

Estudio de distintas bolsas de Atmósfera Modificada en combinación con SmartPac y su efecto en la condición post cosecha de arándanos.

Departamento Técnico de Quimas S.A. Sebastian.caceres@quimas.cl, Sofia.maldonado@quimas.cl

Resumen.

Arándanos var. Brigitta fueron cosechados y almacenados a 0°C durante 40 días en distintas bolsas de Atmósfera Modificada (View Fresh, Paclife y Xtend), y dos láminas generadoras de Anhídrido Sulfuroso (SmartPac). Además, se incluyó un tratamiento con una sola lámina SmartPac y bolsa Paclife. Todos los tratamientos con Anhídrido Sulfuroso fueron significativamente más efectivos en el control de la Pudrición Gris, inhibiendo el desarrollo de micelio aéreo del hongo en fruta inoculada y no inoculada previamente con una suspensión conidial de *Botrytis cinerea*, sin diferencias entre las bolsas estudiadas. Tampoco se detectaron diferencias entre el tratamiento con una lámina y los tratamientos con dos láminas; sin embargo, la concentración de Anhídrido Sulfuroso del tratamiento con una lámina fue mucho más baja y por menos tiempo que el tratamiento con dos láminas. Se cuantificó la incidencia de frutos con síntomas atribuibles a la presencia de SO₂, siendo significativamente mayor en el tratamiento que combina bolsa Paclife con lámina SmartPac, reduciéndose significativamente en el tratamiento con una sola lámina.

No se observaron diferencias entre las bolsas AM en humedad relativa, firmeza instrumental, fruta blanda y frutos con síntomas evidentes de deshidratación; y aunque se detectó mayor pérdida de peso en la fruta embalada con bolsa Xtend, ésta fue bastante baja en todos los casos estudiados. (<0,4%)

Estos antecedentes sugieren que la bolsa Paclife y lámina SmartPac inducirían mayor daño por Anhídrido Sulfuroso, sin embargo, las razones de este comportamiento no son completamente comprendidas. La concentración de Anhídrido Sulfuroso en este tratamiento es similar a la obtenida en la combinación de lámina SmartPac con la bolsa View Fresh; y tampoco se observan diferencias en la humedad relativa entre las distintas bolsas AM y su efecto en la pérdida de firmeza de la fruta.

El uso de una sola lámina SmartPac reduciría la concentración de SO₂ disponible en el envase, disminuyendo también la incidencia de frutos con daño, pero sin perder efectividad en el control de la Pudrición Gris. Esto podría ser una alternativa de empaque para aquellas variedades más susceptibles a manifestar síntomas atribuibles al SO₂, sin embargo, debe ser cuidadosamente estudiado antes de implementar el cambio en fruta proveniente de áreas de mayor riesgo a la contaminación por *B. cinerea*.

Objetivos del Estudio.

Definir si existen diferencias en la tasa de emisión de las láminas SmartPac en función de la bolsa AM con la que se combina.

Objetivos específicos.

1. Determinar influencia del tipo de bolsa respecto a la humedad relativa dentro de los envases
2. Determinar eficiencia en control de desarrollo de Pudrición Gris
3. Determinar diferencias en la firmeza de la fruta
4. Determinar porcentaje de pérdida de peso
5. Determinar incidencia de frutos con síntomas de fitotoxicidad

Diseño experimental.

Descripción del embalaje: Caja de cartón 4,4 oz 24x32 cms; con 12 clamshells de 125 gramos de arándanos.

Tratamientos:

T0: AM Paclife + 2 PTLAM 641

T1: AM View Fresh + 2 PTLAM 641

T2: AM Xtend + 2 PTLAM 641

T3: AM Paclife

T4: AM View Fresh

T5: AM Xtend

T6: AM Paclife + 1x PTLAM 641

Número de repeticiones por tratamiento: 3

Características de los productos evaluados:

PTLAM 641: Lámina (300x210mm) LDPE con 8% MBS. 2 láminas por caja.

AM Xtend: Poliamida.

AM Paclife: Polietileno de baja densidad.

AM View Fresh: Polietileno de baja densidad.

Material Vegetal: Arándanos variedad Brigitta, cosechados en Ñuble, y sometidos a gasificación inicial.

Metodología.

La fruta cosechada y enfriada, se transportó al laboratorio de Quimas S.A en Santiago, donde fue empacada de acuerdo al diseño experimental descrito. En el momento del montaje de los tratamientos, se realizó una evaluación inicial de la materia prima, en la que se midió la firmeza de una muestra de 100 frutos seleccionados aleatoriamente; se registró el peso inicial de 12 clamshells para el posterior cálculo de deshidratación medido como pérdida de peso; en dos de ellos se incorporó una baya artificialmente inoculada con una suspensión conidial de *V* y síntomas evidentes de infección. La fruta fue almacenada 40 días en cámara refrigerada a 0°C y >90% de HR, monitoreando tres veces por semana la concentración de SO₂ utilizando un sensor de SO₂ MultiRAE lite PGM-6208, que se conectó a través de mangueras de silicona de 6mm incorporadas al interior de las cajas.

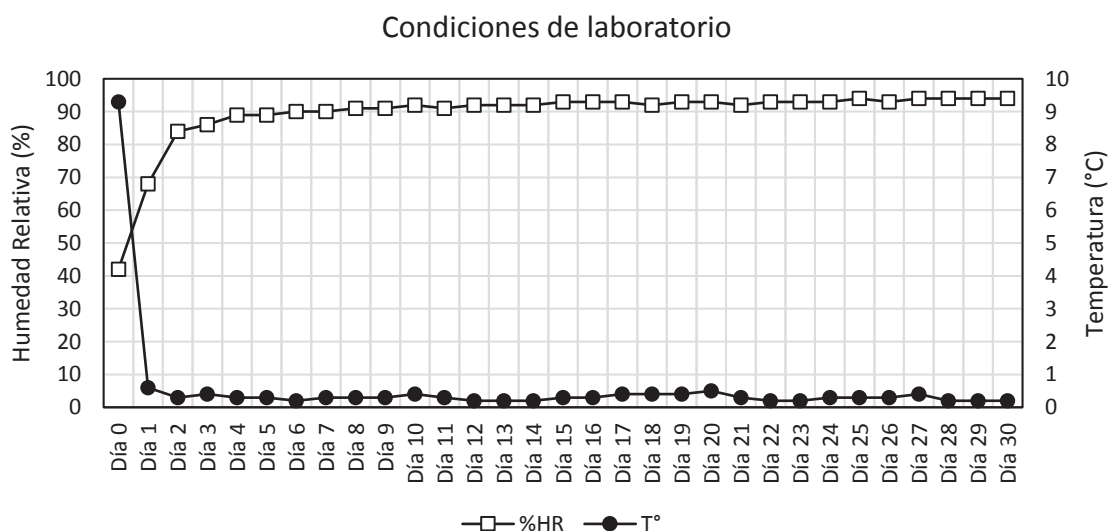
Al cabo del período de almacenamiento, se determinó la condición final de la fruta evaluando 4 parámetros:

- Frutos con desarrollo de Pudrición Gris
- Frutos con síntomas asociados al exceso de SO₂
- Firmeza, medida mediante Baxlo 53505/FC
- Incidencia de frutos con deshidratación evidente

Además, se registró la humedad Relativa dentro de los envases, se determinó el porcentaje de pérdida de peso en cada tratamiento mediante la diferencia entre el peso inicial y el final.

Condiciones del estudio.

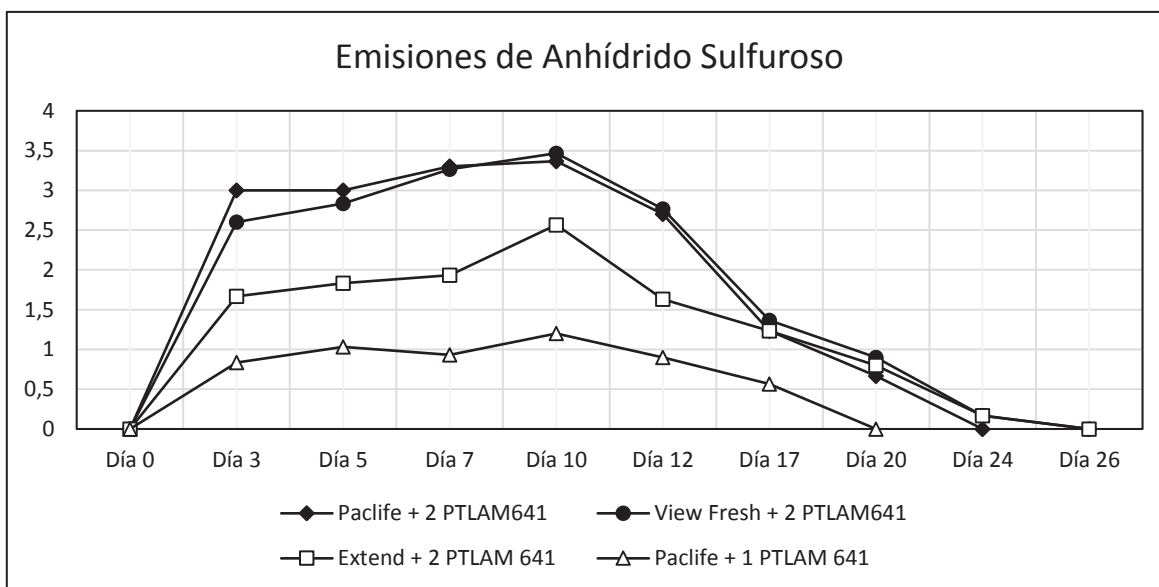
Mediante uso de sensor Flash Link USB Reusable Data Logger, Internal Temperature & Humidity Sensor se registró la temperatura y humedad relativa de la cámara de almacenamiento durante todo el período de estudio.



La temperatura se mantuvo entre 0,2° y 0,5°C y la Humedad Relativa alcanzó el 94%

Dinámica de liberación de Anhídrido Sulfuroso

Las lecturas de SO₂ se realizaron en cámara fría a 0°C y HR>90% tres veces por semana hasta el durante el período de almacenamiento, con el sensor de SO2 MultiRAE lite PGM-6208.



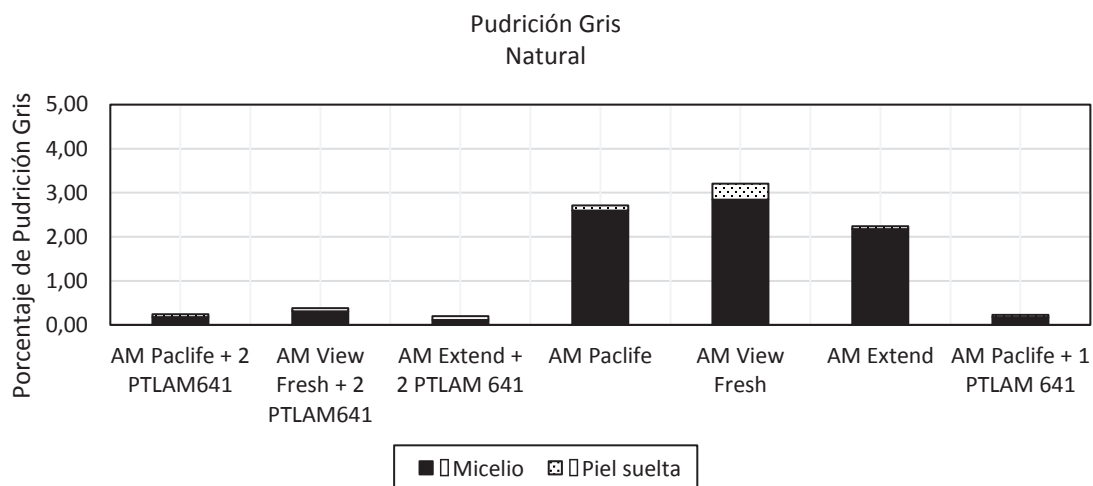
Resultados.

1. Pudrición Gris.

La presencia de bayas infectadas con pudrición gris fue calculada como el porcentaje de bayas infectadas en el peso total de la muestra. Se midió separadamente la presencia de pudrición gris asociada a los envases donde se inoculó la baya enferma, de los envases donde no hubo inoculación (pudrición natural). Además, se separó de acuerdo con los síntomas observados; bayas con desarrollo aéreo de micelio y bayas con desarrollo sub-epidermal de la infección (piel suelta).

Para determinar la significancia estadística de los resultados se realizó una transformación “Arc Sen” de los resultados porcentuales, se sometieron a ANOVA y luego una prueba de comparaciones múltiples de Fisher y validada por test de Duncan ($p > 0,05$). Se analizó la diferencia de incidencia de pudriciones entre cada tratamiento.

1.1 Pudrición natural por tratamiento

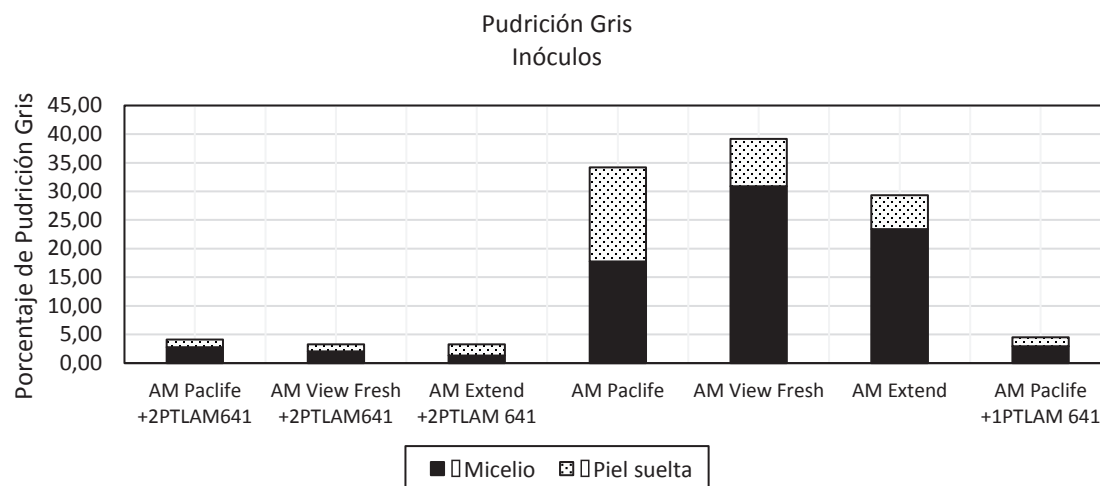


Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	\bar{x} Micelio	Significancia	\bar{x} Piel Suelta	Significancia
AM Paclife + 2 PTLAM641	0,17	a	0,07	a
AM View Fresh + 2 PTLAM641	0,31	a	0,07	a
AM Xtend + 2 PTLAM 641	0,11	a	0,08	a
AM Paclife	2,59	b	0,12	a
AM View Fresh	2,84	b	0,36	b
AM Xtend	2,17	b	0,06	a
AM Paclife + 1 PTLAM 641	0,17	a	0,06	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

1.2 Pudrición clamshells inoculados por tratamiento



Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Micelio	Significancia	Piel Suelta	Significancia
AM Paclife +2PTLAM641	2,79	a	1,36	a
AM View Fresh +2PTLAM641	2,05	a	1,26	a
AM Xtend +2PTLAM 641	1,30	a	1,96	a
AM Paclife	17,73	b	16,47	b
AM View Fresh	30,91	c	8,27	a
AM Xtend	23,39	b c	5,96	a
AM Paclife +1PTLAM 641	2,92	a	1,58	a
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)				

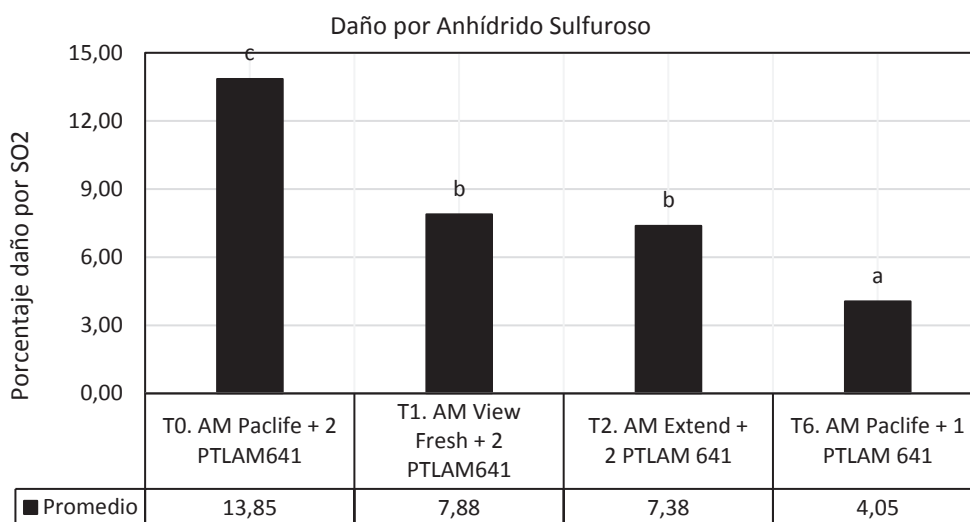
Mediante el test de comparaciones múltiples LSD Fisher y validado por el test de Duncan, se evaluó la efectividad de las láminas SmarPac generadoras de SO₂ sobre el desarrollo de pudrición gris, versus los tratamientos embalados solo con bolsa atmósfera modificada. Los resultados indican que aquellos tratamientos donde se combinó atmósfera modificada con la lámina SmartPac reducen significativamente los síntomas asociados al desarrollo de micelio aéreo de *Botrytis cinerea*, en clamshells inoculados y no inoculados. En términos de piel suelta, el tratamiento AM View Fresh y AM Paclife presentaron mayor incidencia que el resto de los tratamientos en los clamshells no inoculados e inoculados, respectivamente.

No se observan diferencias entre el tratamiento “AM Paclife + 2xPTLAM641” y el tratamiento “AM Paclife + 1xPTLAM641” en el nivel de control de Pudrición Gris en ninguno de los síntomas estudiados.

2. Daño por Anhídrido Sulfuroso.

Los frutos que presentaron síntomas de haber sido expuestos a concentraciones excesivas de Anhídrido Sulfuroso fueron separados y pesados para obtener el porcentaje de incidencia respecto al peso neto de la muestra. Se consideró sintomatología atribuible al Anhídrido Sulfuroso a todos los frutos cuya zona de inserción peduncular mostraba algún nivel de decoloración, enrojecimiento y/o hundimiento, incluyendo los síntomas más leves (ver Fotografía 1)

2.1 Frutos con sintomatología asociada a la presencia de Anhídrido Sulfuroso.



Arc Sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	Media	Significancia
T0	AM Paclife + 2 PTLAM641	13,85	c
T1	AM View Fresh + 2 PTLAM641	7,88	b
T2	AM Xtend + 2 PTLAM 641	7,38	b
T6	AM Paclife + 1 PTLAM 641	4,05	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p>0,05)



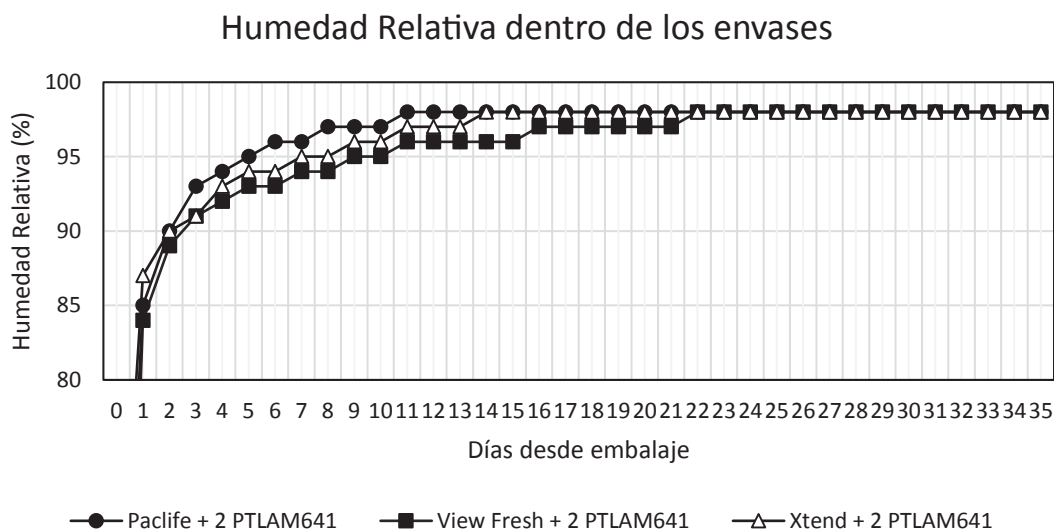
Fotografía 1. Frutos con síntomas considerados como daño por Anhídrido Sulfuroso.

Los resultados muestran que existen diferencias en la incidencia de frutos con síntomas atribuibles a la exposición al Anhidrido Sulfuroso cuando se comparan distintas bolsas de AM. Bajo las condiciones en que se desarrolló este estudio, el tratamiento con bolsa PacLife y 2 láminas PTLAM641 presentó la mayor incidencia de este síntoma.

Otros parámetros estudiados.

3. Humedad Relativa dentro de los envases, Pérdida de peso y Firmeza instrumental.

Se estudió el efecto de los distintos packaging sobre la humedad relativa, la pérdida de peso de las muestras y la pérdida de firmeza bajo condiciones de laboratorio. La Humedad Relativa dentro de los envases se midió mediante el uso de sensores de Humedad y Temperatura FlashLink USB reusable logger internal Temperature & Humidity Sensor, de Deltatrak. Se comparó la Humedad Relativa dentro de bolsas PacLife, View Fresh y Xtend.



En este estudio, los tres tipos de bolsas de atmósfera modificada alcanzaron una humedad relativa cercana al 98% entre los días 10 y 20.

3.1 Pérdida de peso

La pérdida de peso se calculó como la diferencia entre el peso neto de la muestra al inicio y al final del ensayo.

$$\% \text{ Pérdida de peso: } \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} * 100\%$$

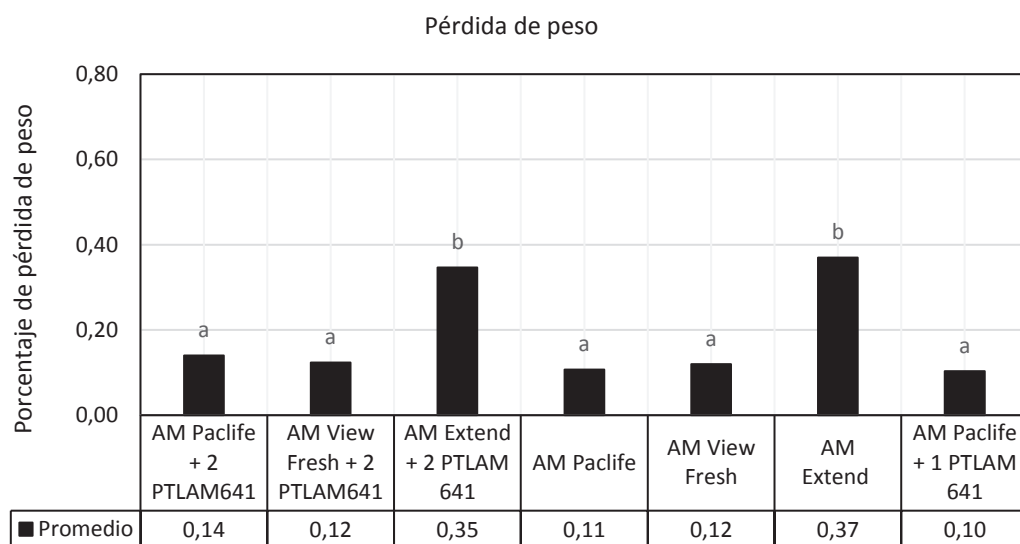


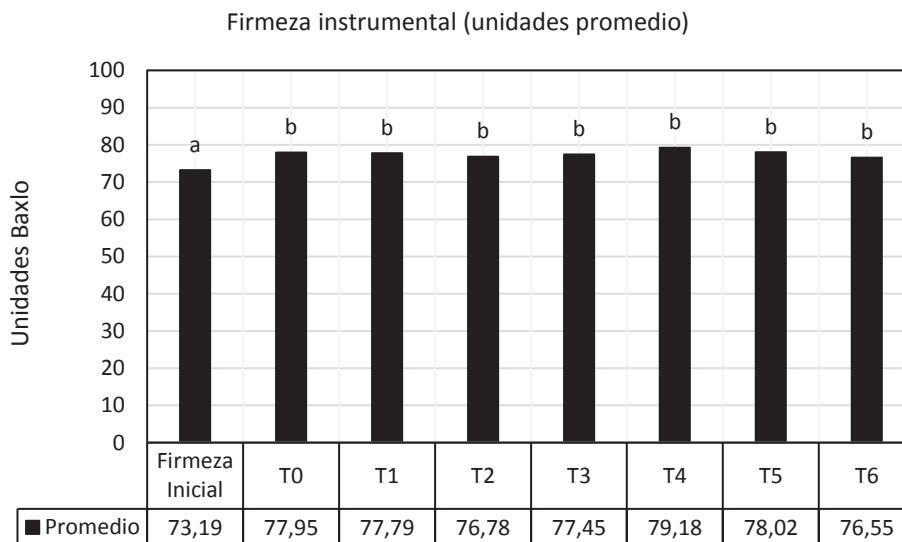
Figura: Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas (Tukey $p > 0,05$)

Dada la alta humedad relativa alcanzada por todos los envases, la pérdida de peso fluctuó entre el 0,1%-0,35%. Los resultados mostraron que la fruta embalada con bolsas de atmósfera modificada Xtend presentó la mayor pérdida de peso, lo que puede explicarse por las características del polímero con que se fabrican las bolsas, que tiene un mayor coeficiente de permeabilidad al vapor de agua. Las bolsas de Polietileno de baja densidad (View Fresh y Paclife) no presentaron diferencias significativas en términos de pérdida de peso.

3.2 Firmeza instrumental

Se determinó la firmeza instrumental en una muestra de 100 frutos de arándanos por cada tratamiento, mediante el uso de un durómetro (Baxlo). Luego de obtener el valor porcentual de firmeza de cada tratamiento, los resultados se clasificaron en porcentajes de frutos firmes (>70); sensitivos (55-70) y frutos blandos (<55). El tiempo de almacenamiento de la fruta fue de 40 días en cámara fría a 0°C.

3.2.1 Firmeza instrumental por tratamiento



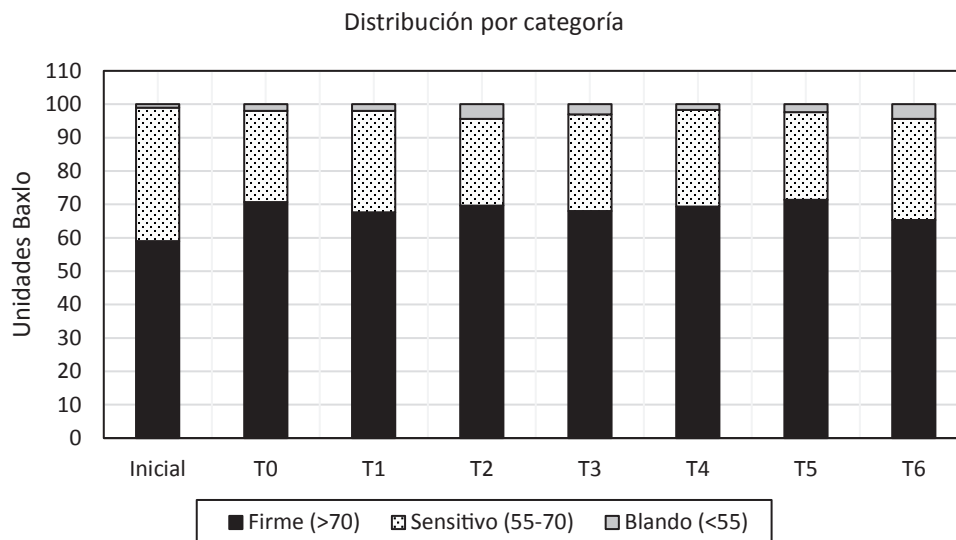
Arc Sen: LSD Fisher

Tratamiento	Descripción	Media	Significancia
Inicial	Firmeza Inicial	73,19	a
T0	Paclife + 2 PTLAM641	77,95	b
T1	View Fresh + 2 PTLAM641	77,79	b
T2	Xtend + 2 PTLAM641	76,78	b
T3	AM Paclife	77,45	b
T4	AM View Fresh	79,18	b
T5	AM Xtend	78,02	b
T6	AM Paclife + 1 PTLAM641	76,55	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Los resultados de este análisis demuestran que finalizado el periodo de almacenamiento la firmeza instrumental de cada tratamiento aumentó con respecto a la firmeza inicial al momento de montar el ensayo, existiendo una diferencia estadísticamente significativa entre ellos mediante el test de comparaciones múltiples LSD Fisher. En el estudio “Moisture loss is the major cause of firmness change during postharvest storage of blueberry (2013)”, Paniagua plantea algunas hipótesis respecto a este comportamiento, el cual estaría relacionado a un leve aumento del espesor de la pared celular en algunos frutos, como el arándano.

3.2.1 Firmeza instrumental por tratamiento



Arc sen: LSD Fisher, Duncan

Tratamiento	Descripción	Blando (<55)	Significancia	Sensitivo (55-70)	Significancia	Firme (>70)	Significancia
Inicial	Firmeza Inicial	1,00	a	40,00	b	59,00	a
T0	AM Paclife + 2 PTLAM641	2,00	a	27,33	a	70,67	b
T1	AM View Fresh + 2 PTLAM641	2,00	a	30,33	a	67,67	b
T2	AM Xtend + 2 PTLAM 641	4,33	a	26,00	a	69,67	b
T3	AM Paclife	3,00	a	29,00	a	68,00	b
T4	AM View Fresh	1,67	a	29,00	a	69,33	b
T5	AM Xtend	2,33	a	26,33	a	71,33	b
T6	AM Paclife + 1 PTLAM 641	4,33	a	30,33	a	65,33	a b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)

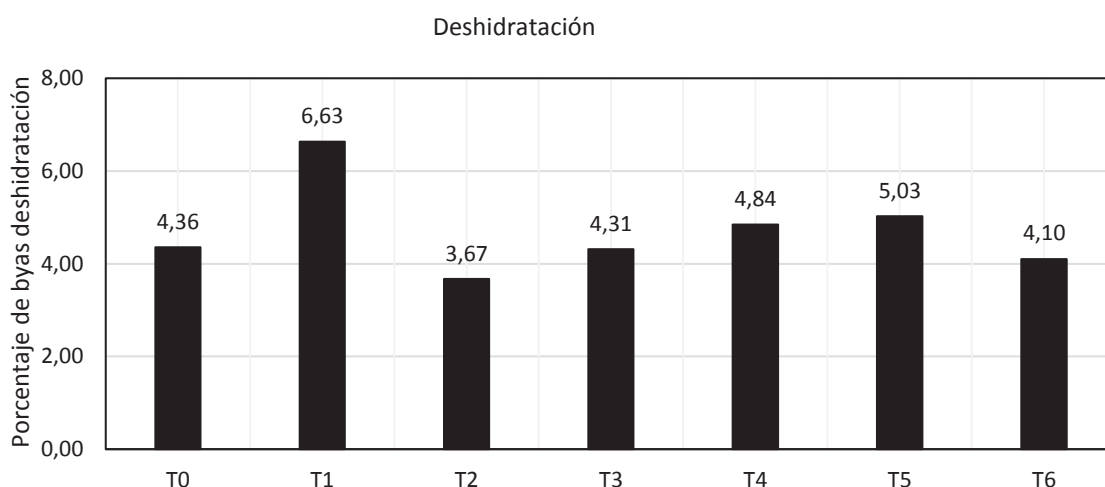
Según este análisis, el porcentaje de incidencia de fruta blanda no tuvo una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos con respecto a la inicial. Dicho esto, aquellos embalajes que son capaces de acumular una gran cantidad de humedad relativa, son los embalajes que al cabo de 40 días de almacenamiento mostraron mayor % de fruta firme debido a la disminución del déficit de presión.

4. Deshidratación.

La presencia de bayas deshidratadas fue calculada como el porcentaje de bayas con síntomas visuales y evidente de deshidratación (arrugamiento o shrivelling) en el peso total neto de la muestra (6 clamshells por cada caja, seleccionados aleatoriamente).

Para determinar la significancia estadística de los resultados de cada tratamiento se realizó una transformación “Arc Sen” de los resultados porcentuales, se sometieron a ANOVA y luego una prueba de comparaciones múltiples de Fisher y validada por test de Duncan ($p>0,05$).

4.1 Deshidratación (Shrivelling)



Arc Sen: LSD Fisher y Duncan

Tratamiento	Descripción	Media	Significancia
T0	AM Paclife + 2 PTLAM641	4,36	a b
T1	AM View Fresh + 2 PTLAM641	6,63	b
T2	AM Xtend + 2 PTLAM 641	3,67	a
T3	AM Paclife	4,31	a b
T4	AM View Fresh	4,84	a b
T5	AM Xtend	5,03	a b
T6	AM Paclife + 1 PTLAM 641	4,10	a b
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p>0,05$)			

La presencia de frutos con *shrivelling* o deshidratación visual es errática entre los tratamientos; y considerando la baja pérdida de peso observada y la uniformidad entre los tratamientos en las mediciones de firmeza instrumental, se sugiere que no hay un efecto claro y consistente del tipo de bolsa sobre la presencia de estos frutos.

