

Caracterización de films usados como de recubrimientos en zanahorias mínimamente procesadas

Vasco M.F. ⁽¹⁾⁽²⁾, Campañone L.A. ⁽¹⁾ Agnelli M.E. ⁽¹⁾⁽²⁾

(1) CIDCA (CONICET-CCT y UNLP) y MODIAL (FI- UNLP). 47 y 116 – (1900) La Plata, Bs As.

(2) UNMdPFac. Cs. Agrarias, Balcarce. Argentina.

E-mail: agnelli.miriam@gmail.com

RESUMEN

Los films obtenidos a partir de las formulaciones a base de alginato de sodio (ALG), carboximetilcelulosa (CMC) y almidón de mandioca (MAN) fueron caracterizados a partir de sus propiedades de afinidad por el agua. Las suspensiones filmogénicas contienen, además, glicerol como agente plastificante, aceite de girasol para reducir la permeabilidad al vapor de agua y Tween 20 como agente surfactante. Se incluyó también la evaluación de films conteniendo sólo los hidrocoloides y glicerol para determinar el efecto de la adición de aceite (ASA, CSA y MSA). Se realizaron ensayos de solubilidad, hinchamiento, humedad y observaciones del aspecto visual. MAN fue el film menos soluble. ASA y CSA presentaron mayor hinchamiento que sus correspondientes con aceite, mientras que MAN y MSA no mostraron diferencias. CMC y MAN exhibieron menor humedad que sus controles poniendo en evidencia el efecto beneficioso del agregado de aceite para aumentar la barrera al vapor de agua. ALG mostró apariencia uniforme y opaca mientras que CMC fue brillante y heterogénea. MAN, por su parte, presentó un aspecto opaco y seco. Por ser MAN la película menos soluble y húmeda, podríamos inferir que un recubrimiento formado a partir de esta formulación sería el más efectivo para su aplicación en productos de alta humedad.

Palabras claves: Films, almidón, carboximetilcelulosa, alginato de sodio, recubrimientos comestibles.

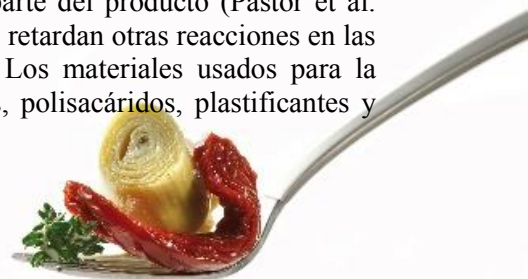
ABSTRACT

Edible films prepared from formulations based on sodium alginate (ALG), carboxymethylcellulose (CMC) and cassava starch (MAN) were characterized regarding their water affinity properties. These suspensions also contained glycerol as plasticizer, sunflower oil to reduce water vapor permeability and Twen 20 as surfactant agent. Films containing only hydrocolloids and glycerol were also evaluated to determine oil addition effect (ASA, CSA and MSA). Analysis included solubility, swelling and moisture tests and visual appearance observations. MAN was the least soluble. ASA and CSA presented higher swelling than their corresponding oil containing ones while MAN and MSA showed no differences. CMC and MAN showed less moisture than their controls pointing out of the beneficial effect of oil addition to enhance water vapor barrier. ALG exhibited uniform appearance and opacity while CMC was shiny and heterogeneous. As for MAN, appearance presented as dry and opaque. MAN resulted in the least soluble and wet film. Thus we could infer that this coating formulation would be most effective to use on high humidity foodstuff.

Keywords: Films, cassava starch, carboxymethylcellulose, sodium alginate, edible coatings

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de hábitos de consumo de alimentos saludables y la menor disponibilidad de tiempo del hombre moderno a la hora de preparar sus alimentos han provocado un aumento en la demanda de vegetales y frutas listos para consumir (Olivas & Barbosa-Canovas, 2005). Los vegetales cortados son tejidos vivos y como tales soportan reacciones de deterioro que se traducen en cambios de color, textura, contaminación microbiana y la producción de compuestos volátiles indeseables reduciendo su vida de estantería. Los recubrimientos comestibles pueden ayudar a preservar los trozos de frutas y hortalizas recién cortados constituyendo una barrera para la humedad, el oxígeno y el dióxido de carbono (Viña et al. 2007, Tzoumaki et al. 2009). Son generados por aplicación de una disolución sobre un alimento que al secarse forma una película delgada que cubre su superficie y pueden ser consumidos como parte del producto (Pastor et al. 2007). De esta forma, se mejoran las propiedades mecánicas y texturales y se retardan otras reacciones en las que interviene el oxígeno (Han y Gennadios 2005, Zahedi et al. 2010). Los materiales usados para la formulación de recubrimientos generalmente son una mezcla de: proteínas, polisacáridos, plastificantes y



aditivos dispersados en diferentes tipos de solventes tales como agua o alcoholes. Los hidrocoloides son los biopolímeros más utilizados como recubrimientos y forman parte de la mayoría de las formulaciones que actualmente existen en el mercado, debido a que otorgan buenas propiedades mecánicas, barrera a los gases y adhesión, no aportan sabor ni olor y son además, materiales biodegradables. (Krochta y De-Mulder-Johnston, 1997). Entre los polisacáridos de uso más extendido se encuentran derivados de la celulosa, almidones y alginatos. Sin embargo, el problema es que la mayoría presenta alta permeabilidad al vapor de agua. Algunos estudios han propuesto cambios en la formulación del recubrimiento teniendo en cuenta principalmente las propiedades del alimento que se busca conservar. Entre ellos, se ha planteado la incorporación de compuestos lipídicos, tales como aceites vegetales, ácidos grasos y ceras naturales, con el objetivo de mejorar las propiedades de barrera al vapor de agua, junto con el agregado de agentes surfactantes como estabilizadores de la emulsión formada (Chiumarelli et al. 2012, Velickova et al., 2013, Fagundes et al., 2014). No obstante, se ha afirmado que el empleo de compuestos lipídicos afectan sus propiedades ópticas, mecánicas, de barrera a los gases y viscosidad (Rhim y Shellhammer, 2005).

Por otro lado, también ha sido estudiada la influencia del agregado de agentes plastificantes (sorbitol, glicerol, etc.) a las soluciones formadoras de film con el objeto de reducir las fuerzas intermoleculares entre los polímeros y aumentar su movilidad mejorando así la flexibilidad de la película. (Krochta y Sothornvit, 2001). El problema es que además afectan las propiedades de barrera al vapor del agua ya que tienen gran afinidad por la misma. Estos cambios dependen de la concentración del plastificante y de la humedad relativa ambiente.

La zanahoria es una de las hortalizas mínimamente procesadas más buscadas para su uso en sopas y ensaladas a pesar de su corta vida de estante. Ciertamente, el proceso de respiración provoca el desarrollo de un sabor amargo por la síntesis de productos fenólicos (Lafuente et al. 1989) y la apariencia blanquecina que presenta la superficie, producto de posibles reacciones de lignificación u oxidación de los carotenos. Se ha reportado que el uso de diferentes recubrimientos conduce al mantenimiento del color, el contenido de carotenos, la textura y la estabilidad microbiológica durante el almacenamiento de zanahorias cortadas (Jagannath et al. 2006).

La caracterización de algunas propiedades de los films secos contribuye a la comprensión de las propiedades de la formulación formadora de recubrimientos (FFR). En particular, la carga superficial y distribución de tamaño de las partículas afectará grandemente al sistema durante el proceso de secado del film, factores a los que el fenómeno de desestabilización de la emulsión está ampliamente ligado (Morillon et al., 2002). Las propiedades del film más relevantes para definir su uso potencial para una aplicación específica son las de barrera a los gases, mecánicas y ópticas (Sánchez-González et al., 2009). En este trabajo nos proponemos caracterizar los films obtenidos a partir de distintas suspensiones emulsionadas para recubrimientos comestibles y correlacionarlos con los resultados obtenidos al evaluar la evolución de la calidad durante el almacenamiento de rodajas de zanahoria recubiertas presentados en Vasco et al. (2016). Para ello se analizaron las propiedades de afinidad por el agua de los mismos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utilizaron almidón de mandioca (AM), carboximetilcelulosa (CMC), alginato de sodio (ALG) y aceite de girasol de grado alimenticio comercial. Se usó además cloruro de calcio anhidro (Anedra AG), glicerina (99,9%, Biopack) y Tween 20 (99,9 % Biopack).

Preparación y obtención de las suspensiones para la elaboración de films

A. Suspensión de ALG: se obtuvo una suspensión al 2% (p/p) mediante el calentamiento de la misma a 85°C en un baño termostático hasta lograr su completa disolución.

B. Suspensión de CMC: se obtuvo una suspensión al 0,4%(p/p) mediante el calentamiento de la misma a 85°C en un baño termostático hasta lograr su completa disolución.

C. Suspensión de MAN: se preparó una suspensión acuosa al 3% (p/p). La dispersión obtenida fue gelatinizada por calentamiento la misma en un baño termostático a 90°C durante 20 minutos, manteniendo agitación constante.

Formación y estabilización de las emulsiones

A las suspensiones viscosas obtenidas en A, B y C se les adicionaron glicerol como plastificante, Tween 20 como agente surfactante y aceite de girasol como fase grasa en las proporciones indicadas en la **Tabla 1**. Con el fin de lograr emulsiones uniformemente dispersadas, las mezclas fueron homogeneizadas durante un



tiempo total de 5 minutos, en un Ultraturrax T25, con velocidad de 24500 rpm. Posteriormente fueron sumergidas en baño de ultrasonido durante 10 minutos a fin de eliminar las burbujas de aire formadas durante la homogeneización. Finalmente, las emulsiones se dejaron reposar hasta alcanzar la temperatura ambiente.

Todas las formulaciones descriptas han sido previamente evaluadas como FFR en rodajas de zanahorias envasadas y refrigeradas, con el objetivo de evaluar la efectividad de dichas emulsiones como recubrimientos comestibles (Vasco et al. 2016).

Tabla 1. Contenido de glicerol, Tween 20 y aceite de girasol de las formulaciones expresadas como % p/p.

Formulación	Glicerol [%]	Tween 20 [%]	Aceite de girasol [%]
ALG	2	1,3	0,025
CMC	2	0,7	7
MAN	0,3	0,2	0,8

Elaboración de películas comestibles a partir de las FFR

Las películas se prepararon a partir de las emulsiones mencionadas más arriba mediante la técnica de moldeado en placa. Se colocaron 20 gr de la misma en capsulas de Petri de PVC de 9 cm y se secaron en estufa a 37°C hasta contenido de humedad constante. Las películas a base de alginato se sumergieron en solución de Cl_2Ca al 2% durante 2 min para permitir el entrecruzamiento y volvieron a secarse en las mismas condiciones. Los films obtenidos fueron mantenidos en desecador hasta su empleo. De la misma forma, con el fin de evaluar el efecto del agregado de aceite en las propiedades del recubrimiento, se elaboraron películas sin agregado de aceite ni surfactante. Estas últimas fueron tomadas como muestras control de las películas CMC, ALG y MAN y denominadas CSA, ASA y MSA, respectivamente.

Caracterización de las películas

Todas las películas obtenidas, se caracterizaron de acuerdo a sus propiedades físicas ligadas a su afinidad por el agua, a través de las siguientes propiedades:

Solubilidad en Agua: se determinó sobre muestras de 3x3cm, las que fueron pesadas y sumergidas en agua destilada. Las muestras se mantuvieron bajo agitación durante 1 hora a 20°C. Las piezas remanentes se secaron nuevamente a 105°C hasta alcanzar peso constante y se calculó el % de solubilidad (S) de acuerdo a la siguiente expresión:

$$S (\%) = \frac{\text{Peso seco inicial} - \text{Peso seco final}}{\text{Peso seco inicial}} \times 100$$

En forma similar se evaluó la solubilidad de las películas a 100°C.

Hinchamiento: las medidas se realizaron cortando muestras de 3x3 cm que luego fueron introducidas en un recipiente a humedad controlada (HR 75%). Se registró el peso de las películas en balanza analítica a intervalos de tiempos regulares y se graficó el hinchamiento expresado en (%) de las matrices en función del tiempo.

Contenido de Humedad: la pérdida de peso de las películas se determinó mediante método gravimétrico, midiendo el peso a tiempo inicial y luego de ser secadas en estufa a 105°C hasta peso constante. Las muestras se evaluaron por triplicado y los resultados obtenidos se expresaron en (%) (g agua/100 g película).

Aspecto Visual: se realizó la inspección visual de los films obtenidos luego de haberlos acondicionado en el desecador durante una semana.

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de la varianza (ANOVA) con un Diseño Completamente Aleatorizado (DCA), utilizando el programa estadístico InfoStat, versión 2015. Se empleó el test de comparaciones de Duncan con una significancia de $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Solubilidad

La solubilidad es una propiedad determinante para la posible aplicación de las películas. En algunos casos, se requiere que las mismas sean insolubles en agua para mejorar la integridad del producto y la resistencia a la humedad; en otros, la disolución de las películas antes del consumo del producto puede resultar útil, como en



el caso de la encapsulación de alimentos o aditivos, o si la película se pensó para ser consumida junto con el alimento o para que se solubilice durante su cocción (Miramont et al., 2012). Una película con alto porcentaje de solubilidad verá comprometida su estabilidad si se quiere aplicar en alimentos de alta humedad. Si una película es muy soluble y se aplica sobre alimentos con alto contenido de humedad, como frutas o vegetales, los compuestos hidrofílicos que lo componen pueden perderse en el proceso de transpiración natural.

Los resultados obtenidos de solubilidad a 20 y 100°C de las películas con y sin aceite, se muestran en la **Figura 1**. Las películas a base de carboximetilcelulosa (CMC y CSA), se disolvieron rápidamente casi por completo. Este comportamiento, se puede atribuir a la gran naturaleza hidrofílica del hidrocoloide. Las películas a base de alginato (ALG y ASA) mostraron alta solubilidad aunque más moderada, también atribuibles a la naturaleza hidrofílica del componente principal. Por su parte, las películas a base de almidón (MAN y MSA), revelaron solubilidades similares entre sí y a su vez resultaron las menos solubles. Esto se debe probablemente a que este tipo de almidón posee un alto contenido de amilosa, cuyas cadenas se ordenan linealmente, tendiendo a agruparse con polímeros adyacentes a través de uniones puentes de hidrógeno, reduciendo su afinidad por el agua (Wurzburg, 1986). Por otro lado, la concentración de plastificante (de carácter hidrofílico) añadido a esta formulación, fue menor que la que se incorporó en las otras suspensiones. Los plastificantes reducen las fuerzas intermoleculares entre las cadenas de polímero incrementando el volumen libre, en consecuencia, existe más espacio para que las moléculas de agua migren. Además los plastificantes hidrofílicos son compatibles con el material polimérico que forma la película y aumentan la capacidad de sorción de moléculas polares tales como el agua. Por su parte, la temperatura, no resultó ser una variable con impacto significativo sobre la solubilidad de los films estudiados.

La alta solubilidad de los films a base de carboximetilcelulosa con aceite se correlaciona con los resultados de Vasco et al. (2016) en el que se aplicaron estas formulaciones sobre la superficie de rodajas de zanahoria. Las rodajas con este recubrimiento mostraron altos valores de pérdida de peso y baja adherencia al vegetal.

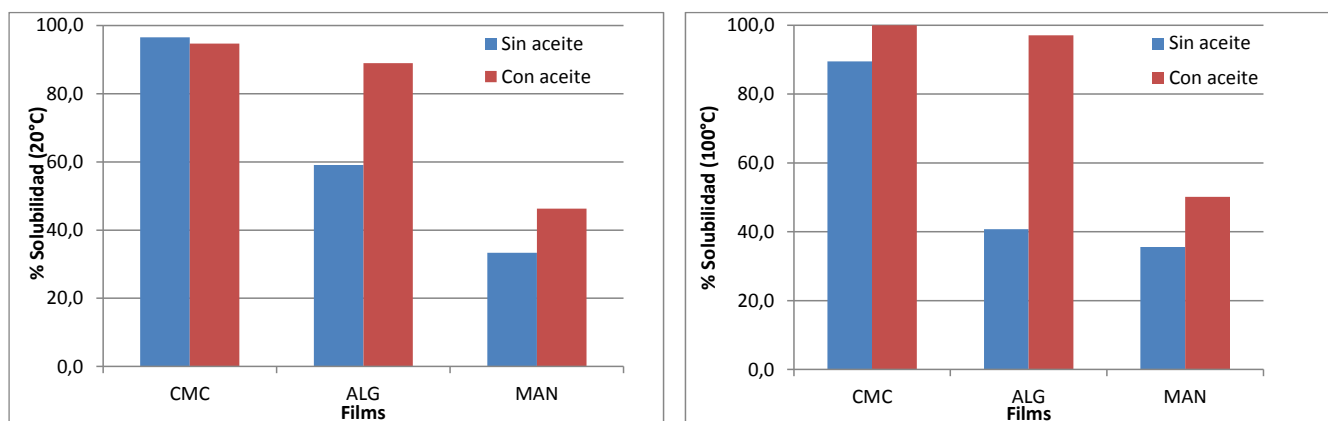


Figura 1. Solubilidad en agua a 20 y 100°C de películas de CMA, ALG y MAN, con y sin aceite

Capacidad de Hinchamiento

La **Figura 2** muestra el porcentaje de hinchamiento de las películas con y sin aceite en función del tiempo. Los resultados evidencian que los films CSA presentaron el mayor valor de hinchamiento. A su vez, se verifica que su valor crece en forma constante durante el tiempo del ensayo. Este comportamiento es otra prueba de la gran naturaleza hidrofílica como ya se infirió a partir de los altos valores de solubilidad (**Figura 1**). Por otra parte, el menor grado de hinchamiento del film de ASA podría explicarse por la menor capacidad de interacción que tienen las moléculas del hidrocoloide con las de agua del medio como resultado de la combinación de sus grupos carboxilos con los iones Ca^{+2} para provocar el entrecruzamiento de las cadenas poliméricas. Huang et al. (2008) obtuvieron resultados similares con films de gelatina dendronizados entrecruzados con genipín y Cerio (III) que resultaron menos hinchables en comparación con los de gelatina sin entrecruzar. Para el caso de los films CMC se observaron valores de hinchamiento más bajos que su respectivo sin aceite CSA. Esto puede explicarse por el alto porcentaje de aceite en su formulación. Morillon, et al. (2002) reportaron que la presencia de agentes hidrofóbicos en las películas comestibles es un factor esencial para limitar el nivel de hinchamiento y modificar todas las propiedades ligadas a la afinidad por el agua. Por el contrario, el film ALG mostró una evidente disminución del hinchamiento con el tiempo de



exposición a una atmósfera con HR 75%. Los films a base de alginato expuestos al medio ambiente tienden a contraerse por efecto de la sinéresis. Por este motivo, Sanchez-González (2009) advierte sobre la necesidad de conservar estos films en un medio muy húmedo. No obstante, los valores de solubilidad fueron elevados (**Figura 1**). La presencia en exceso del surfactante en el medio, de comportamiento hidrofílico (Tween 20), podrían explicar este resultado. La concentración empleada fue incluso muchas veces mayor que la de la matriz hidrofóbica utilizada (relación 1,3:0,025). Esta probable desproporción, pudo haber interferido en el entrecruzamiento del alginato con el calcio generando un enlace más débil incapaz de retener el agua a tiempos más largos. Cacicedo (2011), utilizando alginato de calcio como matriz de encapsulación para la liberación controlada de un antibiótico, informó sobre la tendencia de reducción de los porcentajes de encapsulación a medida que la concentración de antibiótico (de naturaleza hidrofílica) aumentaba y concluyó que altas concentraciones del antibiótico interferían en el proceso de gelificación. Por su parte, Di Pierro et al. (2006), expresa que el grado de hinchamiento de los materiales poliméricos depende en gran medida de la cantidad y la naturaleza de las interacciones intermoleculares de la cadena.

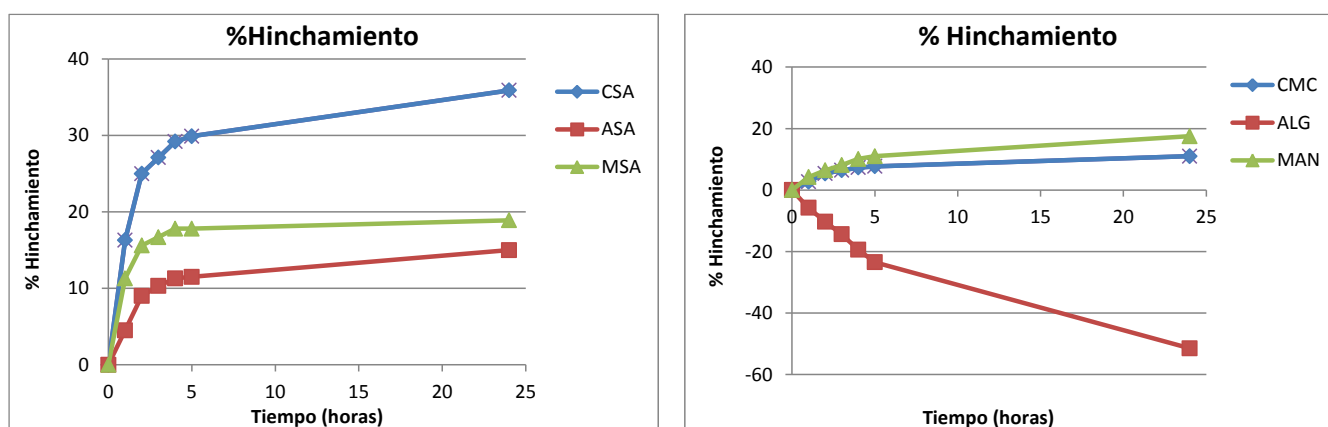


Figura 2. Porcentaje de Hinchamiento de películas de almidón de con aceite (MAN, ALG y CMC) y sin aceite (CSA, ASA y MSA).

215

Humedad

En la **Figura 3** se observa el porcentaje de humedad de los films formulados con y sin aceite. Como se puede observar entre los films sin aceite, el MAN presentó la mayor humedad. Su alta sensibilidad al vapor de agua y otras propiedades como su baja resistencia mecánica y la retrogradación del almidón con el tiempo son los inconvenientes que presenta este polímero y ya han sido registrados en varios estudios. (Jiménez et al. 2012; Ortega-Toro et al. 2014). Por otra parte, se puede observar que tanto en las películas de CMC como en las de MAN, la adición de aceite de girasol, disminuyó la humedad de las mismas tal como se esperaba de acuerdo a lo expresado sobre el efecto de incorporar un agente hidrofóbico a la formulación. La menor humedad del film de MAN, puede verificarse por el aspecto quebradizo y rígido del mismo (**Figura 4** y **Tabla 1**). Las películas de ALG, por el contrario, mostraron mayor humedad que su respectivo sin aceite (ASA). Esto podría atribuirse al exceso de emulgente de naturaleza hidrofílica presente en el medio y el escaso porcentaje de aceite añadido a la formulación.

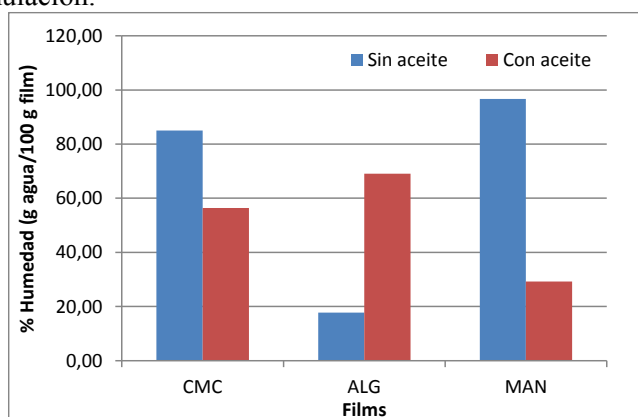


Figura 3. Porcentaje de Humedad de películas de CMC, ALG y MAN, con y sin aceite.



Aspecto Visual

En la **Figura 4** se muestran las fotografías de los films con y sin aceite. Los films de ALG mostraron una apariencia uniforme, compacta y opaca, sin presencia de burbujas interferentes. Resultaron films flexibles pero no débiles. Por su parte, los films de CMC aunque fueron transparentes y brillosos, no presentaron una buena apariencia, resultando películas muy débiles que se rompían con facilidad, de matriz heterogénea y con liberación de aceite en superficie. En el caso de los films de MAN, estos presentaron una matriz poco uniforme y continua, con aspecto opaco, rígido, seco y quebradizo (**Figura 4, Tabla 1**). Estas características se correlacionan con la baja humedad y solubilidad de los mismos (**Figuras 1 y 3**). Los films sin aceite se mostraron más uniformes, brillosos, flexibles y maleables. Estos resultados concuerdan con lo expuesto por Sánchez-González et al. (2009) quienes hallaron que el agregado de aceite en films a base de HPMC provoca una disminución en el brillo y un decaimiento en sus propiedades mecánicas (menor resistencia mecánica y menor deformación) dado que la fracción lipídica supone una debilidad en la estructura por la aparición de interrupciones en la red de polimérica.

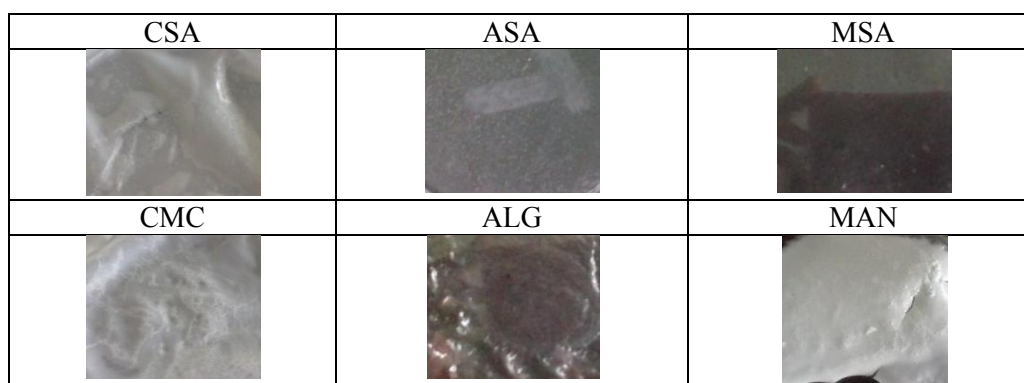


Figura 4. Fotografías de los films de CMC, ALG, MAN, ASA, CSA y MSA (con y sin aceite)

Tabla 1. Evaluación visual de las características de los films de CMC, ALG, MAN, ASA, CSA y MSA (con y sin aceite) secados a 37°C.

FILM SECO	Sin aceite			Con aceite		
	ASA	CSA	MSA	ALG	CMC	MAN
Rigidez / Flexibilidad	Flexible.	Flexible. No débil	Rígido	Flexible	Muy flexible y débil	Muy rígido y quebradizo
Uniformidad	Si	No	Si	No	No	No
Liberación de aceite	-	-	-	No	Si	No
Color	Opaco	Transparente Muy Brilloso	Transparente	Blanquecino, opaco	Traslúcido, brillante	Blanco, opaco

CONCLUSIONES

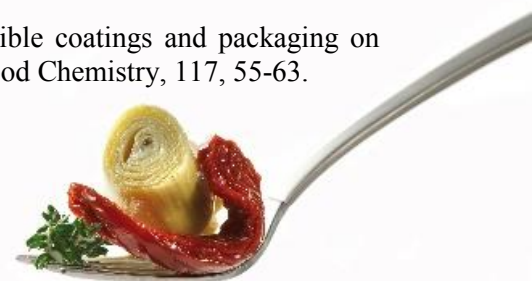
Los resultados mostraron que la incorporación de aceite provoca cambios significativos en las propiedades de los recubrimientos. La presencia de aceite en los films secos evidenció, en algunos casos, una mejora de las propiedades barrera de los films al disminuir el hinchamiento y la humedad pero no de sus propiedades mecánicas, que se vieron debilitadas (menor resistencia al quiebre y menos deformables) ni del brillo, que también se redujo. Teniendo en cuenta el aspecto visual de los films ninguno resultaría completamente efectivo como recubrimiento. Sin embargo, por ser MAN la película menos soluble y húmeda, podríamos concluir que un recubrimiento con esta solución sería el más efectivo para su aplicación en productos de alta humedad como la zanahoria dado que, de otra manera, los films podrían solubilizarse durante el proceso de transpiración natural del vegetal. Esto se correlaciona con los resultados obtenidos en Vasco et al. (2016) que



indicaron que las rodajas recubiertas con MAN presentaron características sensoriales similares a las del producto fresco y mayor retención de nutrientes que con ALG y CMC.

BIBLIOGRAFÍA

- Cacicedo M.L.; (2011). Encapsulación y liberación controlada de Enrofloxacin utilizando matrices biopoliméricas. (Trabajo de Tesis de grado). Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata.
- Chiumarelli, M., Hubinger M. D. (2012). Stability, solubility, mechanical and barrier properties of cassava starch - Carnauba wax edible coatings to preserve fresh-cut apples. *Food Hydrocolloids* 28, 59-67.
- Di Pierro, P., Chico, B., Villalonga, R., Mariniello, L., Damiao, A., Masi, P., & Porta, R. (2006). Chitosan-Whey Protein Edible Films Produced in the Absence or Presence of Transglutaminase: Analysis of Their Mechanical and Barrier Properties. *Biomacromol.* 7(3), 744-749.
- Fagundes C., Palou L., Monteiro A. R., Pérez-Gago M. B. (2014). Effect of antifungal hydroxypropylmethylcellulose - beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold stored cherry tomato fruit. *Postharvest Biology and Technology* 92 (2014) 1–8
- Han, J. H., Gennadios, A. (2005). Edible films and coatings: a review. In J. H. Han (Ed.), *Innovations in food packaging* Amsterdam: Elsevier Science & Technology Books. 239-262.
- Huang, Y. Wei, T. Ge, Y. (2008). Preparation and characterization of novel Ce (III) -gelatin complex; *J. Of Applied Polymer Science*. 108 (6), 3804- 3807
- Jagannath, J. H., Nanjappa, C., Das Gupta, D., & Bawa, A. S. (2006). Studies on the stability of an edible film and its use for the preservation of carrot (*Daucus carota*). *International Journal of Food Science and Technology*, 41(5), 498–506.
- Jiménez, A., Fabra, M.J., Talens, P. And Chiralt. (2012). A Effect of re-crystallization on tensile, optical and water vapour barrier properties of corn starch films containing fatty acids. *Food Hydrocolloids*, 26(1), 302-310.
- Krochta, J.M., De-Mulder-Johnston, C., (1997) Edible and biodegradable challenges and opportunities. *Food Technology*, 51(2), 61-74.
- Krochta, J. M., & Sothornvit, R. (2001). Plasticizer effect on mechanical properties of b-lactoglobulin films. *Journal of Food Engineering*, 50, 149–155
- Lafuente, M. T., Cantwell, M., Yang, S. F., & Rubatzky, V. (1989). Isocoumarin content of carrots as influenced by ethylene concentration, storage temperature and stress conditions. *Acta Horticulturae (ISHS)*, 258, 523–534
- Miramont, S. Gerschenson, L.N. Flores, S.K. (2012). Recubrimientos elaborados a partir de biopolímeros para el soporte de sustancias con actividad antimicrobiana: carvacrol y sorbatos. (Tesis de Maestría). Ciudad Autónoma de Buenos Aires Recuperado de: <http://posgrado.frba.utn.edu.ar/investigacion/tesis/MTA-2012-Sofia%20Miramont.pdf>.
- Morillon et al., (2002) Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(1), 67-89
- Olivas, G. I., y Barbosa-Canovas, G. V. (2005). Edible coatings for fresh cut fruits. *Critical Reviews in Food Science*, 45, 657–663.
- Ortega-Toro, R., Jiménez A., Talens, P., Chiralt A. (2014). Films de almidón termoplástico. Influencia de la incorporación de hidroxipropil-metil-celulosa y ácido cítrico. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 134-141.
- Pastor, C.; Sánchez-González, L.; Marcilla, A.; Chiralt, A.; Cháfer, M.; González-Martínez, C. (2007). Water vapour permeability and optical properties of hydroxypropyl methylcellulose-oleic acid edible films. *Practical Applications of Research Results EFFoST/EHEDG Conference*.
- Rhim J. W., Shellhammer T. H. (2005). Lipid-based edible films and coatings, *Innovations in Food Packaging*. 21:362-383
- Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Chiralt, A., Cháfer, M. (2009). Characterization of edible films based on hydroxypropylmethylcellulose and tea tree essential oil. *Food Hydrocolloids*, 20, 1–8.
- Tzoumaki, M. V., Biliaderis, C. G., Vasilakakis, M. (2009). Impact of edible coatings and packaging on quality of white asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) during cold storage. *Food Chemistry*, 117, 55-63.



Vasco, M.F., Campañone, L.A., Agnelli, M.E. (2016). Uso de recubrimientos comestibles para limitar los cambios nutricionales y fisiológicos en zanahorias mínimamente procesadas. VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de lo Alimentos, Córdoba.

Viña S. Z., Mugridge A., García M.A., Ferreyra R.M, Martino M. N., Chaves A.R., Zaritzky N. E. (2007). Effects of polyvinylchloride films and edible starch coatings on quality aspects of refrigerated Brussels sprouts. Food Chemistry 103, 701–709.

Velickova E., Winkelhausen E., Kuzmanova S., Alves V.D., Moldão-Martins M. (2013). Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* Camarosa) under commercial storage conditions. LWT - Food Science and Technology 52 (2), 80-92.

Zahedi, Y., Ghanbarzadeh, B., Sedaghat, N. (2010). Physical properties of edible emulsified films based on pistachio globulin protein and fatty acids. Journal of Food Engineering, 100, 102-108.

Wurzburg O. B, (1986). Modified starches: Properties and uses Edited by. Florida, British Polymer Journal. [21\(1\)](#), 87–88.

