

## 54TCA. CONSERVACION REFRIGERADA DE RUCULA CON PELÍCULAS PLÁSTICAS. INFLUENCIA EN LA SENESCENCIA Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.

TORALES, A. C.<sup>1</sup>; CHAVES, A. R.<sup>2</sup>; RODRÍGUEZ, S. del C.<sup>1</sup>

1. Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Facultad de Agronomía y Agroindustrias, Universidad Nacional de Santiago del Estero. Av. Belgrano (S) 1912. (4200) Santiago del Estero - Argentina.

E-mail: [silviadepece@hotmail.com](mailto:silviadepece@hotmail.com)

2. CIDCA-CONICET-UNLP. 47 y 116 – (1900) La Plata - Argentina

**Resumen:** El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de tres películas plásticas comerciales en algunos parámetros relacionados con la capacidad antioxidante y senescencia de rúcula cortada mínimamente procesada. Se trabajó con hojas de rúcula cortadas en tiras de 1 cm e higienizadas con agua clorada, las que se acondicionaron en bandejas plásticas y recubrieron con las siguientes películas plásticas: Policloruro de polivinilo (PVC), Polietileno de baja densidad de 30 µm de espesor (PEBD30) y Polipropileno (PP). Como control se recubrió con PEBD30 perforado. Las bandejas se almacenaron a 6°C durante 15 días y periódicamente se extrajeron muestras para evaluar los siguientes parámetros: composición gaseosa de las bandejas, características organolépticas (aparición, marchitamiento y pérdida de color característico), color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), ácido ascórbico, fenoles totales, clorofila, carotenoides totales y poder antioxidante. El ácido ascórbico disminuyó significativamente durante el almacenamiento, al igual que el contenido de fenoles y poder antioxidante. El film que permitió conservar mejor el color y la calidad global del producto al cabo de los 15 días fue el PP, no encontrándose diferencias significativas, en estos parámetros, con los otros films a tiempos de conservación inferiores a los 10 días.

### 1. Introducción

Los hábitos de alimentación humana en nuestro país y a nivel mundial han cambiado mucho en las dos últimas décadas. El actual ritmo de vida, con escaso tiempo para preparar comidas equilibradas, ha provocado la demanda de productos vegetales naturales, frescos, saludables y listos para consumir, como los mínimamente procesados (MP), también denominados de la “IV gama”. Así, la oferta de productos MP ha aumentado notablemente en los países industrializados, siendo muy competitivos y aportando nuevos productos y desarrollando nuevas tecnologías emergentes y sostenibles a fin de garantizar la calidad sensorial y nutritiva, al mismo tiempo que la seguridad alimentaria.

Los principales factores, que afectan directamente en la calidad de los vegetales MP, son el cultivar, el estado de madurez al momento de la recolección, la manipulación postcosecha, el acondicionamiento de la materia prima, así como las condiciones de almacenamiento del producto elaborado. Es así que un sistema de embalaje adecuado es fundamental para la conservación, pues debe contener y proteger el producto desde el procesamiento hasta el consumo final, con buena presentación y sin la pérdida de su calidad. Por lo tanto, la elección adecuada del envase se vuelve fundamental en el proceso de elaboración (Martin-Belloso y Rojas-Grau, 2005). Generalmente, los embalajes más utilizados para los vegetales de este tipo son las películas plásticas tales como el policloruro de polivinilo (PVC), polietileno de alta o baja densidad, el polipropileno (PP) y otros films multicapa (Zagory, 1998).

La rúcula (*Eruca sativa*, Mill) es una hortaliza que pertenece a la familia de las coles, y en la década de los 90 se inició el cultivo a gran escala tanto al aire libre como en invernaderos en nuestro país. Actualmente su consumo se ha incrementado y en países europeos se la distingue por su sabor amargo agradable y característico así como por su contenido de fitonutrientes con potencial saludable (Barillardi et al., 2005).

Por otra parte, en los últimos años ha habido un interés creciente en la caracterización de fitoquímicos antioxidantes debido a sus diferentes propiedades bioactivas en alimentos vegetales (Dillard y German, 2000; Shetty y McCue, 2003). Resultados de investigaciones recientes han demostrado que los diversos compuestos fenólicos presentes en las frutas y hortalizas son responsables de la alta capacidad antioxidante encontrada en estos productos (Proteggente et al., 2002).

## 2. Objetivo

Evaluar la influencia de películas plásticas comerciales en algunos parámetros fisiológicos relacionados con la senescencia y capacidad antioxidante de rúcula cortada mínimamente procesada.

## 3. Materiales y Métodos

Se trabajó con rúcula obtenida de la provincia de Santiago del Estero. Las hojas fueron cosechadas y seleccionadas, lavadas con agua potable, cortadas en tiras de 1 cm, desinfectadas con solución de HOCl (150 ppm, 5 min) y envasadas en bandejas plásticas. Las bandejas fueron divididas en 4 lotes y cada lote (formado por 20 bandejas) se recubrió con las siguientes películas plásticas: PVC, PP y polietileno de baja densidad de 30 mm (PEBD 30). Como control se almacenó el producto con PEBD perforado. Las bandejas se almacenaron en cámaras de refrigeración a 6°C, a fin de simular condiciones de venta en supermercados. Se tomaron muestras a los 0, 4, 8, 12 y 15 días y se analizaron los siguientes parámetros:

- Análisis Sensorial: Se realizó un análisis descriptivo cuantitativo, con panel entrenado de 12 jueces, evaluándose las muestras mediante el empleo de una escala estructurada de 9 puntos. Para evaluar el producto los jueces previamente valoraron los atributos del producto y definieron los descriptores que permiten caracterizar el proceso de senescencia del producto (datos no mostrados). Se acordó en evaluar los siguientes descriptores: apariencia, grado de marchitamiento y color. Se estableció como límite de aceptabilidad para su comercialización para todos los descriptores el valor de 5 puntos (Jacxsens et al., 2002; Rodríguez y Questa, 2008 y 2009).
- Composición gaseosa de las bandejas: La concentración de oxígeno y de dióxido de carbono del interior de las bandejas se determinó tomando muestras del espacio de cabeza de las mismas e inyectándolas en un cromatógrafo gaseoso (SRI 8610C, EUA) equipado con una columna concéntrica CTRI y un detector de Conductividad Térmica.
- Medición de color: Los parámetros de color L\*, a\* y b\* se determinaron con un colorímetro (MINOLTA CR 300, Osaka, Japón), calculándose el Croma y el Hue.
- Acido ascórbico (AA): Se realizó según la metodología de Carvalho et al. (1990).
- Fenoles Totales: Determinados según la metodología de Singleton et al. (1999).
- Actividad Antioxidante: Según la metodología de Brand-Williams et al. (1995).
- Contenido de clorofila y carotenoides: El contenido de clorofila a, b y total, así como los carotenoides totales fueron determinados espectrofotométricamente de acuerdo a Lichtenthaler (1987), a partir de extractos de acetona: agua (80:20)
- Diseño experimental y tratamiento estadístico de los datos: Las experiencias se realizaron según un diseño factorial. Se llevaron a cabo por lo menos cuatro ensayos de

almacenamiento y las determinaciones se efectuaron por triplicado para cada tiempo y film empleado. Los resultados fueron analizados por medio de un Análisis de Varianza.

#### 4. Resultados y Discusión

El principio de la conservación de vegetales con atmósferas modificadas pasivas (AMP) se basa en que en ambientes con baja concentración de oxígeno la velocidad de respiración del producto disminuye. Es así que, en general, cuando la concentración de oxígeno cae hasta alrededor del 10%, la respiración comienza a disminuir. El objetivo de las AMP es alcanzar un balance adecuado entre diferentes variables de forma tal que se alcance rápidamente el equilibrio con concentraciones benéficas de oxígeno y de dióxido de carbono. Este equilibrio ocurre cuando la respiración del vegetal consume el oxígeno a la misma velocidad que el film permite ingresar al interior del envase y la respiración del producto produce CO<sub>2</sub> a la misma velocidad que la película plástica permite salir (Zagory, 1998).

En la Tabla 1, se muestran los valores de la concentración gaseosa en el interior de las bandejas, donde se puede observar al cabo de las 24 h de almacenamiento, los niveles de O<sub>2</sub> fueron inferiores al 9%, disminuyendo lentamente hasta los 7 días, a partir del cual permanecieron prácticamente constantes hasta el final del almacenamiento. Las muestras recubiertas con PP y PVC fueron las que presentaron durante el almacenamiento menor concentración de O<sub>2</sub> y mayor concentración de CO<sub>2</sub> (2-3%), siendo significativamente diferentes de las recubiertas con PEBD 30.

**TABLA 1:** Evolución de la concentración de O<sub>2</sub> (A) y de CO<sub>2</sub> (B) en bandejas de rúcula cortada recubierta con distintas películas plásticas y almacenadas a 6 ° C. LSD<sub>(0,05)</sub>= 0,3

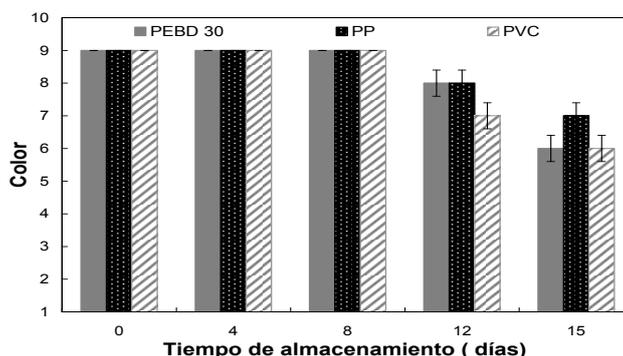
Tiempo de almacenamiento (d)	O <sub>2</sub> (%)			CO <sub>2</sub> (%)		
	PEBD 30	PP	PVC	PEBD 30	PP	PVC
0	21,0	21,0	21,0	0,03	0,03	0,03
1	8,5	7,7	7,8	0,98	1,72	1,40
2	8,1	7,1	7,7	1,10	2,78	1,56
5	7,6	6,3	6,7	0,55	2,89	2,12
6	7,6	6,3	6,7	0,60	2,95	2,10
7	5,6	4,9	6,9	0,60	2,10	1,40

La vida útil de los vegetales listos para consumir, así como el deterioro del producto por el proceso de senescencia, puede ser determinada a través de la evaluación sensorial de los productos, siendo necesario aplicar la metodología adecuada para estas pruebas (Rodríguez y Questa, 2008). Así, uno de los principales factores de la calidad de estos alimentos es la apariencia general, ya que es uno de los principales atributos que impacta en el consumidor. En nuestros estudios el film que permitió retener mejor el aspecto global del producto fue el polipropileno. No se encontraron diferencias significativas entre las muestra recubiertas con PEBD 30 y PVC.

El amarillamiento de las hojas es uno de los principales factores del acortamiento de la vida comercial de la rúcula, debido a la pérdida de clorofila (Koukounaras et al., 2007). En la Figura 1 se muestra la evolución del color de las hojas cortadas de rúcula, caracterizadas fundamentalmente por su color verde brillante.

Como puede observarse el film que permitió conservar por más tiempo el color verde característico de las hojas fue el PP, el que aún luego de los 15 días de almacenamiento

permaneció verde, al contrario de las recubiertas con PEBD 30 y PVC las que luego de los 12 días comenzaron a amarillarse tenuemente.



**Figura 1:** Evolución del color de rúcula MP almacenada con distintos films plásticos.  $LSD_{(0,05)} = 0,5$ . (9: Verde intenso, 7: verde, 5: v. amarillento (< 20%), 3: verde amarillento (< 50%), 1: > del 75 % amarillo).

Al evaluarse el grado de marchitamiento se observó que no hubo diferencias apreciables en el producto cubierto con los distintos films y al cabo de los 15 días todas las bandejas obtuvieron puntajes de aproximadamente 8.

Es importante destacar que en los gráficos no se presentan los valores correspondientes a las bandejas recubiertas con el film perforado (controles) ya que al cabo de los 4 días de conservación el producto ya no era comercializable por su apariencia, marchitamiento, pérdida del olor característico y grado de amarillamiento, por lo tanto se consideró innecesario seguir evaluando este producto.

Los principales atributos que definen la calidad organoléptica de los vegetales son que tengan una apariencia fresca, una textura aceptable, buen sabor y olor (Rodríguez y Questa, 2009). Al analizar en conjunto los descriptores evaluados a través del análisis sensorial de este estudio, se puede resumir que el film más adecuado para el almacenamiento a la temperatura que se realizó el estudio sería el polipropileno.

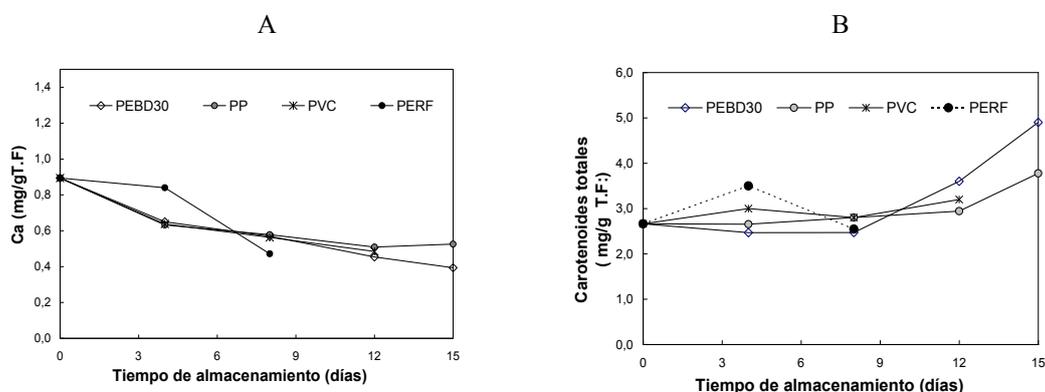
Al evaluar la evolución del color en forma objetiva, se determinó que el parámetro  $L^*$ , al inicio del almacenamiento, para todas las muestras presentó valores de aproximadamente 93, posteriormente al cabo de los 3 días de almacenamiento este parámetro descendió a valores próximos a 75 y se mantuvo en ese valor hasta el final del almacenamiento, no encontrándose diferencias importantes entre los valores alcanzados con los distintos films a lo largo del almacenamiento (datos no mostrados).

Al evaluar la evolución del Chroma se observó que en general la tendencia fue la de un ligero aumento para todas las muestras recubiertas con los distintos films. Luego de los 8 días los valores correspondientes a las muestras con PP fueron significativamente superiores de las restantes. Al analizar la variación del Hue se encontró que inicialmente las muestras presentaron un valor de 117, notándose una disminución significativa ( $P < 0,05$ ) para todos los casos luego de los 8 días de almacenamiento, salvo para PP que se mantuvo en el valor inicial.

Estos resultados coinciden con los datos obtenidos por Koukounaras et al. (2007) quienes observaron una ligera disminución de los valores de Hue y ligero aumento del Chroma en hojas enteras de rúcula almacenadas a 5°C con 95% HR.

Al estudiar la evolución de clorofila y carotenoides totales (Figura 2) se observó que el contenido inicial de la clorofila a fue aproximadamente tres veces mayor que el de clorofila b (0,32 mg/g de tejido fresco). La clorofila a presentó una disminución paulatina durante el almacenamiento siendo significativamente mayor a los 15 días en las muestras con PP. Por otra parte se observó, a partir del octavo día un aumento significativo del contenido de

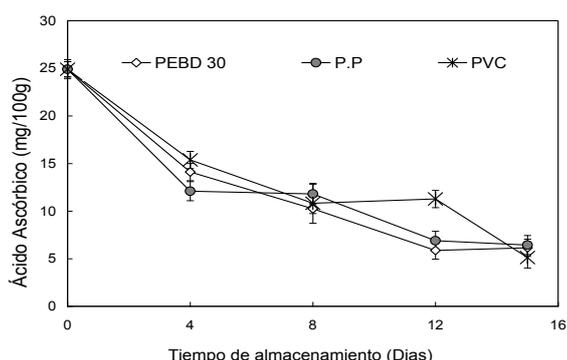
carotenoides totales, en todas las muestras. Estos datos se correlacionan con los que se observó al evaluar color sensorial y objetivamente, ya que los 12 días de almacenamiento ya se comenzó a visualizar una disminución del color verde característico de las hojas y la pérdida de la apariencia por este factor.



**Figura 2:** Evolución de clorofila a (A), carotenoides totales (B) en rúcula a 6°C recubiertas con diferentes películas. (A)  $LSD_{(0,05)} = 0,21$ ; (B)  $LSD_{(0,05)} = 0,20$

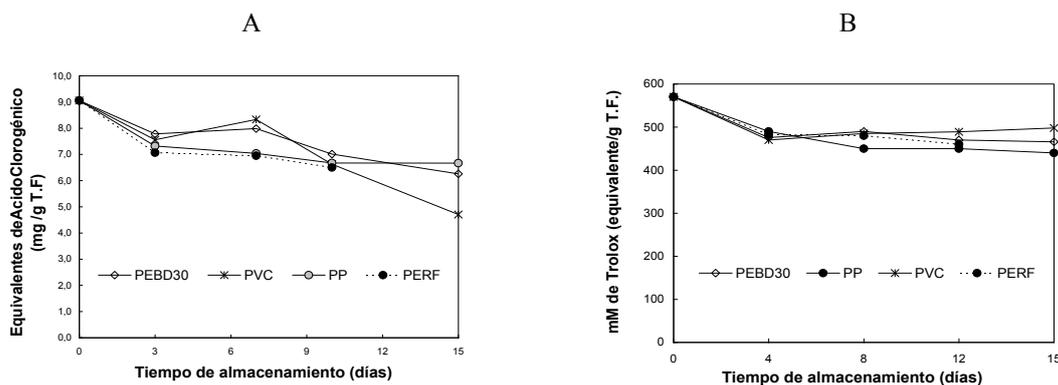
En la Figura 3 se presenta la evolución de AA, donde se observa que en todas las bandejas hubo en general una disminución paulatina de este parámetro, desde valores de 25 mg/100 g de tejido fresco hasta aproximadamente niveles de 70 a 80% inferiores al cabo de los 15 días. No se encontraron diferencias significativas en su evolución durante la conservación, entre las bandejas recubiertas con PEBD 30, PVC y PP. Un comportamiento similar en cuanto a la disminución de los niveles iniciales de AA se observó también en estudios realizados en rúcula en hojas enteras tiernas o jóvenes y hojas maduras (Koukounaras et al., 2007). En ese estudio, si bien hubo una disminución significativa, los valores de reducción fueron de hasta el 25% al cabo de 10 días a 10°C. Estos valores inferiores en la reducción podrían explicarse debido a que en esos estudios se trabajó con hojas enteras y en nuestros ensayos se experimentó con hojas cortadas, en

Las que el metabolismo está más acelerado.



**Figura 3:** Evolución de AA en rúcula almacenada con diferentes películas a 6°C.  $LSD_{(0,05)} = 2,1$

Al evaluar como influían los distintos films en la conservación de rúcula, se observó que el contenido de fenoles totales (Figura 4 A) presentó inicialmente niveles de 9 mg Eq. de ácido clorogénico/g de tejido fresco. Durante el almacenamiento este parámetro tendió a disminuir, alcanzando valores de aproximadamente 22% inferiores para todos los films, salvo para el PVC que fue significativamente inferior.



**Figura 4:** (A) Fenoles solubles totales, (B) actividad antioxidante en rúcula cortada almacenada a 6°C y recubierta con distintas películas plásticas. LSD<sub>(0,05)</sub> A = 0,5. LSD<sub>(0,05)</sub> B = 45,2.

El AA y los fenoles solubles contribuyen a la actividad antioxidante de los tejidos. Durante el almacenamiento de las muestras se observó que en general hubo una disminución de ambos parámetros, por lo tanto es de esperar que la actividad antioxidante también tenga una tendencia a disminuir, tal como se observa en la Figura 4 B. Inicialmente el tejido presentó un contenido de 580 mM de Trolox equivalente/g, disminuyendo significativamente en todas las muestras durante los primeros 4 días y manteniéndose prácticamente sin variaciones importantes hasta el final de la conservación, alcanzando valores de aproximadamente 20% del contenido inicial.

## 5. Conclusiones

Los principales atributos que se modificaron con la senescencia de las hojas de rúcula fueron: apariencia general y pérdida de color verde característico. El AA disminuyó notablemente durante el almacenamiento, al igual que el contenido de fenoles y poder antioxidante. El film que permitió conservar mejor la calidad del producto por 15 días fue el PP, no encontrándose diferencias apreciables hasta 10 días de conservación.

## 6. Bibliografía

- Barillardi, J.; Canistro, D.; Paolini, M.; Ferroni, F.; Pedulli, G. F.; Iori, R.; Valgimigli, L. (2005). Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa* Mill) seeds and sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2475-2482.
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Food Science and Technology*, 28: 25-30.
- Carvalho, C. R. L.; Mantovani, D. M. B.; Carvalho, P. R. N.; Moraes, R. M. (1990). Análisis químicos de alimentos. Campinas: ITAL.
- Dillard, C. J.; German, J. B. (2000). Phytochemicals: nutraceuticals and human health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 1744-1756.
- Koukounaras, A.; Siomos, A. S.; Sfakiotakis, E. (2007). Postharvest CO<sub>2</sub> and ethylene production and quality of rocket (*Eruca sativa* Mill.) leaves as affected by leaf age and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 46: 167-173.
- Jacxsens, L.; Devlieghere, F.; Debevere, J. (2002). Temperature dependence of shelf-life as affected by microbial proliferation and sensory quality of equilibrium

- modified atmosphere packaged fresh produce. *Postharvest Biology and Technology*, 26: 59–73.
- Lichtenthaler, H. L. (1987). Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthetic biomembranes. En: *Methods in Enzymology*, vol. 148. *Plant Cell Membranes*. Ed by Packer, L. and Douce, R. Academic Press Inc. (pp. 350-382).
  - Martín-Belloso, M. y Rojas-Grau, M. A. (2005). Factores que afectan la calidad. En: *nuevas tecnologías de conservación de Productos Vegetales Frescos Cortados*. Gonzales Aguilar, G.; Gardea, A.; Cuamea-Navarro F. (Eds). México (pp. 78-93).
  - Proteggente, A. R.; Pannala, A. S.; Paganga, G.; Van Buren, L.; Wagner, E.; Wiseman, S. (2002). The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Research*, 36: 217-233.
  - Rodríguez, S. del C.; Questa, A. G. (2008). Aplicación del Análisis sensorial para evaluar calidad en frutas y hortalizas. *Inv. en Facultades de Ing. del NOA. II*: 29-34.
  - Rodríguez, S. del C.; Questa, A. G. (2009). Evaluación sensorial de vegetales frescos y mínimamente procesados. *Trabajos Completos del CLICAP* (pp. 1-7).
  - Singleton, V. L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent. *Methods in Enzymology*, Vol. 299. (pp.152-178).
  - Shetty, K.; McCue, P. (2003). Phenolic antioxidant biosynthesis in plants for functional food application: integration of systems biology and biotechnological approaches. *Food Biotechnology*, 17: 67–97.
  - Zagory, D. (1998). [www.nsf.org/business/nsf\\_agriculture/articles\\_map.pdf](http://www.nsf.org/business/nsf_agriculture/articles_map.pdf).