

Vida en anaquel de carne de cabra *Capra hircus* sp. utilizando quitosano combinado con carbón activado obtenidos de residuos agroindustriales

Shelf life of goat meat *Capra hircus* sp. using chitosan combined with activated carbon obtained from agroindustrial wastes

Yonathan Tandazo M.¹; Dorian Aguirre C.^{1*}; Víctor Guzmán T.²;
Jhon Rimaycuna R.¹; Rubén Alfaro A.²; Gerardo Cruz C.¹

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar la vida en anaquel de la carne de *Capra hircus* sp., utilizando películas de quitosano con alcohol polivinílico como plastificante combinado o no con carbón activado obtenidos de coronta de maíz. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con réplica, para determinar el efecto que tuvo el recubrimiento de quitosano con y sin la presencia de carbón activado sobre la calidad de la muestra de carne durante los 12 días de almacenamiento en condiciones de refrigeración a 5 °C. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos (pH, determinación de frescura), organolépticos (olor, color, textura) y microbiológicos (microorganismos aerobios mesófilos, *Enterobacterias*, *Pseudomonas*, *Aeromonas* y hongos). Los resultados obtenidos demostraron que el uso de las películas de quitosano permite inhibir el crecimiento de *Pseudomonas*, *Aeromonas* y hongos en la carne de cabra, conservando además su frescura y calidad organoléptica. Además, los empaques ensayados permiten mantener los niveles de aerobios mesófilos en la carne de cabra dentro del límite aceptable de acuerdo a la norma MINSA-RM N° 591-2008. La presencia de carbón activado no tuvo ningún efecto positivo adicional en la inhibición bacteriana; solo fue efectivo en la inhibición de hongos.

Palabras clave: Película de quitosano; carbón activado; vida útil; *Capra hircus*.

Abstract

This study aimed to evaluate shelf life of meat of *Capra hircus* sp. (goat) packed with chitosan films plasticized with polyvinyl alcohol and combined or not with corncob based activated carbon. A completely random experimental design with repetitions was used to determine the effect of the chitosan film with and without the presence of activated carbon over the quality of goat meat during 12 days of storage at 5 °C. Physicochemical (pH, freshness), organoleptic (smell, color, texture) and microbiological (microbial count of aerobic mesophilic, *Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas*, *Aeromonas* and fungi) parameters were evaluated. The results showed that the use of chitosan films can inhibit the growth of *Pseudomonas*, *Aeromonas* and fungi in goat meat, as well as it preserves freshness and organoleptic quality. The tested packages maintained levels of aerobic mesophilic bacteria in goat meat within the acceptable limit according the Peruvian national regulation MINSA-RM N° 591-2008. The presence of activated carbon did not affect the bacterial inhibition; however, it was effective in fungi inhibition.

Keywords: chitosan film; activated carbon; shelf life; *Capra hircus*.

1 Laboratorio de Análisis Ambiental, Departamento Académico de Ingeniería Forestal y Gestión Ambiental, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Tumbes, Perú.

2 Departamento Académico de Biología y Bioquímica, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Tumbes, Perú.

Autor correspondiente: dorian_yasser@yahoo.es (D. Aguirre).

Introducción

El deterioro de los productos cárnicos se debe al alto contenido de agua y a sus características físicas químicas y biológicas así como al crecimiento indeseado de microorganismos a un nivel inaceptable. Lo cual conlleva al desarrollo de olores desagradables y frecuentemente a la formación de limo, que hacen al producto indeseable para el consumo humano. Cuando el consumidor rechaza el producto, porque considera que sus características lo hacen inaceptable o porque pone en riesgo su salud, se dice que ha llegado al final de su vida de anaquel o vida útil.

El crecimiento de determinados microorganismos durante el almacenamiento depende de muchos factores, siendo los más importantes: recuento microbiano al inicio del almacenamiento, propiedades físicoquímicas del alimento; contenido de humedad, pH, presencia de preservantes; el método usado para el procesamiento del alimento y las condiciones de almacenamiento del producto (Singh, 2000).

Las películas (Films) han sido usadas por muchas décadas para proteger a los alimentos del ataque microbiano y para prevenir la pérdida de agua durante el almacenamiento. El gran interés que han mostrado los consumidores de nuestra generación por la calidad de los alimentos que están consumiendo, ha intensificado la investigación en esta área (Debeaufort, 1998). En los últimos años han surgido alternativas para extender y determinar la vida útil de los alimentos, mediante un nuevo método de conservación utilizando películas de quitosano obtenidas a partir de la plumilla de pota *Dosidicus gigas*,

considerada residuos de la industria de hidro-biológicos y así mismo otra alternativa de solución es la utilización de carbón activado a partir de la coronta de maíz (tuza de choclo) proveniente de residuos agroindustriales; que al ser aplicadas a filetes de carne de cabra disminuirán la contaminación microbiana que suelen presentarse durante la refrigeración y conservar sus características sensoriales y/o organolépticas (Vásquez y Vidal, 2011).

La vida en anaquel de los productos está básicamente determinada por lo componentes del sistema, el proceso de elaboración, el método de empaquetado, el tiempo de humedad relativa durante el transporte y almacenamiento. En forma general, estos factores pueden ser categorizados en factores intrínsecos y extrínsecos (Charm, 2007).

Los intrínsecos se refieren a las propias características del producto y están influenciados por el tipo y calidad de las materias primas, la formulación y la estructura del producto.

Es así como nace la motivación para el desarrollo de este proyecto, con el objetivo de determinar la vida en anaquel de la carne de cabra *Capra hircus* sp. Evaluando la capacidad antimicrobiana y calidad durante su vida en anaquel utilizando quitosano (películas) combinado con carbón activado obtenidos de residuos agroindustriales.

Se evaluó la capacidad antimicrobiana de quitosano y carbón activado obtenidos de residuos agroindustriales frente a *Pseudomonas* sp., *Aeromonas* sp. *Enterobacterias*, microorganismos aerobios mesófilos y hongos.

Materiales y Métodos

La muestra fue carne de cabra del distrito de San Jacinto (Tumbes, Perú). Se tomaron muestras por grado de frescura de la misma y sometidas a

refrigeración y transportada a las instalaciones del laboratorio de microbiología del Departamento de Biología y Bioquímica de la Universidad Nacional

de Tumbes (UNT). El quitosano y carbón activado fueron obtenidos de residuos agroindustriales en el Laboratorio de Análisis Ambiental del departamento de Ingeniería Forestal y Medio Ambiente de la UNT.

Se diseñaron experimentos con dos tratamientos y un testigo. El testigo (T0) consistió en colocar trozos de carne de cabra en bolsa de polietileno a 5 °C; el tratamiento 1 (T1) en trozos de carne con una película de quitosano almacenados a 5 °C; y el tratamiento 2 (T2) en trozos de carne en la película de quitosano más carbón activado. Luego, se tomaron muestras de carne para el análisis inicial y posteriormente a intervalos de seis días, evaluándose la aceptabilidad general, cambios microbiológicos (microorganismos aerobios mesófilos, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Enterobacterias* y hongos), análisis organoléptico, prueba de frescura y pH. Las películas elaboradas a base de quitosano al 1% se preparó en 0,1 M de ácido acético seguido de agitación y calentamiento a 60 °C por un periodo de 6 h, utilizando como plastificante el polivinil alcohol (PVA); por otro lado la materia prima utilizada para la elaboración de carbón activado a partir de la coronta de maíz (tuza de choclo), el procedimiento se inició con el secado del material en una estufa a temperatura entre 90 y 110 °C, hasta alcanzar peso constante, el material seco fue molido y tamizado a tamaño de partícula comprendida entre 1 y 0,5 mm, a continuación se mezcló con el agente activador en una proporción de

1/1 (materia prima/agente activador); la mezcla activada se colocó en un horno horizontal con inyección de nitrógeno (150 ml/min), para su carbonización a la temperatura de 600 °C durante 2 h. Luego el material fue enfriado con aire frío proveniente de un compresor, Se realizó el lavado con una solución 0,1 N de ácido clorhídrico HCl y finalmente para la remoción de ácido se lavó la muestra con una solución de ácido acético CH₃COOH al 5 % y abundante agua destilada. Finalmente, el material fue secado durante 12 h a una temperatura de 100 °C.

Se prepararon muestras asépticamente para el análisis microbiológico, utilizando material estéril y con ayuda de una cámara de flujo laminar, se tomaron muestra de 10 g de forma aseptica de cada tratamiento y se colocó en 90 ml de una solución de agua peptonada (diluyente), para preparar las diluciones decimales.

Para evaluar la calidad microbiológica de la carne de cabra se realizó el recuento de los siguientes microorganismos alterantes de la carne: mesófilos aerobios, enterobacterias, aeromonas, pseudomonas y hongos; para ello se utilizó el método de recuento de colonias según DIGESA.

Para evaluar la efectividad de los tratamientos sobre la calidad organoléptica de la carne de *Capra hircus* sp, se evaluó el olor, textura y color de cada una de las muestras utilizando una escala del 1 al 4 para indicar el nivel de satisfacción, según lo indicado en tabla 1.

Tabla 1. Características organolépticas para evaluar la efectividad de los tratamientos

Calificación	Nivel de Satisfacción			
	Efectividad	Olor	Textura	Color
1	Mala	Fuerte y desagradable, parecido a amoniac.	Deshidratado, viscosa	Reflejos de pardeamiento, violetas verdosos
2	Regular	Empieza a descomponerse	Muestra pequeñas arrugadas, pegajoso al tacto	Con mancha suaves de azul verdoso
3	Buena	Fresco	Lisa	Coloración rojo uniforme. Característico
4	Excelente	Fresco sensación agradable	Lisa hidratada	coloración roja brillante característica en la superficie de la carne fresca

Resultados

El crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos en la muestra testigo (T0) es creciente a medida que pasa el tiempo (Figura 1). En la muestra

de carne cubierta con película de quitosano (T1) se logró reducir los niveles de carga de microorganismos.

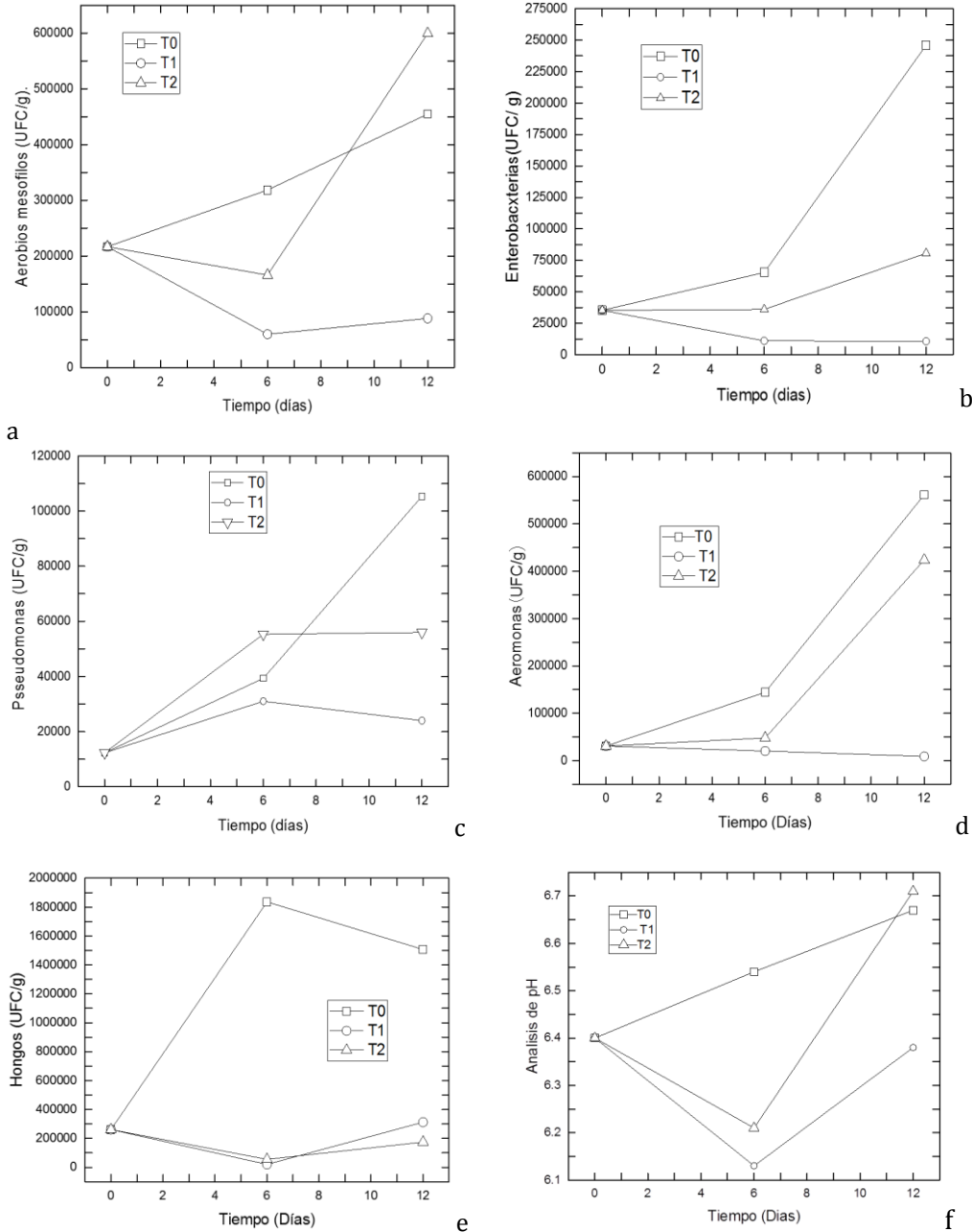


Figura 2. a) Aerebios mesófilos, b) Enterobacterias, c) Pseudomonas, d) Aeromonas, e) Hongos, f) pH.

En el análisis realizado de aerobios mesófilos, en la muestra cubierta con película de quitosano (T1), se logró reducir los niveles a comparación de la

muestra testigo (T0); también se observó que la muestra de película de quitosano con carbón activado (T2) presenta inhibición del crecimiento de

enterobacterias al día 6 con un leve crecimiento para el día 12 muy por encima del tratamiento T1. Para el caso de contenido de aeromonas el único tratamiento que logró inhibir el crecimiento fue el tratamiento T1 (película de quitosano).

El comportamiento del pH de la carne muestra que en el día 12 de almacenamiento, para los tratamientos T1 y T2 es menor que para la muestra testigo (T0). Esto evidencia el efecto conservante que ejerce la película de quitosano y la película de quitosano más carbón activado sobre la carne.

DISCUSIÓN

En las tablas 2 y 3 se puede apreciar el análisis estadístico en comparación de medias por el método de Tukey al 95 % grado de significancia, en los muestreos al sexto y doceavo día respectivamente. En lo que respecta al muestreo en el sexto día no existe diferencia significativa entre el testigo T0 y los tratamientos aplicados T1 (película de quitosano) y T2 (película de quitosano más carbón activado) para ninguno de los microorganismos analizados (aerobios mesófilos, Enterobacterias, Pseudomonas, Aeromonas y hongos). Sin embargo, desde el punto de vista estadístico, para el muestreo en el día

12 se puede apreciar una diferencia significativa al 95% grado de significancia entre los contenidos de Pseudomonas, Aeromonas y hongos; no así para los contenidos de aerobios mesófilos ni enterobacterias. En el caso de contenido de pseudomonas existe diferencia significativa entre el testigo y los tratamientos y también diferencia entre los dos tratamientos aplicados. El tratamiento T1 (película de quitosano) demostró mejor capacidad de inhibición en el crecimiento de pseudomonas, seguido del tratamiento T2 (película de quitosano más carbón activado).

Tabla 2. Análisis estadístico al sexto día

Bacterias	Control al día 6		
	Tratamiento	Promedio de bacterias (UFC/g)	Tukey 5 %
<i>Mesófilos Aerobios</i>	T0	318500	a
	T2	111333	a
	T1	98167	a
<i>Enterobacterias</i>	T0	65500	a
	T2	35667	a
	T1	11000	a
<i>Pseudomonas</i>	T1	52333	a
	T0	39500	a
	T2	31166	a
<i>Aeromonas</i>	T0	144333	a
	T2	47666	a
	T1	17500	a
<i>Hongos</i>	T0	254166	a
	T1	146166	a
	T2	51166	a

Tabla 3. Análisis estadístico al doceavo día

Bacterias	Control al día 12		
	Tratamiento	Promedio de bacterias (ufc/g)	Tukey 5 %
<i>Mesofilos Aerobios</i>	T2	601166	a
	T0	454833	a
	T1	88166	a
<i>Enterobacterias</i>	T0	92833	a
	T2	77333	a
	T1	10500	a
<i>Pseudomonas</i>	T0	105333	a
	T2	56000	ab
	T1	23833	b
<i>Aeromonas</i>	T2	424166	a
	T0	329833	a
	T1	12166	b
<i>Hongos</i>	T0	711166	a
	T1	573333	b
	T2	137833	b

Para el caso de contenido de aeromonas el testigo resulto ser estadísticamente igual al tratamiento T2 (película de quitosano más carbón activado); sin embargo, el tratamiento T1 (película de quitosano) resulta ser significativamente distinto a los dos anteriores, mostrando una superioridad en la inhibición de este tipo de bacterias. En el caso de hongos los dos tratamientos aplicados, T1 (película de quitosano) y T2 (película de quitosano más carbón activado), resultan ser significativamente diferentes al testigo, obteniendo mejores resultados en inhibición de este tipo de microorganismos comparado con el testigo. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre los dos tratamientos probados (T1 y T2).

Es posible apreciar que el tratamiento T1 (película de quitosano) permite mejor inhibición de microorganismos en la carne a lo largo del tiempo comparado con el tratamiento T2 (película de quitosano mas carbón activado) y el T0. Sin embargo, es importante precisar que la efectividad de este tratamiento es principalmente en el caso de bacterias Gram negativas como *Pseudomonas* y *aeromonas* además de hongos, no así como el caso

de bacterias Gram negativas como las enterobacterias. Este hecho difiere de algunos autores que mencionan que la película de quitosano es efectivo, además para el manejo de bacterias Gram positivas y levaduras, también bacterias Gram negativas (Valenzuela y Arias, 2012).

El mecanismo de acción antibacteriana de las películas de quitosano no ha sido claramente dilucidado; sin embargo, existe alguna teoría al respecto Chung *et al.* (2004) a propuesto que el quitosano altera significativamente las propiedades de barrera de la membrana celular, mediante la formación del complejo polielectrolitos los cuales bloquean físicamente la membrana celular externa impidiendo el flujo normal de desechos y provocando la muerte bacteriana. Es el caso de los hongos el quitosano inhibiría la formación de esporas e hifas.

En el caso del tratamiento T2 (película de quitosano mas carbón activado) los resultados no son tan buenos como la del tratamiento T1 (película de quitosano) dado que al incluir la bolsa de tela teniendo carbón activado se pierde la superficie de contacto entre la carne de *Capra hircus* y la película de quitosano, permitiendo el crecimiento

microbiano en dicha área. La excepción de hongos la cual resultó ser similar a la del tratamiento T1 (película de quitosano); esto tiene su explicación en el hecho que el carbón activado adsorbe el agua presente entre la carne y la película de quitosano, generando que la actividad de agua (a_w) disminuya drásticamente, con lo cual aumenta la inhibición de hongos los cuales son susceptibles a la disminución del contenido de agua.

De acuerdo con la norma MINSA-RM N° 591-2008 uno de los grupos de microorganismos utilizados como referencia para determinar la calidad microbiológica de la carne y que se encuentra asociado con la vida útil es el contenido de aerobios mesófilos, de acuerdo a esta norma el valor por

debajo del cual la carne es aceptable para el consumo es 10^5 UFC/g de aerobios mesófilos, el contenido de aerobios mesófilos mayor a convierten en un producto inaceptable, valor por encima 10^7 UFC/g convierte en la carne en una fuente de potencial daño para el ser humano.

Ninguno de los valores de contenido de mesófilos encontrados en el presente estudio incluyendo el tratamiento el T0 y los T1 y T2, supera el valor de 10^7 UFC/g; sin embargo, para el tratamiento T0 en el muestreo al sexto y doceavo día se encuentran valores que superan al 10^5 UFC/g, significando que los tratamientos aplicados en condiciones de refrigeración permiten un alargamiento de la vida útil de la carne de *Capra hircus*.

Conclusiones

El uso de las películas de quitosano permite inhibir el crecimiento de *Pseudomonas*, *Aeromonas* y hongos en la carne de *Capra hircus* almacenados a temperatura de refrigeración, aumentando su vida útil.

El uso de carbón activado como un tratamiento adicional al uso de las películas de quitosano durante el almacenamiento de refrigeración de la carne de *Capra hircus* resulta ser efectivo solo en el caso de hongos, mas no en los otros microorganismos analizados.

El uso de películas de quitosano permite que el contenido de microorganismos aerobios mesófilos en la carne de *capra hircus* se mantuviera

dentro del límite aceptable de acuerdo a la noma MINSA-RM N°591-2008.

Los tratamientos aplicados, películas de quitosano y películas de quitosano mas carbón activado permiten conservar la calidad organoléptica de la carne de *Capra hircus* manteniendo a temperatura de refrigeración en un periodo de tiempo de doce días.

La carne de *Capra hircus* almacenada a temperatura de refrigeración y empacada con película de quitosano conserva su frescura hasta los doce días, dando una reacción negativa a la prueba de Nessler, indicando la no presencia de amoniaco producto de la descomposición de las proteínas.

Referencias bibliográficas

Charm, S.E. 2007. Food engineering applied to accommodate food regulations, quality and testing aliments. *Ciencia e Ingeniería* 16: 5-8.

Chung, Y.; Su, Y.; Chen, C.; Jia, G.; Wang, H.; Wu, J.; Lin, J. 2004. Relationship between antibacterial activity of chitosan and surface characteristics of cell wall. *Acta pharmacologica sinica* 25: 932-936.

- Debeaufort, F.; Quezada-gallo, J.; Voilley, A. 1998. Edible films and coatings: tomorrows packings: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 38: 299-313.
- Elliott R.P.; Clark D.; Lewis K.; Lundbeck H.; Olson J. 1982. *Microorganisms in foods 1: Their significance and methods of enumeration - 2. ed.* International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF).
- Singh, R.P. 2000. *Scientific Principles of Shelf-Life Evaluation in MAN*, C.M.D.
- Valenzuela, V.; Arias, I. 2012. *Potenciales aplicaciones de películas de quitosano en alimentos*, Universidad de Chile Facultad de Ciencias Veterinarias.
- Vasques, J.; Vidal, M. 2011. *Caracterización y alternativa de uso de una película biodegradable de quitosano a partir de la extracción de quitina de langostino para la industria de alimentos*. Tesis doctoral, Ingeniería, Universidad de El Salvador.