

INTRODUCCIÓN



- Los tallos de borraja mínimamente procesados envasados en atmósfera modificada y conservados en refrigeración es una alternativa a las existentes en el mercado acorde con la tendencia por parte de los consumidores de adquirir productos listos para el ser consumidos o cocinados (Alcúson et al., 2017).
- Para el envasado de este tipo de productos se ha utilizado hasta la actualidad, fundamentalmente, plásticos derivados del petróleo. Estos materiales no son biodegradables y suponen un gran problema medioambiental global, por lo que existe un interés creciente en sustituirlos por envases bio-basados.
- Sin embargo, el uso de materiales bio-basados está limitado por las pobres propiedades barrera y débiles propiedades mecánicas que presentan (Khalil et al., 2018). Ello implica que hay que analizar cada producto en concreto para determinar cómo se ve afectada la calidad del mismo si se utilizan envases bio-basados.
- El ácido poliláctico (PLA) es un material bio-basados que ya ha sido evaluado con otros productos (González-Buesa et al., 2014), pero su idoneidad para el envasado de borraja mínimamente procesada todavía no se ha evaluado.

MATERIAL BIOLÓGICO

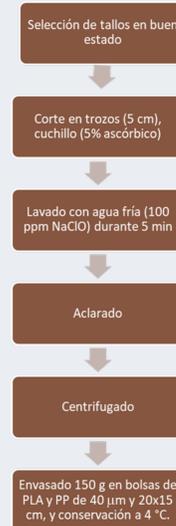


Diagrama de procesado de la borraja

- Borraja (*Borago officinalis* L.) de flor blanca, cv Movera
- Suministrada por la empresa *Hermanos Mene*

METODOLOGÍA

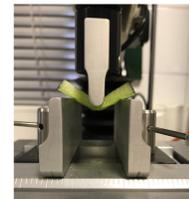
Medida de la permeabilidad de los films de PLA y PP



Laboratorio del CITA de caracterización de propiedades barrera de envases.



Evolución de la calidad de la borraja mínimamente procesada durante la conservación



Se determinó la resistencia a la flexión σ mediante la expresión:

$$\sigma = \frac{FL}{\pi R^3}$$

Donde F es la fuerza a 5 mm de desplazamiento de la sonda, L la longitud de separación entre los puntos de apoyo del tallo en la sonda y R radio de un tallo de sección circular de igual área que el tallo analizado.

- Análisis de textura** mediante test de pando (texturómetro TA.XTplus, Stable Micro Systems).
- Análisis del color** mediante ADI de imágenes adquiridas con un escáner (Canon Scan Lide 210) usando el software ADImag.
- Contenido en humedad** por pérdida de peso tras secado en estufa de convección a 105 °C.
- Capacidad antioxidante** determinada por reacción de los distintos compuestos antioxidantes con DPPH.
- Contenido en compuestos fenólicos totales** por el método de Folin-Ciocalteu.
- Evolución de la composición gaseosa en el interior de los envases** (Analizador Dansensor CheckMate 3).



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 1. Evolución de la humedad y de la turgencia de los tallos.

día	Humedad (g agua/g)			Resistencia a la flexión (MPa)		
	Control	PP	PLA	Control	PP	PLA
0	0.9649±0.0004 ^{A,a}	0.9649±0.0004 ^{A,a}	0.9649±0.0004 ^{A,a}	0.63±0.17 ^{A,a}	0.63±0.17 ^{A,a}	0.63±0.17 ^{A,a}
4	0.9587±0.0033 ^{A,b}	0.9645±0.0006 ^{A,b}	0.9503±0.0127 ^{A,b}	0.79±0.29 ^{A,b}	0.73±0.26 ^{A,b}	0.70.251± ^{A,b}
7	0.9513±0.0017 ^{B,ab}	0.9637±0.0005 ^{A,bc}	0.9501±0.0018 ^{B,ab}	0.74±0.23 ^{A,ab}	0.81±0.23 ^{A,b}	0.74±0.25 ^{A,ab}
11	0.9423±0.0019 ^{B,bc}	0.9638±0.0007 ^{A,bc}	0.9400±0.0014 ^{B,bc}	0.82±0.24 ^{A,b}	0.81±0.27 ^{A,b}	0.84±0.22 ^{A,b}
14	0.9410±0.0049 ^{B,bc}	0.9639±0.0001 ^{A,bc}	0.9318±0.0034 ^{C,c}	0.74±0.23 ^{A,ab}	0.73±0.24 ^{A,ab}	0.73±0.28 ^{A,ab}
18	0.9252±0.0132 ^{B,c}	0.9632±0.0001 ^{A,c}	0.9229±0.0058 ^{B,cd}	0.63±0.25 ^{B,ab}	0.80±0.24 ^{B,ab}	0.75±0.30 ^{B,ab}
21	0.9261±0.0094 ^{B,c}	0.9632±0.0001 ^{A,c}	0.9098±0.0020 ^{C,d}	0.65±0.26 ^{AB,ab}	0.82±0.27 ^{B,b}	0.71±0.29 ^{AB,ab}

Tabla 2. Evolución del color de los tallos.

día	L*			a*		
	Control	PP	PLA	Control	PP	PLA
0	68.32±3.29 ^{A,a}	68.32±3.29 ^{A,a}	68.32±3.29 ^{A,a}	-4.21±0.75 ^{A,a}	-4.21±0.75 ^{A,a}	-4.21±0.75 ^{A,a}
4	67.39±3.68 ^{A,a}	68.54±3.13 ^{A,a}	66.87±3.90 ^{A,ab}	-3.29±0.61 ^{A,b}	-3.41±0.96 ^{A,b}	-3.43±0.84 ^{A,b}
7	67.29±3.93 ^{A,ab}	66.89±4.40 ^{A,ab}	68.26±3.76 ^{A,a}	-3.39±0.92 ^{A,b}	-3.38±0.94 ^{A,b}	-3.34±1.57 ^{A,b}
11	67.49±3.63 ^{A,ab}	66.18±4.42 ^{A,b}	66.86±3.17 ^{A,ab}	-3.39±0.98 ^{A,b}	-3.32±0.96 ^{A,b}	-3.24±0.81 ^{A,b}
14	66.27±4.18 ^{A,ab}	66.45±3.12 ^{A,ab}	65.08±5.49 ^{A,b}	-3.20±1.05 ^{A,b}	-3.09±0.85 ^{A,b}	-2.67±1.99 ^{A,b}
18	66.92±3.81 ^{A,ab}	67.70±4.37 ^{A,ab}	66.00±5.00 ^{A,ab}	-3.39±1.18 ^{A,b}	-3.27±0.70 ^{A,b}	-2.67±1.52 ^{B,b}
21	65.00±3.96 ^{A,b}	66.71±3.68 ^{A,ab}	61.51±5.09 ^{B,c}	-3.32±0.91 ^{A,b}	-3.26±0.96 ^{A,b}	-1.61±2.37 ^{C,b}

Diferentes letras mayúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) entre envases. Diferentes letras minúsculas indican diferencias significativas (P<0.05) entre tiempos de conservación.

Tabla 3. Evolución de la capacidad antioxidante y del contenido en fenoles.

día	Capacidad antioxidante (mg Trolox/100g DM)			Fenoles totales (mg GAES/100g DM)		
	Control	PP	PLA	Control	PP	PLA
0	753±15 ^{A,a}	744±15 ^{A,a}	744±15 ^{A,a}	319±30 ^{A,a}	319±30 ^{A,a}	319±30 ^{A,a}
4	759±19 ^{A,a}	751±20 ^{A,a}	560±28 ^{B,b}	198±49 ^{AB,b}	258±13 ^{A,a}	128±23 ^{B,b}
7	408±29 ^{B,b}	747±127 ^{A,a}	520±66 ^{B,bc}	166±70 ^{A,b}	287±24 ^{A,a}	151±84 ^{A,b}
11	398±23 ^{B,b}	656±46 ^{A,a}	424±17 ^{B,cd}	148±12 ^{B,b}	241±42 ^{A,a}	187±9 ^{AB,b}
14	452±47 ^{B,b}	747±164 ^{A,a}	308±33 ^{B,e}	170±27 ^{B,b}	311±40 ^{A,a}	124±3 ^{B,b}
18	383±44 ^{B,b}	714±72 ^{A,a}	361±22 ^{B,de}	106±14 ^{B,b}	313±53 ^{A,a}	118±2 ^{B,b}
21	414±66 ^{B,b}	734±129 ^{A,a}	259±62 ^{B,e}	168±3 ^{B,b}	285±20 ^{A,a}	99±8 ^{C,b}

- Debido a la **menor permeabilidad al O₂ del PLA** (310 mL m⁻² d⁻¹ atm⁻¹, a 23 °C, 85% HR) en comparación con el **PP** (1100 mL m⁻² d⁻¹ atm⁻¹, a 23°C, 0% HR), en los envases de PLA los tallos agotaron el O₂ en una semana de almacenamiento a 4°C, mientras que en los de PP la concentración de O₂ descendió por debajo del 1% el día 11.
- La **alta permeabilidad al vapor de agua del PLA** (186 g m⁻² d⁻¹, a 38 °C, 90% HR) fue la causa de que los tallos envasados en este material sufrieran una **deshidratación más severa que los envasados en PP** (4 g m⁻² d⁻¹, a 38 °C, 100% HR), (Tabla 1), llegando a perder un 5.7 % de peso.
- En todos los envases se produjo un incremento en la firmeza de los tallos hasta el día 11, posiblemente debido al estrés que el procesado genera en el producto. En las muestras control, en el último tramo del periodo de conservación, descendió la resistencia a la flexión (Tabla 1), indicando que **en la textura influye notablemente la atmósfera de envasado**.

- Durante la conservación los tallos perdieron luminosidad y tonalidad verde (Tabla 2). Comparando el color de los tallos entre los envases se observó que **solamente existen diferencias significativas (P<0.05) en las muestras envasadas en PLA que a los 21 d eran menos luminosas y tenían un tono verde menos intenso**.
- Las muestras envasadas en PP mantienen durante la conservación los valores iniciales de la capacidad antioxidante y del contenido en fenoles. Sin embargo, **en el caso del PLA, la capacidad antioxidante sufrió una reducción del 65 % y los compuestos fenólicos del 70%**.

CONCLUSIONES

- Los tallos de borraja mínimamente procesados si se envasan con PLA en vez de usar PP, a pesar de experimentar cierta deshidratación, presentan un color y una textura similares durante los primeros 18 días de conservación.
- Sin embargo, las pérdidas nutricionales de los tallos en PLA desaconsejan su utilización ya que el envasado en PP preserva mejor la capacidad antioxidante y el contenido en fenoles del producto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Departamento de Ciencia, Universidad y Sociedad del Conocimiento del Gobierno de Aragón a través del reconocimiento y subvención a la actividad investigadora del Grupo de investigación A22-20R.

REFERENCIAS

- Alcúson, G., Remón, S., Salvador, M.L. (2017). Quality related aspects of sous-vide processing of borage (*Borago officinalis* L.) stems. LWT-Food Sci. Technol. 85: 104-109.
- Khalil, H.P.S.A., Banerjee, A., Saurabh, C.K., Tye YY., Suriani, A.B., Azmi, M., Paridah, M.T. (2018). Biodegradable films for fruits and vegetables packaging applications: preparation and properties. Food Eng. Rev. 10 (3): 139-153.
- González-Buesa, J., Page, N., Kaminski, Ch., Ryser, E.T., Beadry, R., Almenar, E. (2014). Effect on non-convetional atmospheres and bio-based packaging on the quality and safety of *Listeria monocytogenes*-inoculated fresh-cut celery (*Apium graveolens* L.) during storage. Postharvest Biol. Technol. 93:29-73.