

Evaluación de la concentración de Anhídrido Sulfuroso que generan las láminas smartPac para el control de *Botrytis cinerea* en Arándanos

Departamento Técnico Quimas S.A sebastian.caceres@quimas.cl; sofia.maldonado@quimas.cl

Resumen

El formato de embalaje tradicionalmente utilizado en las exportaciones a Inglaterra es una caja de cartón de 40x60 cms con cestas sin tapa conteniendo una cantidad variable de arándanos, en un rango de 12 cestas con 500 gramos de arándanos cada uno a 42 cestas con 125 gramos de arándanos cada uno. Las cestas se apilan en dos o tres niveles mediante el uso de separadores de cartón.

Para evitar el desarrollo de podredumbre causada principalmente por *Botrytis cinerea*, se utilizan láminas generadoras de Anhídrido Sulfuroso SmartPac (PTLAM600), disponiendo una sobre cada nivel de punnets. Para la hidrólisis del Metabisulfito de Sodio contenido en las láminas se requiere alta humedad relativa (sobre 80% HR), por lo que se recomienda el uso de bolsas en cada caja o cobertores al pallet.

Los resultados demuestran que el uso de láminas generadoras de SO₂ disminuyen notoriamente el desarrollo de micelio presente en la fruta, sin observarse diferencias estadísticas entre los cubre pallet de distinta área ventilada 0,3% y 0,1% y que tampoco hay diferencias en el uso de PTLAM606a o PTLAM600 sobre el control de pudrición gris.

Objetivos del estudio.

Determinar la concentración de Anhídrido Sulfuroso que generan las láminas SmartPac dispuestas en caja 40x60 con fruta envasada en cestas sin tapa y cobertor de pallet 0,3%.

Objetivos específicos:

1. Construcción de la curva de emisión de Anhídrido Sulfuroso de la lámina SmartPac mediante el uso de tubos dosímetros Gastec 5DH y sensor de SO₂ MultiRAE lite PGM- 6208.
2. Comparar cubre pallet 0,3% área ventilada versus cubre pallet SmartPac 0,1% a.v y su capacidad de generar humedad relativa al interior de los cobertores utilizando sensores Deltatrak Flash Link USB Reusable Data Logger, Internal Temperature & Humidity Sensor.
3. Evaluar la condición final de la fruta: Porcentaje de bayas con síntomas de pudrición subsuperficial y desarrollo de micelio (%p/p).

Diseño experimental.

Descripción del embalaje: La fruta será almacenada con 2 modelos de generador de Anhídrido Sulfuroso (PTLAM600 y PTLAM606A) y 2 cobertores de pallet (0,1% + base; 0,3% s/base). La evaluación se realizará en arándanos envasados en 42 cestas de 125 g c/u y 12 cestas de 500g c/u.

Tratamientos:

Dos formatos de embalaje:

Formato A: 42 cestas de 125 gramos

T0: Control absoluto sin SO₂ y capuchón 0,3%AV/0,1%AV

T1: 3 x PTLAM600 con capuchón 0,3% s/base

T2: 3 x PTLAM606A con capuchón 0,3% s/base

T3: 3 x PTLAM600 con capuchón 0,1% c/base

T4: 3 x PTLAM606A con capuchón 0,1% c/base

Formato B: 12 cestas de 500 gramos

T0: Control absoluto sin SO₂ y capuchón 0,3%AV/0,1%AV

T1: 3 x PTLAM600 con capuchón 0,3% s/base

T2: 3 x PTLAM606A con capuchón 0,3% s/base

T3: 3 x PTLAM600 con capuchón 0,1% c/base

T4: 3 x PTLAM606A con capuchón 0,1% c/base

Posición de tratamientos por pallet:

Pallet 1 y 2: Cobertor 0,3% s/base y Cobertor 0,1% c/base, respectivamente.

4 corridas: 2xPTLAM606A	Formato 12x500g
2 corridas: Control	
4 corridas: 2xPTLAM600	
2 corridas: 3xPTLAM606A	Formato 42x125g
1 corrida: Control	
3 corridas: 3xPTLAM600	

Pallet 3 (Testigo comercial): Cobertor 0,3% s/base

16 corridas: 3xPTLAM600	Formato 42x125g
-------------------------	-----------------

Características de los productos smartPac evaluados son las siguientes:

- PTLAM606A: Lámina (390x590mm) de 42μ y ~1,3 gramos de MBS.
- PTLAM600: Lámina (390x590mm) de 46μ y ~1,3 gramos de MBS.

Material vegetal: Arándanos variedad Draper embalados en planta Virquenco, Hortifrut, Los Ángeles.

Metodología.

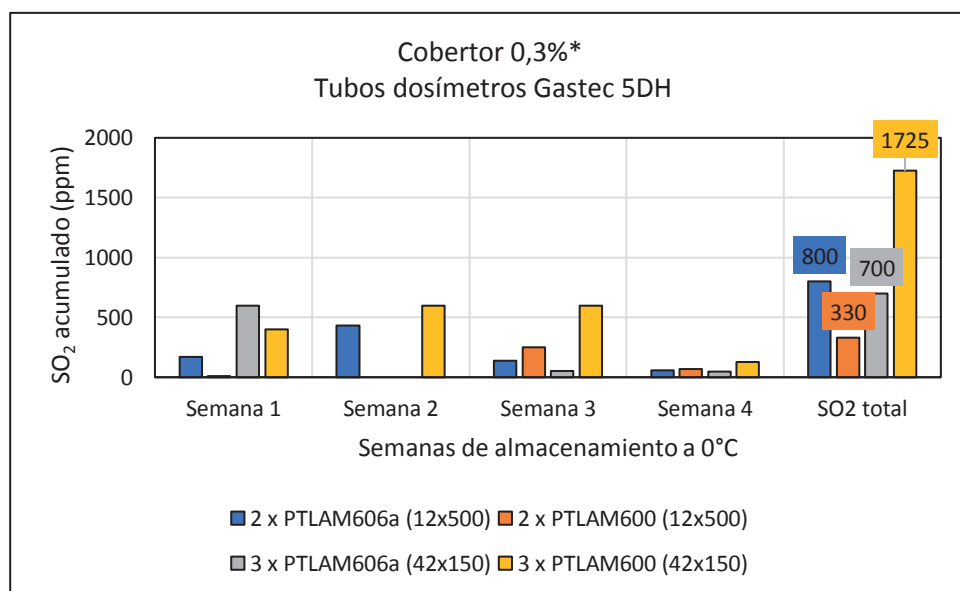
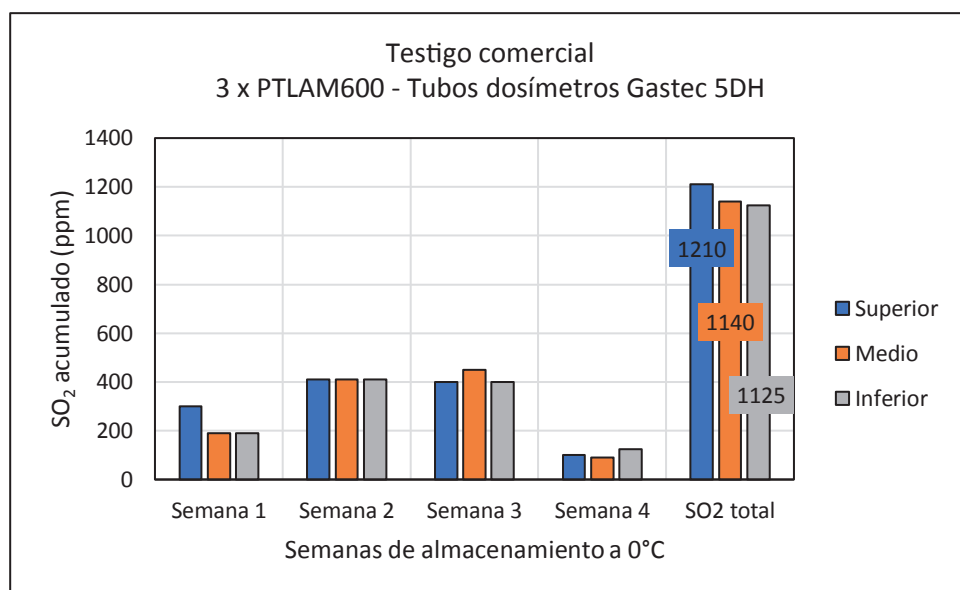
El efecto del cobertor cubre pallet respecto a la concentración de Anhídrido Sulfuroso en el tiempo se evaluó a partir de los 3 pallets sometidos a distintos tratamientos descritos en el

diseño experimental de este estudio, realizándose las evaluaciones de condición luego de un almacenamiento a 0°C durante 30 días en las cámaras de frío de Hortifrut, Virquenco. Las mediciones de SO₂ se realizaron una vez a la semana mediante tubos dosímetros Gastec 5DH y sensor de SO₂ MultiRAE lite PGM-6208.

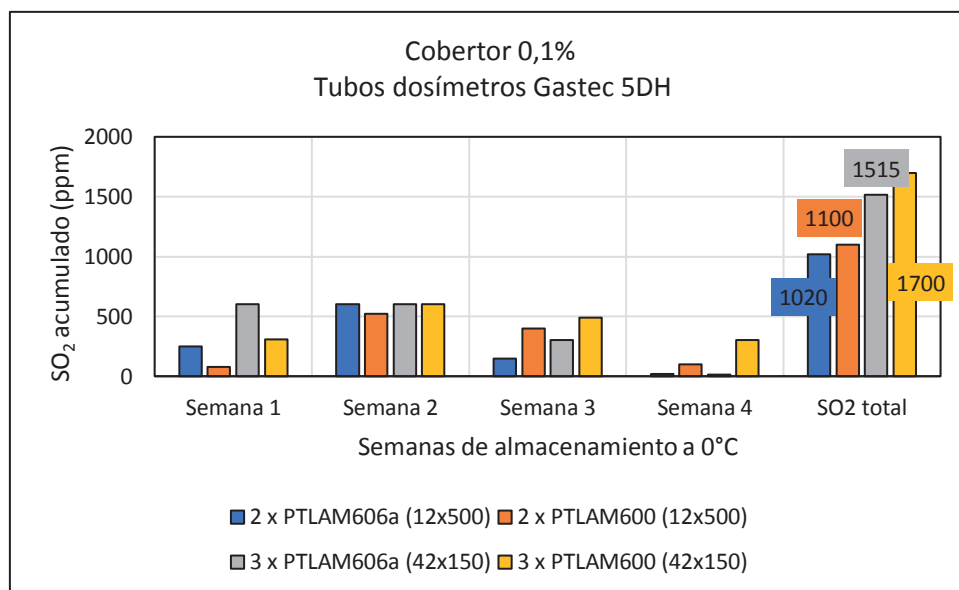
Para determinar la significancia estadística de los datos, los resultados obtenidos se sometieron a ANOVA y luego a una prueba de comparaciones múltiples LSD Fisher, Duncan & Tukey, según corresponda, con un p-valor > 0,05.

Resultados.

1. Emisiones de Anhídrido Sulfuroso



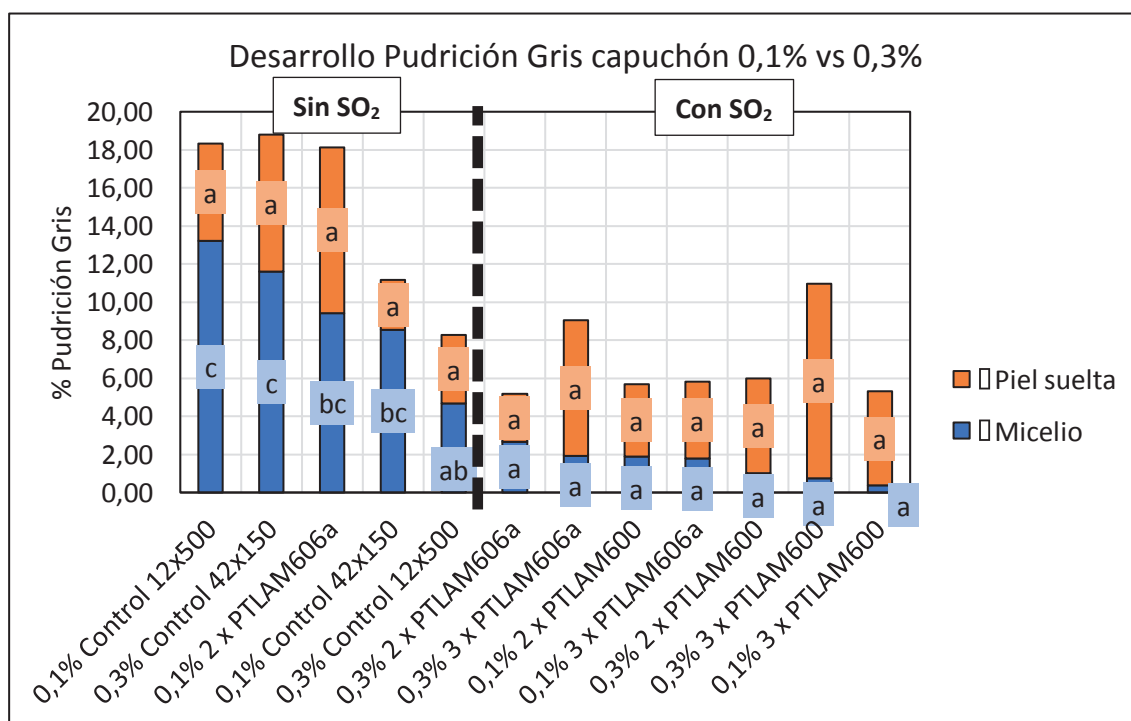
*En las emisiones detectadas en este pallet (cobertor 0,3%); en el tratamiento “3xPTLAM606a” no hubo registro durante la semana 2 ya que el tubo había sido removido, mientras el tratamiento “2xPTLAM600” el tubo no registró lecturas durante las primeras dos semanas, pese a que con sensor electroquímico si se pudo detectar SO₂.



2. Podredumbre Gris o Moho Gris (*Botrytis cinerea*)

La presencia de bayas infectadas con Pudrición Gris fue calculada como el porcentaje de bayas infectadas en el peso total de la muestra, que en el caso del formato A (42 cestas de 125 gramos) se inspeccionaron 3 cestas del nivel superior, medio e inferior; y en el formato B (12 cestas de 500 gramos) se inspeccionaron 2 cestas del nivel superior e inferior.

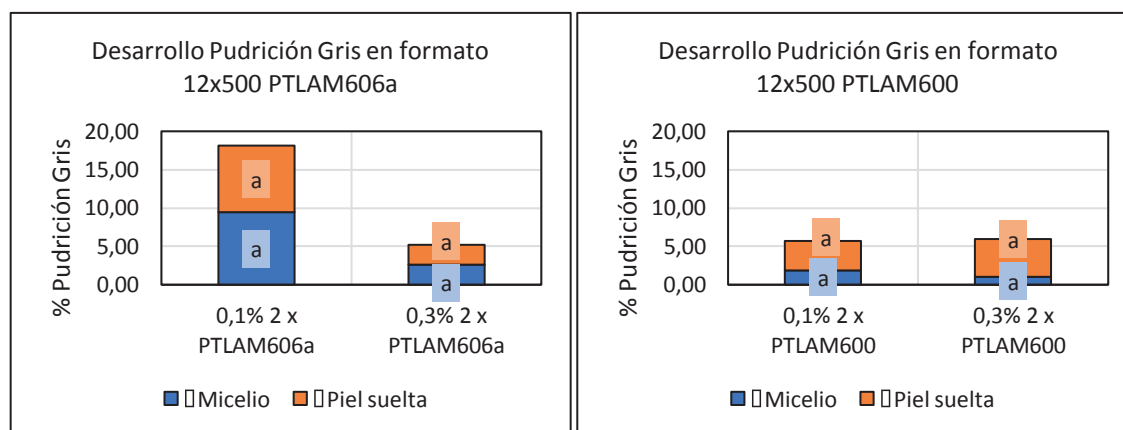
Se midió separadamente la presencia de bayas con desarrollo de micelio y bayas con desarrollo sub-epidermal de la infección (Piel suelta).



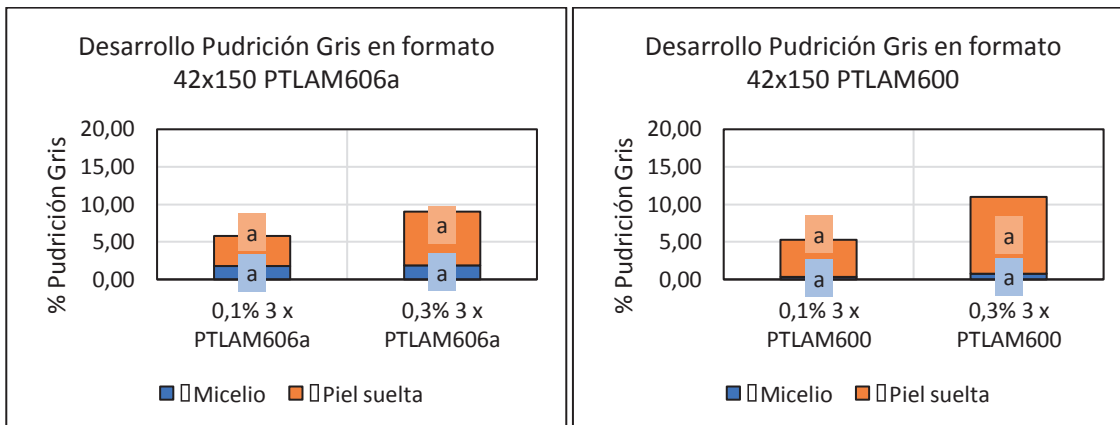
Test LSD Fisher & Duncan: Micelio / Test Tukey: Piel Suelta				
Tratamiento	☐ Micelio	Significancia	☐ Piel Suelta	Significancia
0,1% Control 12x500	13,21	c	5,12	a
0,3% Control 42x150	11,62	c	7,19	a
0,1% 2 x PTLAM606a	9,43	bc	8,69	a
0,1% Control 42x150	8,53	bc	2,65	a
0,3% Control 12x500	4,69	ab	3,60	a
0,3% 2 x PTLAM606a	2,65	a	2,53	a
0,3% 3 x PTLAM606a	1,91	a	7,14	a
0,1% 2 x PTLAM600	1,90	a	3,80	a
0,1% 3 x PTLAM606a	1,78	a	4,06	a
0,3% 2 x PTLAM600	1,00	a	4,98	a
0,3% 3 x PTLAM600	0,76	a	10,21	a
0,1% 3 x PTLAM600	0,37	a	4,94	a

Mediante el test de comparaciones múltiples LSD Fisher y validado por el test de Duncan y Tukey, según corresponda, se evaluó la efectividad de los tratamientos sobre el control del desarrollo de *Botrytis cinerea*. Los resultados indican que los tratamientos que no tuvieron SO₂ presentaron entre un 4-13% de desarrollo de micelio, existiendo diferencias estadísticamente significativas con los tratamientos que sí contaban con láminas generadoras de Anhídrido Sulfuroso. No hubo diferencias significativas en términos de piel suelta en ningún caso.

• **Análisis respecto a la ventilación de los cobertores de pallet.**

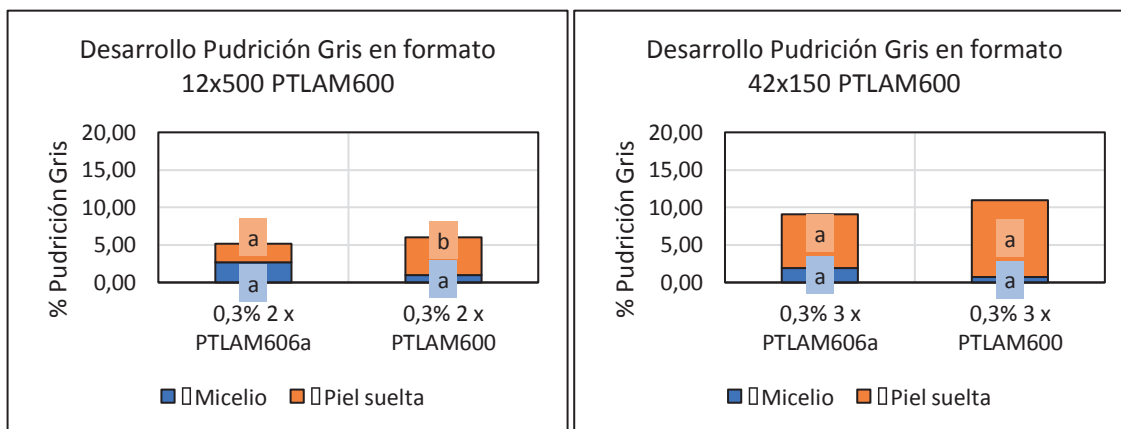


Respecto al área ventilada de los cobertores de pallets utilizados en este estudio, se realizó un análisis T-student entre los tratamientos de distinta área ventilada para el formato 12x500 gramos, a partir del cual se demuestra que **no existe diferencia estadística en el control de Pudrición Gris entre los cobertores de distinta ventilación**, a pesar que el cubre pallet 0,3% mostró mayor eficacia que el cubre pallet 0,1% reduciendo a la mitad o más el desarrollo de micelio.



Al igual que los resultados obtenidos en el formato 12x500, para el formato 42x150 gramos el desarrollo de Pudrición Gris no tuvo diferencias estadísticas entre los envases con distinta área ventilada.

• Análisis respecto al modelo de lámina utilizado.



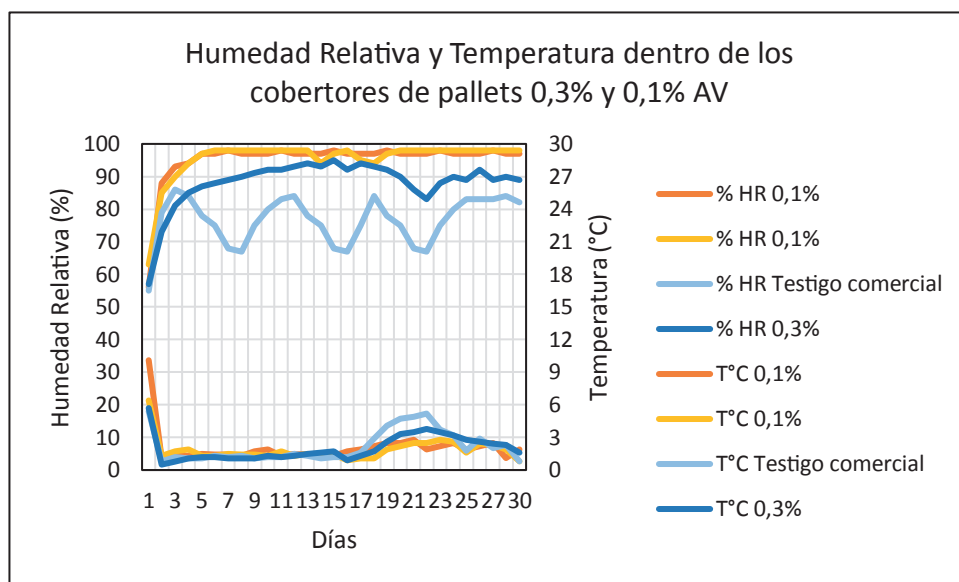
Por otro lado, si analizamos la eficiencia del formato utilizado actualmente por la exportadora Hortifrut (PTLAM600), se observa que su uso reduce a la mitad el crecimiento de micelio en comparación a la PTLAM606a en los formatos 12x500 y 42x150 gramos, aunque no existan diferencias estadísticas significativas entre ellos.

No hubo presencia de frutos con sintomatología asociada a concentraciones excesivas de Anhídrido Sulfuroso.

Otros parámetros estudiados.

3. Humedad Relativa dentro de los envases y firmeza instrumental.

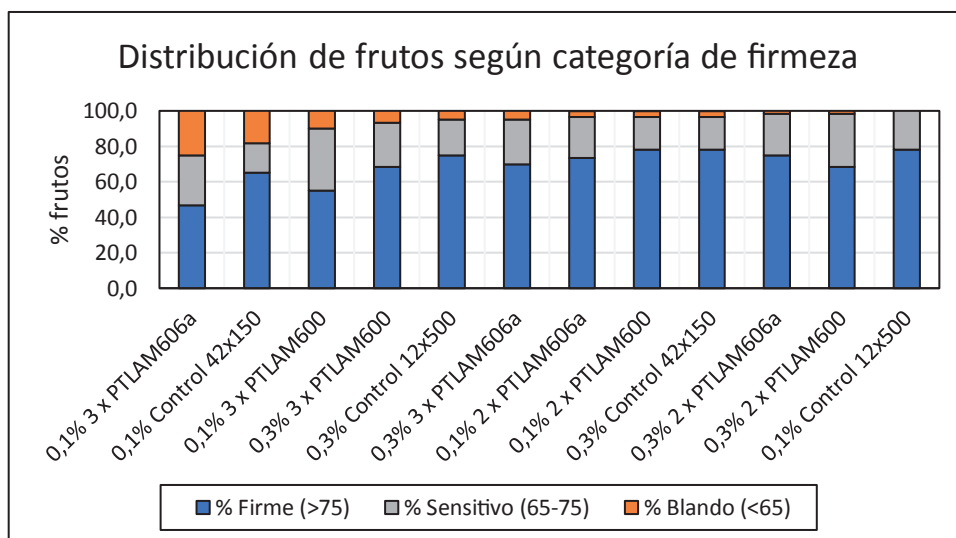
Se estudió la capacidad de los cobertores de pallets con ventilación 0,3% y 0,1% de acumular humedad relativa al interior de los envases y su efecto sobre la firmeza instrumental final de la fruta. La Humedad Relativa dentro de los envases se midió mediante el uso de sensores Deltatrak Flash Link USB Reusable Data Logger, Internal Temperature & Humidity Sensor.



En este estudio, el cubre pallet con ventilación 0,1% alcanzó una humedad relativa de 98% después del día 6, mientras que el capuchón con ventilación 0,3% alcanzó una humedad relativa de 90-95% entre los días 8 y 15, respectivamente. Sin embargo, el pallet testigo comercial 0,3% no alcanzó suficiente humedad relativa manteniéndose bajo el 90% en todo momento. La temperatura fue estable a excepción de los días cercanos al 21, momento en el cual la planta presentó un problema eléctrico quedándose sin luz, lo que se representa en el gráfico con el alza de temperatura de la cámara de mantención.

4. Firmeza instrumental

Se determinó la firmeza instrumental en una muestra de 60 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 (>75); sensitivos (65-75) y frutos blandos (<65).



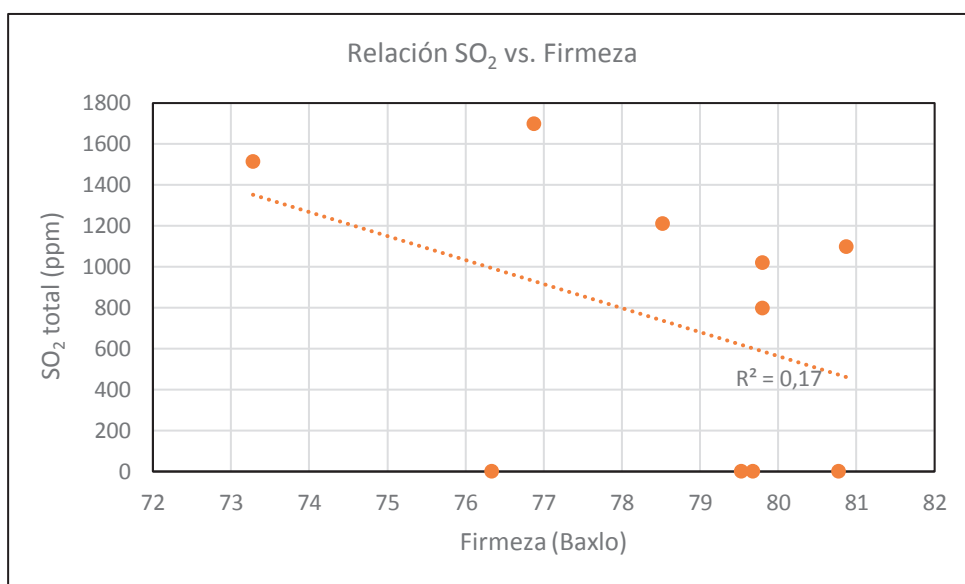
Test Tukey: Fruto Blando y Sensitivo / Test LSD Fisher: Fruto firme

Descripción	% Blando (<65)	Significancia	% Sensitivo (65-75)	Significancia	% Firme (>75)	Significancia
0,1% 3 x PTLAM606a	25,0	c	28,3	a b	46,7	a
0,1% Control 42x150	18,3	b c	16,7	a	65,0	b c
0,1% 3 x PTLAM600	10,0	a b	35,0	b	55,0	a b
0,3% 3 x PTLAM600	6,7	a b	25,0	a b	68,3	b c
0,3% Control 12x500	5,0	a b	20,0	a b	75,0	c
0,3% 3 x PTLAM606a	5,0	a b	25,0	a b	70,0	c
0,1% 2 x PTLAM606a	3,3	a	23,3	a b	73,3	c
0,1% 2 x PTLAM600	3,3	a	18,3	a	78,3	c
0,3% Control 42x150	3,3	a	18,3	a	78,3	c
0,3% 2 x PTLAM606a	1,7	a	23,3	a b	75,0	c
0,3% 2 x PTLAM600	1,7	a	30,0	a b	68,3	b c
0,1% Control 12x500	0	a	22	a b	78	c

Los resultados indican que no existe relación entre la ventilación del cobertor cubre pallet y el porcentaje de fruta blanda; sin embargo, se puede observar que **la fruta en el formato 42x150g se observa un mayor porcentaje de fruta blanda en todos los escenarios estudiados.** (En la descripción del tratamiento se verifica como "Control 42x150" o todos aquellos tratamientos en que se utilizaron 3 láminas PTLAM)

4.1 Relación SO₂ liberado por kilogramo de fruta y presencia de frutos blandos

Adicionalmente, se estudió la relación entre la concentración de Anhídrido Sulfuroso a la que fue sometida la fruta y su potencial impacto en la firmeza. En términos generales, el promedio de firmeza (Baxlo) de todos los tratamientos se movió entre 73,28 y 80,87 unidades Baxlo sin diferencias significativas entre los tratamientos, incluidos los tratamientos control sin SO₂. El análisis de dispersión de datos indica que la relación entre firmeza y concentración de SO₂ a la que fueron sometidos los tratamientos es muy baja, con un valor R² de 0,17; es decir, no hay evidencia estadística que indique que la fruta sometida a Anhídrido Sulfuroso tenga menor firmeza que la fruta control.



Relación Concentración SO₂ y firmeza de la fruta

	SO ₂ acumulado	Firmeza
3xPTLAM606a - 0,1%	1515	73,28
Control 42x150 - 0,1%	0	76,33
3xPTLAM600 - 0,1%	1700	76,87
3xPTLAM600 - 0,3%	1210	78,52
Control 42x150 - 0,3%	0	79,53
Control 12x500 - 0,3%	0	79,67
2xPTLAM606a - 0,1%	1020	79,8
2xPTLAM606a - 0,3%	800	79,8
Control 12x500 - 0,1%	0	80,77
2xPTLAM600 - 0,1%	1100	80,87

Conclusiones.

Bajo las condiciones en que se desarrolló este estudio, el uso de láminas liberadoras de SO_2 inhibe considerablemente el desarrollo de micelio en la fruta, sin observarse diferencias estadísticamente significativas entre los cobertores de distinta área ventilada, 0,3% y 0,1%; y entre las láminas smartPac PTLAM606a y PTLAM600 sobre el control de desarrollo de Botrytis cinerea.

El análisis a la firmeza de la fruta no indica relación entre la concentración de Anhídrido Sulfuroso a la que es sometida la fruta respecto a la mayor incidencia de fruta blanda.

ANEXO. Fotografías.









