
CHQ 1%	AG 5% + GL 1%	15 min
N/A	AL 5% + GL 1%	90 min
N/A	AG 5% + GL 1%	13 min



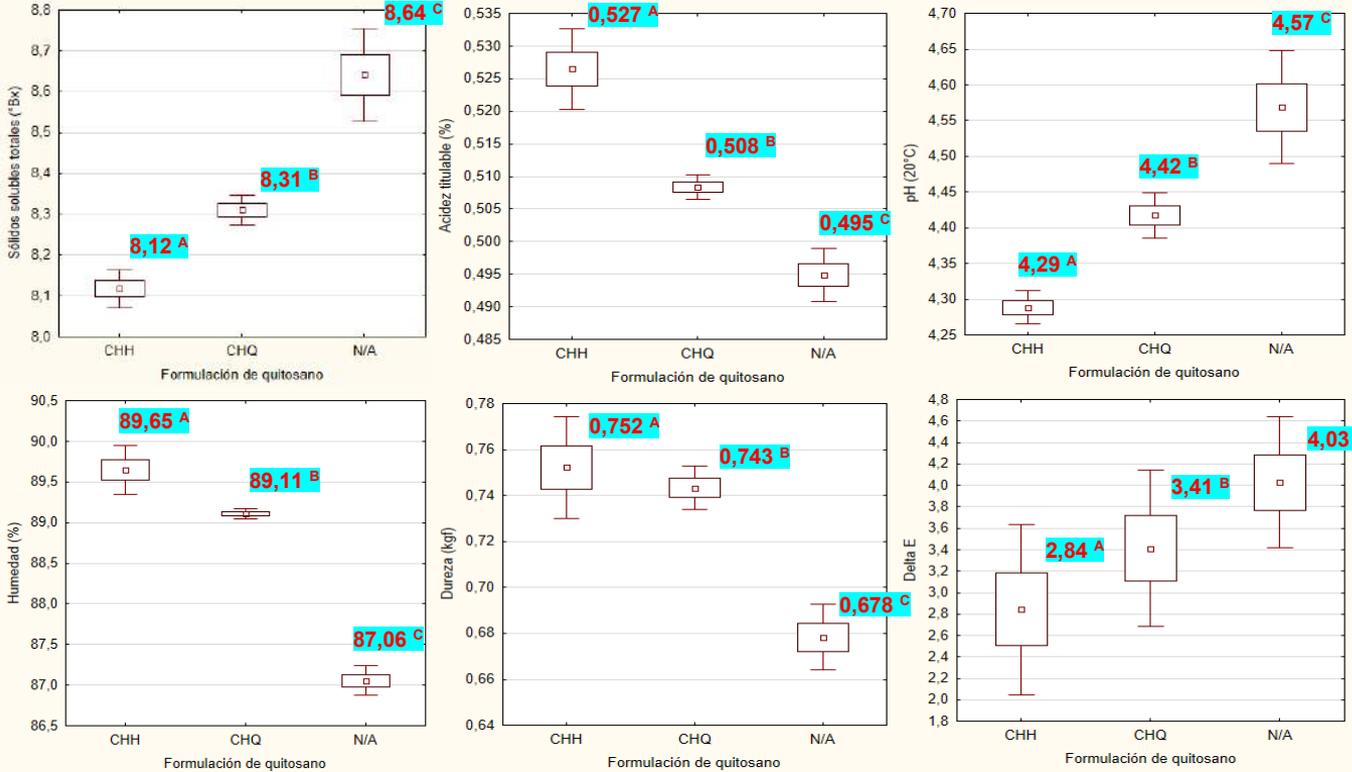
Ganji et al. (2007) afirma que un menor tiempo de gelificación permite un recubrimiento más rápido y uniforme



Resultados y discusiones: Conservación de tomate cherry

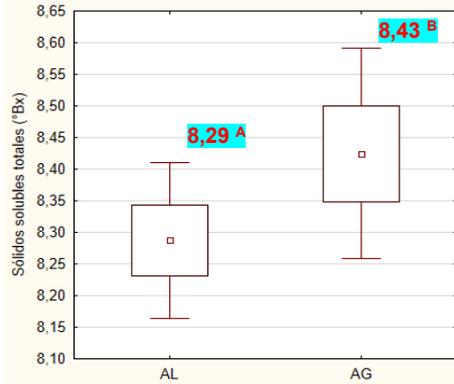
Kibar & Sabir (2018) aplicaron recubrimientos de quitosano (DDA del 75%) en tomates frescos

Se registró que los tomates recubiertos con quitosano al 1% tenían mayor firmeza, acidez titulable y exhibieron menos cambios bioquímicos al final del periodo de almacenamiento

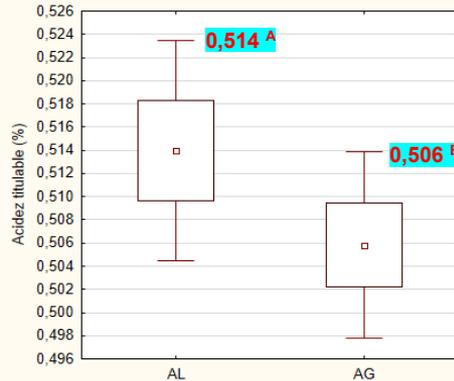


Factor A: Formulación de quitosano

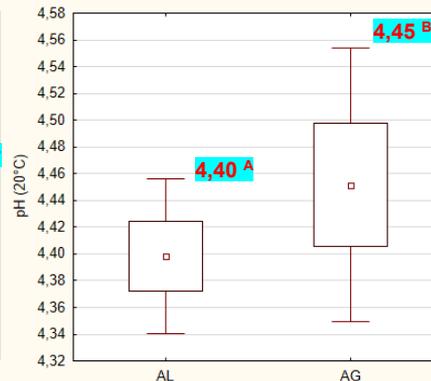
Resultados y discusiones: Conservación de tomate cherry



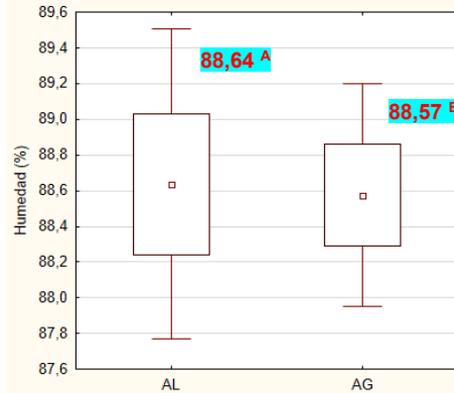
Solución filmogénica



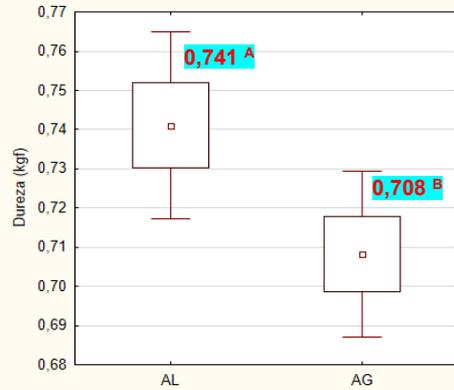
Solución filmogénica



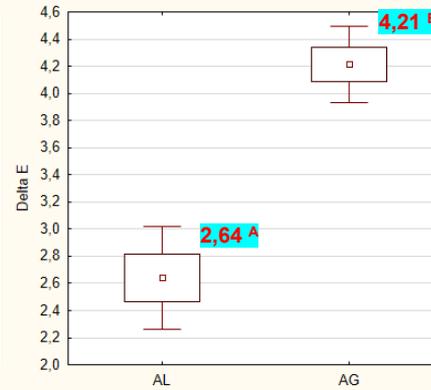
Solución filmogénica



Solución filmogénica



Solución filmogénica



Solución filmogénica

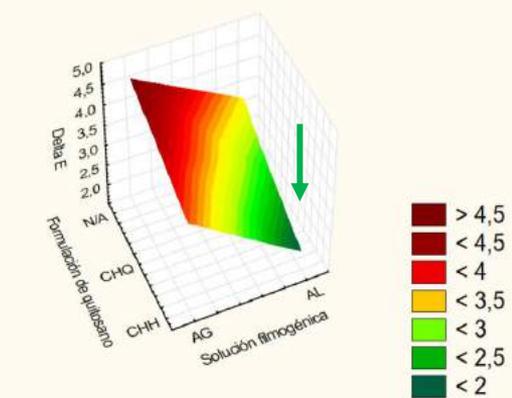
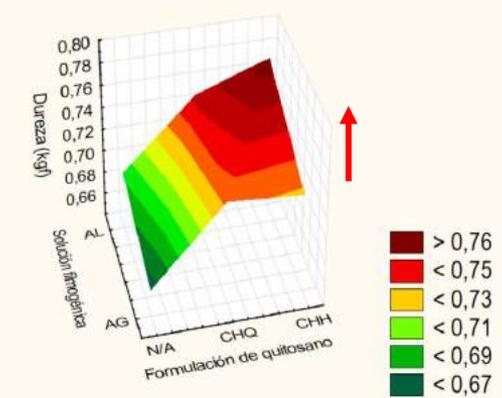
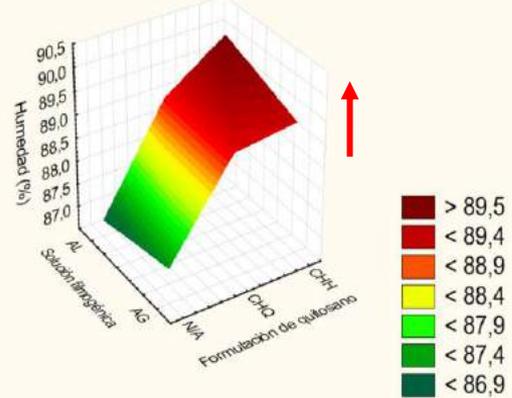
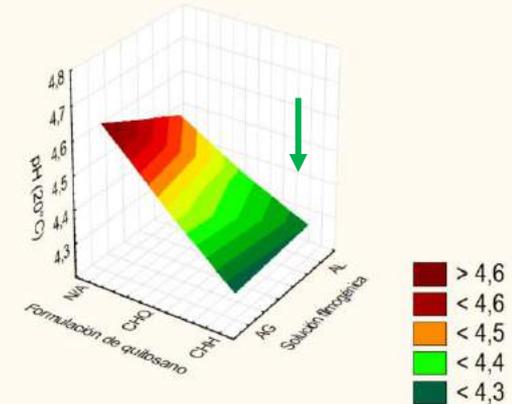
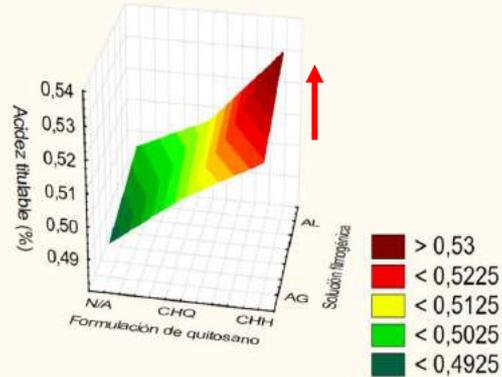
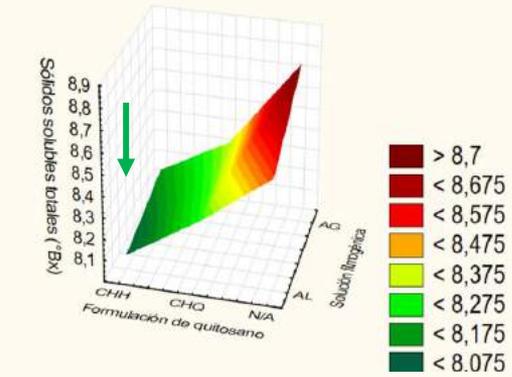
Hernández et al. (2011) aplicó películas comestibles de almidón de yuca en tomate y se almacenaron durante 22 días bajo refrigeración

El recubrimiento con la mayor concentración de almidón de yuca (4%), fue el que mantuvo una alta firmeza y redujo la pérdida de peso y el incremento de los grados Brix

Factor B: Solución filmogénica

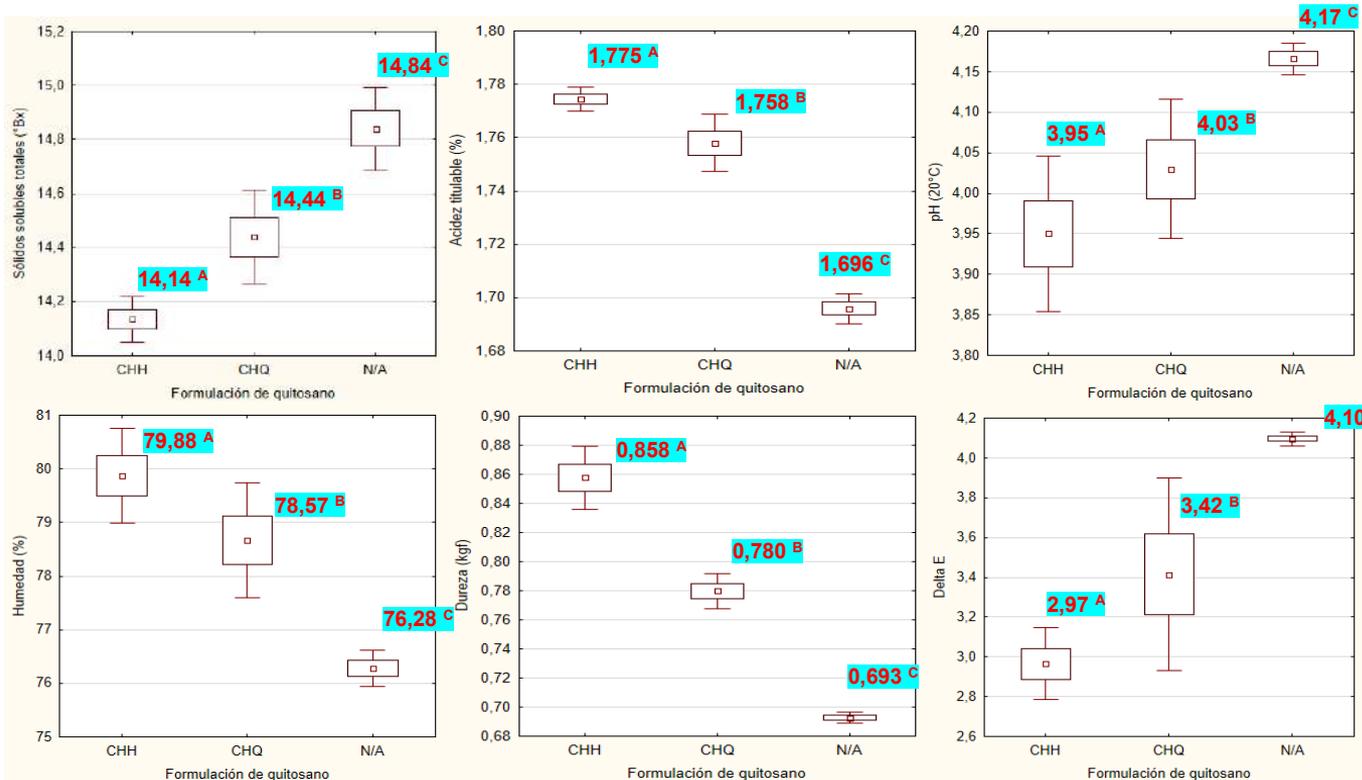


Resultados y discusiones: Conservación de tomate cherry



Anaya et al. (2020) asocia la eficacia del recubrimiento CHH + AL para conservar la dureza del tomate cherry con la disminución de la actividad enzimática de la poligalacturonasa y la pectinesterasa

Resultados y discusiones: Conservación de uvilla

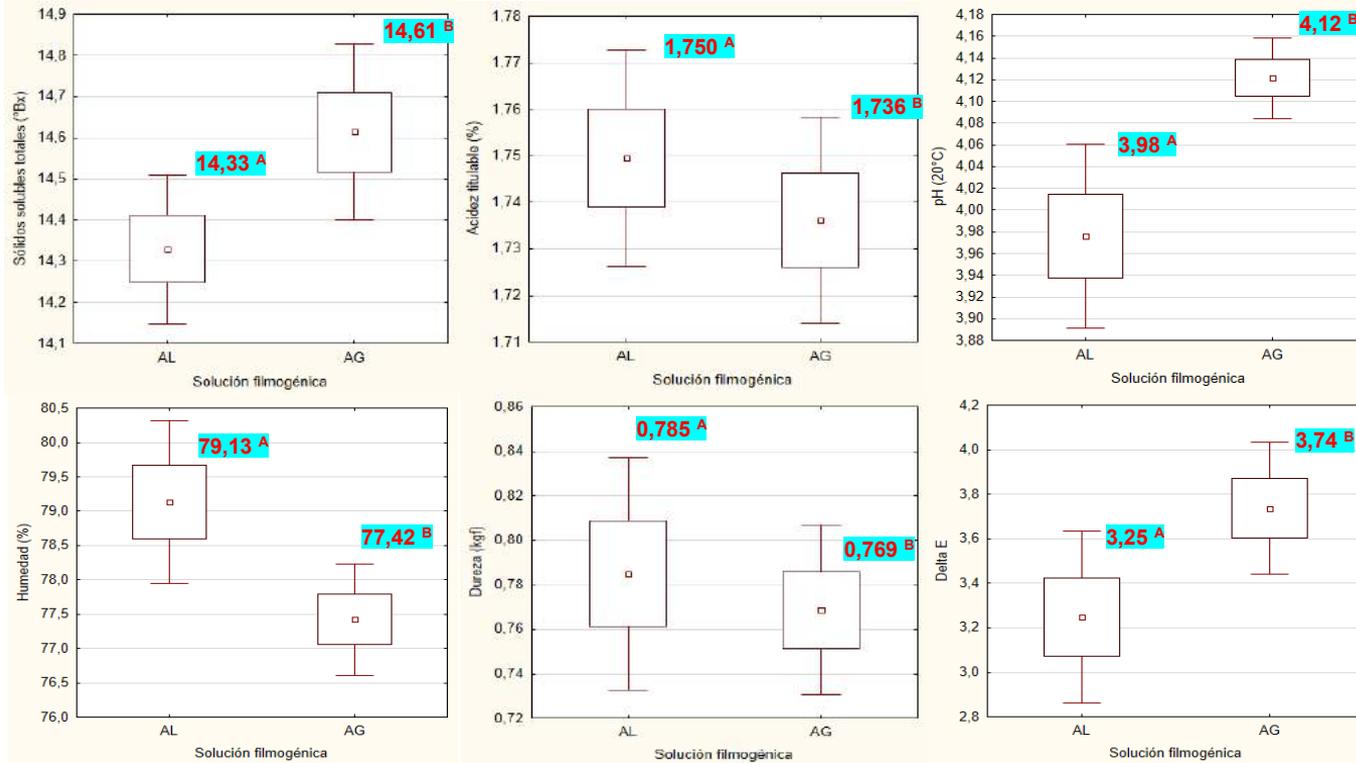


González et al. (2020) aplicó recubrimientos de quitosano (DDA del 85%) en uvillas que se almacenaron durante 12 días bajo refrigeración

Se registró una mejor estabilidad fisicoquímica, evitando el consumo de ácidos orgánicos, la disminución de la acidez titulable y el incremento del pH

Factor A: Formulación de quitosano

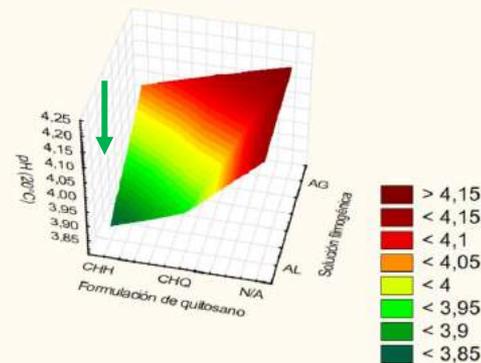
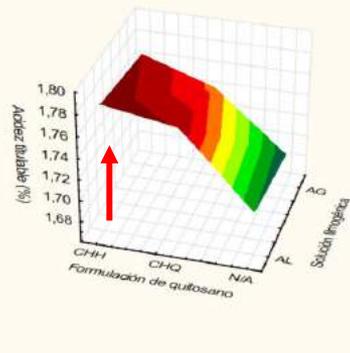
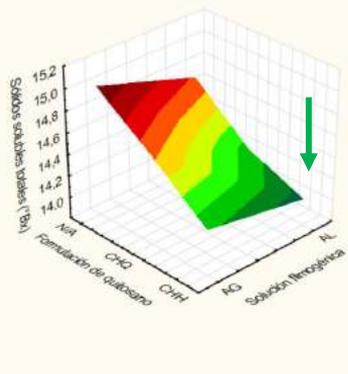
Resultados y discusiones: Conservación de uvilla



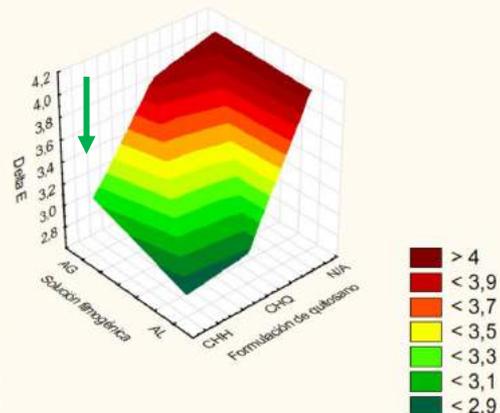
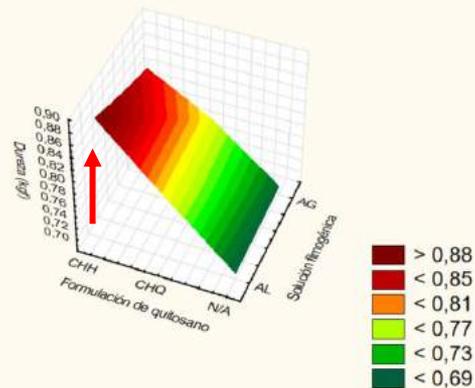
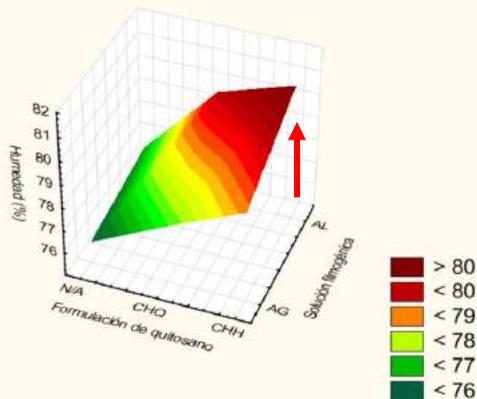
Agudelo et al. (2023) ha informado que este tipo de recubrimiento aplicado en uvillas logra reducir la pérdida de firmeza y humedad hasta los 12 días de almacenamiento

Factor B: Solución filmogénica

Resultados y discusiones: Conservación de uvilla



Anaya et al. (2020) afirma que la reducción de la diferencia de color se encuentra relacionada con la capacidad del quitosano para disminuir la generación de etileno



Las uvillas recubiertas con CHH + AL cumplieron con la normativa INEN 2485: AT = 1,779 < 2,50 máx SST = 14,05 < 15,10 máx

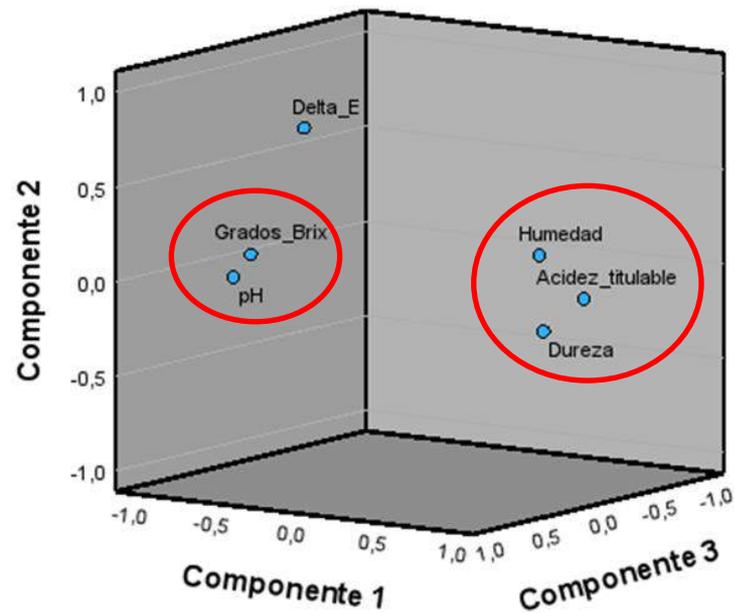
Interacción AxB



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA

Resultados y discusiones: Conservación de vegetales frescos

		Grados Brix	Acidez titulable	pH	Humedad	Dureza	Delta E
Correlación	Grados Brix	1,000	-,952 *	,948 *	-,891 *	-,913 *	,716 *
	Acidez titulable	-,952 *	1,000	-,895 *	,869 *	,874 *	-,732 *
	pH	,948 *	-,895 *	1,000	-,803 *	-,804 *	,623 *
	Humedad	-,891 *	,869 *	-,803 *	1,000	,896 *	-,524 *
	Dureza	-,913 *	,874 *	-,804 *	,896 *	1,000	-,801 *
	Delta E	,716 *	-,732 *	,623 *	-,524 *	-,801 *	1,000



Adjouman et al. (2018) también encontró esta correlación negativa de la acidez titulable con los grados Brix (-0,99) y el pH (-0,97), al evaluar el efecto de recubrimientos de almidón de yuca modificado en tomate

González et al. (2020) analizó recubrimientos de quitosano en uvilla y registró un incremento simultáneo del pH, SST y el índice de madurez; mientras que la acidez titulable y la firmeza fueron disminuyendo en el transcurso de 12 días bajo refrigeración



Resultados y discusiones: Conservación de vegetales frescos

Prueba microbiológica	Tomate cherry	Uvilla
Petrifilm™ para Recuento de Enterobacterias (EB)	Ausencia 	Ausencia 
Petrifilm™ para Recuento Rápido de Aerobios (RAC)	< 30 UFC/mL 	Ausencia 
Petrifilm™ para Recuento de <i>E. coli</i> (EC)	Ausencia 	Ausencia 
Petrifilm™ para Recuento de Coliformes (CC)	Ausencia 	Ausencia 

Araújo et al. (2018) también registró una disminución del crecimiento de coliformes (< 3 UFC/g) en **tomates** recubiertos con quitosano y almidón de yuca

Tokatlı y Demirdöven (2020) reportaron la reducción del recuento total de bacterias aeróbicas en **cerezas** recubiertas con quitosano (< 2 logUFC/g)



Resultados y discusiones: Conservación de vegetales frescos

Tratamiento

Uvilla

Tomate cherry

Tomate cherry

AL + CHH



AL + CHQ



AG + CHH



AG + CHQ



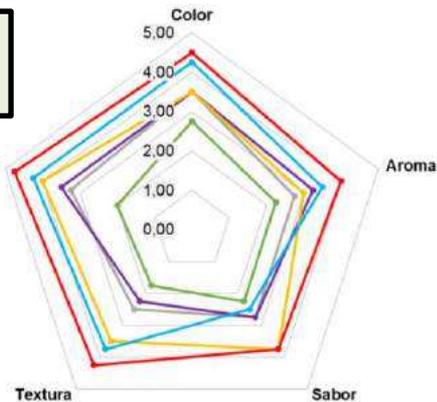
N/A + AL



N/A + AG

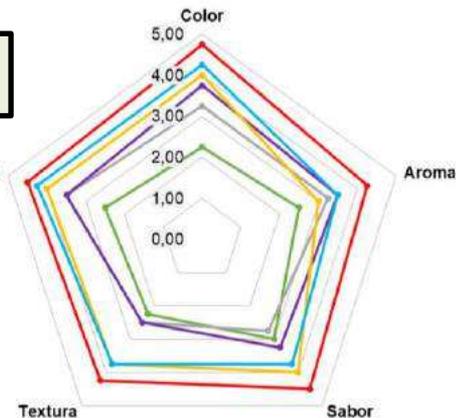


Aceptabilidad



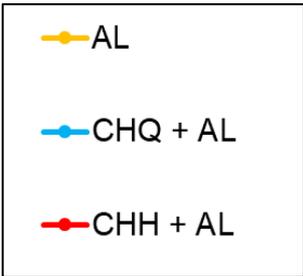
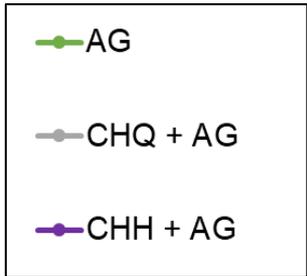
Uvilla

Aceptabilidad



Maharsih et al. (2021) reportó el mismo efecto en **porciones de piña** recubiertas con quitosano y almidón de yuca

Florencia et al. (2022) aplicó un recubrimiento de quitosano con alto contenido de cenizas (89,54%) en **uvas frescas**, logrando preservar sus propiedades organolépticas



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACION PARA LA EXCELENCIA

Conclusiones

Respecto a la extracción de quitosano

- El quitosano obtenido mediante el método hindú (CHH) presentó una mejor apariencia, rendimiento y grado de desacetilación. Por esta razón, se concluye que el método de extracción influyó en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas del quitosano obtenido a partir de las escamas de paiche.

Respecto a la evaluación de las soluciones filmogénicas

- El tiempo de gelificación del agar-agar y almidón de yuca disminuye cuando se combinan con el quitosano obtenido por el método hindú ($DDA > 70\%$), lo cual permite mejorar la eficiencia de estos recubrimientos cuando se aplican en vegetales frescos.

Conclusiones

Respecto al efecto de las biopelículas

- **Factor A:** El quitosano obtenido por método hindú (CHH) fue el que preservó de mejor manera las propiedades fisicoquímicas del tomate cherry y la uvilla. Se concluye que la formulación de quitosano influye en la efectividad de las biopelículas para la conservación de vegetales frescos (I Gama).
- **Factor B:** El almidón de yuca (AL) fue el que preservó de mejor manera las propiedades fisicoquímicas del tomate cherry y la uvilla. Se concluye que el tipo de solución filmogénica influye en la efectividad de las biopelículas para la conservación de vegetales frescos (I Gama).
- **Interacción A x B.** El tratamiento CHH + AL fue el que preservó de mejor manera las propiedades fisicoquímicas del tomate cherry y la uvilla. Se concluye que las interacciones entre los factores influyen en la efectividad de las biopelículas para la conservación de vegetales frescos (I Gama).

Conclusiones

Respecto al análisis de componentes principales

- Se establecieron dos agrupaciones de variables correlacionadas positivamente, el primer grupo se encontraba conformado por la acidez titulable, dureza y humedad, mientras que el segundo grupo incluyó a los grados Brix y el pH. Además, se encontró que estos dos grupos mantenían una correlación negativa.

Respecto al análisis microbiológico

- El tratamiento CHH + AL resultó actuar como un eficaz recubrimiento antimicrobiano, al registrarse un crecimiento mínimo o la ausencia total de enterobacterias, aerobios y coliformes. Esto se relacionó con el DDA del quitosano que es directamente proporcional a su actividad antimicrobiana.

Respecto a la evaluación sensorial

- El tratamiento CHH + AL fue el que logró el puntaje más alto en los 5 parámetros sensoriales. Esto se relaciona con una menor variación de las propiedades fisicoquímicas durante el periodo de almacenamiento.

Recomendaciones

1. Realizar la extracción de quitosano mediante el método hindú a partir de las escamas de paiche, con el propósito de alcanzar un mayor rendimiento y grado de desacetilación.
2. Se recomienda adicionar el quitosano obtenido por el método hindú en las soluciones filmogénicas de almidón de yuca o agar-agar, con la finalidad de disminuir el tiempo de gelificación y mejorar las propiedades de las biopelículas.
3. Considerando los resultados de los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de los dos vegetales frescos recubiertos, se sugiere aplicar la biopelícula compuesta de quitosano obtenido por método hindú y almidón de yuca (CHH + AL) tanto para el tomate cherry como para la uvilla.
4. En cuanto al análisis de componentes principales, se sugiere implementar un control meticuloso de las variables de estudio para garantizar la fiabilidad y la interpretación precisa de los resultados.

**Gracias por
su atención**

