



Incidencia y progresión de desórdenes fisiológicos que pueden desarrollarse durante un almacenamiento prolongado

Calidad global en postcosecha de cerezas: optimizando el resultado por atributo, variedad y distancia mercado de destino

La determinación de las condiciones óptimas de almacenamiento para cada variedad de cereza es de gran importancia para la industria y para los productores. Este conocimiento no solo puede proporcionar información valiosa para mejorar las prácticas de manejo de postcosecha, sino que también es clave para mantener y potenciar la competitividad de la industria chilena de cerezas en los exigentes mercados internacionales.

POR CRISTIAN BALBONTÍN, INGENIERO AGRÓNOMO; DR. BRUNO DEFILIPPI, INGENIERO AGRÓNOMO, PHD; EDGARD ÁLVAREZ, INGENIERO AGRÓNOMO, MS; VICTORIA URRUTIA, INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA

La exportación de cerezas chilenas a China, un mercado clave que recibió más de 410 mil toneladas en la temporada 2023-2024. En términos económicos, la industria generó más de 2.200 millones de dólares en la última temporada, consolidándose como un pilar importante del sector agrícola chileno.

Sin embargo, la exportación de cereza enfrenta importantes desafíos logísticos debido a la distancia de más de 20.000 km y los prolongados tiempos de tránsito marítimo, que superan los 20 días necesarios para llegar al mercado asiático.

En estas condiciones, el almacenamiento prolongado presenta riesgos significativos para la

calidad de la fruta. Parámetros como firmeza, retención de humedad y peso pueden verse afectados, comprometiendo la aceptación del producto.

Además, los desórdenes fisiológicos que se desarrollan durante el almacenamiento, como el pitting (depressiones en la superficie), el pardeamiento y deshidratación del pedicelo, y la

“piel de lagarto” (textura rugosa), son las principales causas de rechazo en los mercados internacionales.

El panorama varietal chileno se concentra en cuatro variedades principales: Santina, Lapins, Regina y Kordia, que representan el 85% de la oferta. Estas variedades, presentan diferentes requerimientos en términos de almacenaje, cuyo manejo de postcosecha puede optimizarse para ampliar la ventana exportadora, a fin de maximizar oportunidades como el Año Nuevo Chino, cuando la demanda de cerezas alcanza su punto máximo.

Considerando lo anterior, la determinación de las condiciones óptimas de almacenamiento para cada variedad resulta esencial. Este conocimiento no solo mejora las prácticas postcosecha, sino que fortalece la competitividad de la industria chilena en un mercado tan exigente y a la vez atractivo para países competidores.

CALIDAD GLOBAL EN CEREZA: CAMBIOS E IMPLICANCIAS DE LLEGAR A MERCADOS DE DESTINO

La exportación de cerezas desde Chile a China presenta un desafío logístico significativo para la industria frutícola chilena, dada la distancia de más de 20.000 km entre ambos países y los tiempos de tránsito en transporte marítimo. En la temporada 2023-2024, Chile, consolidado como uno de los principales proveedores mundiales de este fruto, destinó más de 410 mil toneladas al mercado asiático. Llegar a los puertos de China implica un viaje marítimo que supera los 20 días en contenedores refrigerados en condiciones de atmósfera modificada. Lo anterior exige un cuidadoso manejo de cosecha, embalaje y postcosecha para mantener la calidad de la fruta en apariencia, textura, sabor, inocuidad y componentes nutricionales.



La complejidad de esta cadena de suministro ha estado condicionada por eventos recientes, como la crisis global de contenedores de hace unas temporadas, que no solo provocó una escasez crítica, sino que también aumentó los costos de transporte, afectando significativamente la rentabilidad de los productores. Otros eventos, como la pandemia de COVID-19 empeoró esta problemática, causando retrasos considerables en los envíos y extendiendo los tiempos de tránsito más allá de lo previsto. Estos factores han puesto a prueba la resistencia y adaptabilidad de la industria y es necesario estar preparados para eventuales problemas logísticos que puedan ocurrir en el futuro.

Aunque el transporte aéreo se presenta como una alternativa más rápida, con una duración aproximada de 30-40 horas desde el origen hasta el destino, su implementación a gran escala enfrenta obstáculos significativos. El costo elevado de este medio, que puede llegar a ser hasta 10 veces mayor que el transporte marítimo, junto con su limitada capacidad de carga, lo hacen inviable para la mayoría de los envíos comerciales de cerezas.

En el panorama varietal de Chile, cerca del 85% de la oferta está constituido por cuatro variedades principales: Santina, Lapins, Regina y Kordia. Cada una de estas variedades posee características únicas en términos de período de cosecha y comportamiento en condiciones de almacenamiento prolongado. Esta diversidad permite a los productores chilenos mantener una ventana de exportación amplia, que se extiende desde octubre hasta febrero, y abastecer los mercados en fechas de alta demanda, como el Año Nuevo Chino, donde el consumo de cerezas alcanza su punto máximo.

La importancia económica de la industria de cerezas en el

sector agrícola generó más de 2.200 millones de dólares en exportaciones durante la última temporada, subraya la necesidad de conocer el comportamiento de las diferentes variedades en distintas condiciones de almacenaje. ¿Qué pasa si, por distintos motivos se presentan problemas de logística de transporte o mercado y el almacenaje debe extenderse más allá de lo previsto? Parámetros de calidad y condición, como la firmeza de la fruta, o las variaciones en el peso de los frutos, que refleja la retención de humedad o deshidratación, podrían verse afectados, comprometiendo la aceptación del producto al momento de llegar al consumidor final.

Por otra parte, la incidencia y progresión de desórdenes fisiológicos que pueden desarrollarse durante el almacenamiento prolongado es un tema que requiere la máxima atención. El *pitting*, por ejemplo, se manifiesta como depresiones en la superficie de la fruta, dañando la apariencia y valor comercial de las cerezas. El pardeamiento y deshidratación del pedicelo es otro desorden común que no solo afecta la estética del fruto, sino que puede indicar un envejecimiento acelerado. Asimismo, la aparición de "piel de lagarto", caracterizada por una textura rugosa en la superficie de la cereza. Todos estos desórdenes son las principales causas de rechazo en destino, ya que se desarrollan durante postcosecha y limitan la calidad final de la fruta.

Por lo anterior, la determinación de las condiciones óptimas de almacenamiento para cada variedad de cereza es de gran importancia para la industria y para los productores. Este conocimiento no solo puede proporcionar información valiosa para mejorar las prácticas de manejo de postcosecha, sino que también es clave para mantener y potenciar la competitividad de la industria chilena de cerezas



en los exigentes mercados internacionales.

VARIACIONES DE FIRMEZA DURANTE EL ALMACENAMIENTO:

La firmeza de la fruta es un parámetro de calidad fundamental para el consumidor. Este atributo resulta decisivo en la evaluación integral de la calidad y condición de postcosecha, cobrando especial relevancia en el contexto de exportaciones de larga distancia. La fruta blanda es un indicador de senectud y corta vida útil, afectando directa y significativamente la percepción del consumidor y el valor que está dispuesto a pagar.

La complejidad de este parámetro se acentúa debido a que las distintas variedades de cerezas exhiben niveles de firmeza característicos y diferenciados según su estado de maduración. Por ejemplo, la variedad Santina, reconocida por ser de cosecha temprana, tiende a presentar una firmeza menor en comparación con otras variedades más tardías. En contraste, variedades como Regina o Kordia se distinguen por una firmeza superior, lo que les confiere ventajas particulares en términos de manejo y conservación. La diversidad de este parámetro entre cultivares añade un nivel adicional de complejidad al manejo de postcosecha, pues dificulta la formulación y ejecución de estrategias de exportación que puedan ser manejadas de forma general. Lo anterior, im-

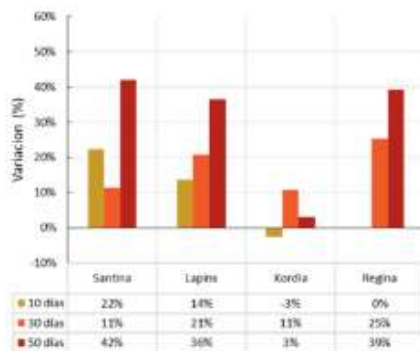
pone la necesidad de desarrollar y aplicar enfoques de manejo adaptados a cada variedad, la que no se limita únicamente a las prácticas de almacenamiento y transporte, sino que debe extenderse a toda la cadena logística, desde la cosecha hasta la llegada al consumidor final. Por ejemplo, variedades menos firmes como Santina podrían requerir técnicas de manipulación más delicadas y tiempos de transporte más cortos, mientras que variedades más firmes como Regina o Kordia podrían tolerar condiciones de manejo y almacenamiento más prolongadas sin comprometer su calidad.

Un estudio de firmeza en cuatro variedades de cereza (Santina, Lapins, Kordia y Regina), realizado en el Laboratorio de Calidad de Frutos de INIA-Quilamapu en la Región de Ñuble, reveló que los frutos de distintas variedades se comportan de manera diferencial al ser sometidos a distintos periodos de almacenamiento en frío (10, 30 y 50 días a 0°C en bolsas de atmósfera modificada y posterior período en anaquel (bolsa de AM abierta a 20 °C).

Al comparar la firmeza en cosecha con la firmeza registrada una vez finalizado el almacenamiento en frío, se observó una ganancia cuantitativa de firmeza en la mayoría de las variedades; Santina mostró ganancias significativas, alcanzando un 42% de aumento después de 30 días de almacenamiento, en tan-



Figura 3.1. Variaciones porcentuales de la firmeza de frutos de distintas variedades de cereza con respecto a su valor en cosecha después de diferentes periodos de almacenamiento en bolsa de almósera modificada a 0°C.



to que Lapins y Regina también exhibieron aumentos del 36% y 39% respectivamente después de 50 días. Kordia, por otro lado, mostró menores ganancias, con un máximo de 11% después de 30 días de almacenamiento (Figura 3.1).

Las ganancias de firmeza observadas podrían ser aparentemente beneficiosas para mantener y prolongar la calidad de la fruta durante períodos más largos, siempre y cuando éstas puedan mantenerse durante el período de anaquel. Lamentablemente esto no siempre ocurre, dado que una vez que las cerezas se retiran del almacenamiento en frío, se observan pérdidas importantes de firmeza, especialmente durante períodos de anaquel prolongados. Por ejemplo, la variedad Santina, a pesar de sus incrementos iniciales, mostró las mayores pérdidas, particularmente después de 6 días de anaquel, con reducciones de hasta el 55% de la firmeza ganada. Esto significa que después de 50 días de al-

macenamiento y 6 días de anaquel, la firmeza de Santina cae a aproximadamente 153 g/mm, por debajo del límite aceptado como firme (200 g/mm). Lapins mostró un comportamiento más estable, con pérdidas menos pronunciadas, después de 30 días de almacenamiento, donde la pérdida después de 6 días de anaquel fue de 27%. Esto permitiría que Lapins mantuviera una firmeza de alrededor de 267 g/mm incluso después de 30 días de almacenamiento y 6 días de anaquel. Kordia, mantuvo una firmeza por encima de 200 g/mm en la mayoría de las condiciones debido a su alta firmeza inicial. Regina tuvo pérdidas moderadas después de 10 y 50 días de almacenamiento, pero más pronunciadas después de 30 días (Figura 3.2).

VARIACIONES DEL PESO DE FRUTOS EN ALMACENAJE

Entre los diversos parámetros que determinan la calidad de las cerezas, las variaciones en el peso de los frutos, o más direc-



tamente la pérdida de peso, es un indicador crítico, impactando no solo la apariencia visual, sino también la firmeza, textura y el valor comercial del producto. Variedades como Santina, Lapins, Kordia y Regina, que difieren en sus tiempos de maduración, pueden presentar composiciones y estructuras cuticulares variables y de comportamiento diferencial a la baja temperatura, lo que altera la permeabilidad al vapor de agua y, en consecuencia, influir en la capacidad de los frutos para retener peso durante el periodo de anaquel posterior al almacenamiento.

Dada la importancia de estos factores, es fundamental entender cómo cada variedad de cereza responde a diferentes condiciones de almacenamien-

to y periodos de anaquel. Este análisis, aunque limitado a un enfoque descriptivo, explora el comportamiento postcosecha de las cuatro variedades antes mencionadas, centrándose en la pérdida de peso registrada tras períodos de almacenamiento de 10, 30 y 50 días, con evaluaciones realizadas después de 2 y 6 días de exposición en anaquel a temperatura ambiente.

Los resultados indican que en la variedad Lapins, las pérdidas de peso en la evaluación inicial (2 días) fueron estables para los frutos provenientes de los períodos de almacenamiento de 10 y 30 días (-4% promedio), con un leve aumento al extender el almacenamiento a 50 días (-5%). Además, después de 6 días de anaquel los frutos almacenados durante 50 días alcanzaron un valor máximo de -13%. Esta estabilidad hace que Lapins sea adecuada para cadenas de suministro más largas o mercados distantes, pudiendo tolerar almacenamientos más prolongados (Figura 3.3).

La variedad Santina, mostró un nivel ligeramente mayor de pérdida de peso que la variedad Lapins en los frutos provenientes de diferentes periodos de almacenaje evaluados a los 2 y 6 días de anaquel (-8% y -16%, respectivamente, en el periodo

Figura 3.2. Variaciones porcentuales de la firmeza de frutos de distintas variedades de cereza sometidos a diferentes periodos de almacenamiento (10, 30 y 50 días) en atmósfera modificada a 0°C; (A) tras 2 días o (B) 6 días de condición de anaquel a 20°C.

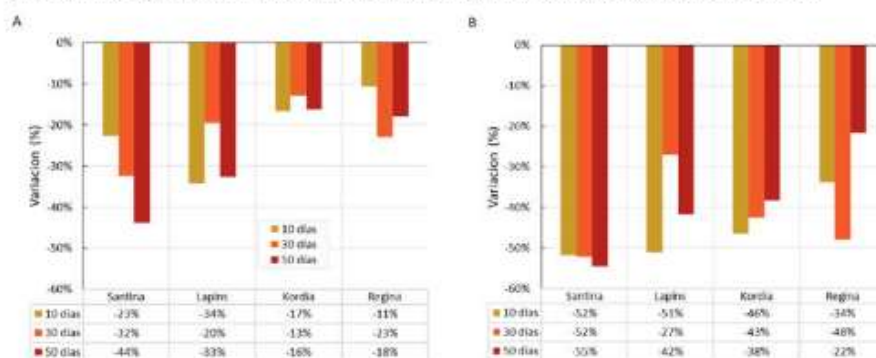
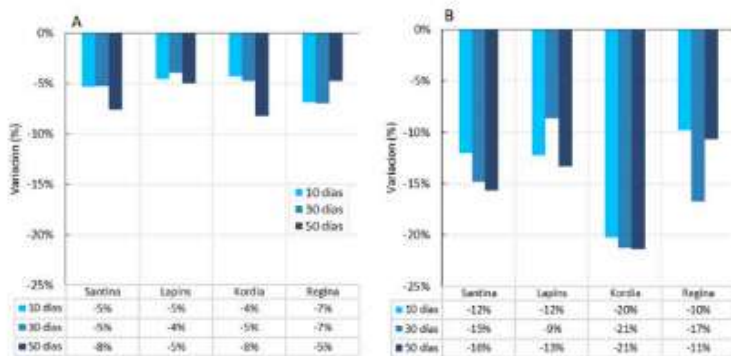




Figura 3.3. Variaciones porcentuales del peso de frutos de variedades de cereza sometidos a diferentes periodos de almacenamiento en atmosfera modificada a cero grados, (A) tras 2 días o (B) 6 días de condición de anaquel a 20°C.



de almacenamiento de 50 días) por lo cual esta variedad podría ser adecuada para periodos de viaje intermedio cuidando de no sobrepasar los 30 de almacenamiento.

La variedad Kordia, durante los primeros 2 días de evaluación en anaquel no registra pérdidas de peso considerable (5 % en promedio), sobre todo en la fruta proveniente de almacenamiento de 10 o 30 días. Sin embargo, cuando este periodo se extiende a 50 días, los frutos pueden perder el casi el doble de peso. La situación cambia drásticamente al extender el periodo de anaquel de los frutos, al sexto día esta variedad alcanzó un promedio 21% de pérdidas de peso, sin mayores diferencias entre frutos provenientes de distintos periodos de frío.

Finalmente, la variedad Regina mostró un comportamiento irregular. Al segundo día de anaquel, y después de 50 días de

almacenamiento, la pérdida de peso fue menor (-5%) en comparación con los periodos de 10 y 30 días. A los 6 días de anaquel, esta variedad presentó un comportamiento no lineal, con la mayor pérdida de peso registrada a los 30 días (-17%), lo que sugiere una posible sensibilidad a otros factores no considerados en este análisis.

EFFECTO DEL PERIODO DE ALMACENAMIENTO SOBRE EL CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES

El contenido de sólidos solubles en cerezas está estrechamente relacionado con la dulzura, la calidad y la aceptación del consumidor. Este indicador también refleja su madurez, ya que, al ser frutos no climáticos, su capacidad para acumular azúcares después de la cosecha es limitada. Dado que las cerezas deben almacenarse antes de su comercialización, es

esencial optimizar las prácticas de postcosecha para prevenir la evolución de los sólidos solubles durante el almacenamiento y asegurar que el producto llegue en condiciones óptimas al consumidor.

Además, resulta fundamental analizar si las distintas variedades de cereza cultivadas en Chile, como Santina, Lapins, Kordia y Regina, responden de manera diferente a estas condiciones. En el presente estudio, se evaluó el comportamiento de la concentración de sólidos solubles totales en frutos provenientes de diferentes periodos de almacenamiento (10, 30 y 50 días), con evaluaciones adicionales realizadas a salida de frío y después de 6 días de exposición en anaquel a temperatura ambiente, registrándose el porcentaje de variación entre ambos eventos de medición.

Las variedades Santina y Regina mostraron un aumento

en el contenido de sólidos solubles totales durante el periodo de anaquel (a temperatura ambiente, 20°C). Santina mostró incrementos constantes de 19%, 24% y 26%, es decir, la fruta proveniente de un periodo de almacenaje mayor mostró un incremento mayor de la concentración de sólidos solubles totales (SST) durante el periodo de anaquel. Aunque no se pueden descartar otros mecanismos implicados, este fenómeno se debería mayoritariamente a la deshidratación de los frutos en el periodo de anaquel, ya discutido (Figura 3.4)

En las variedades Lapins y Kordia se observó un comportamiento variable en el contenido de SST. Ambas variedades mostraron un aumento de la concentración de azúcares en los frutos en el periodo de anaquel, provenientes de almacenamientos de 10 y 30 días. Sin embargo, este aumento no fue general en todas las situaciones, ya que los frutos que fueron almacenados por 50 días mostraron un incremento menor en el periodo de anaquel, del 14 % y 2% en Lapins y Kordia respectivamente. Estos cambios podrían atribuirse a particularidades propias de estas variedades, considerando además que las mediciones fueron realizadas en conjuntos independientes de frutos.



Figura 3.4. Variaciones porcentuales del contenido de sólidos solubles totales de frutos de distintas variedades de cereza sometidos a diferentes periodos de almacenamiento (10, 30 y 50 días) en atmosfera modificada a cero grados, tras 6 días de condición de anaquel a 20°C.

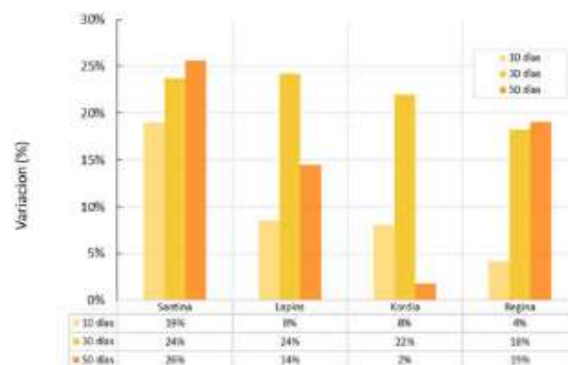




Figura 3.5. Niveles de pardeamiento interno de frutos de distintas variedades de cereza sometidos a diferentes periodos de almacenamiento (10, 30 y 50 días) en atmósfera modificada a cero grados; tras 6 días de condición de anaquel a 20°C.



DESARROLLO DE DESÓRDENES FISIOLÓGICOS INTERNOS DURANTE EL ALMACENAJE: SUSCEPTIBILIDAD AL PARDEAMIENTO INTERNO

El pardeamiento interno en cerezas es un desorden fisiológico que se manifiesta principalmente durante el almacenamiento prolongado y, representa un desafío para la industria frutícola, dado que nuestro país depende en gran medida de la gestión de transporte hacia los mercados de destino. Caracterizado por el oscurecimiento de la pulpa sin síntomas externos visibles, este fenómeno es resultado de la oxidación enzimática de compuestos fenólicos, causando senescencia de los tejidos, afectando considerablemente la calidad (cambio de color y sabor) y afectando el valor comercial de los frutos. La complejidad de este desorden radica en su variabilidad entre cultivares y su dependencia de múltiples facto-

res, incluyendo la madurez en la cosecha, las condiciones de almacenamiento y los niveles de nutricionales. Dada la importancia económica de la cereza en mercados que requieren largos periodos de almacenamiento y transporte, resulta fundamental determinar cómo influye el tiempo de almacenamiento en el desarrollo del pardeamiento interno en distintas variedades.

Al examinar el comportamiento de distintas variedades de cerezas frente al pardeamiento interno, se pudieron observar marcadas diferencias en su resistencia durante el almacenamiento prolongado. Por ejemplo, Santina y Lapins demostraron una notable capacidad para mantener su calidad interna, con apenas un promedio de 5% de pardeamiento incluso después de 50 días de almacenamiento y 6 días adicionales a temperatura ambiente. En contraste, Kordia y Regina mostraron una mayor

susceptibilidad, alcanzando niveles de pardeamiento cercanos o superiores al 50% bajo las mismas condiciones (Figura 3.5).

PIEL DE LAGARTO

La piel de lagarto o pebbling es un desorden fisiológico que afecta significativamente la calidad de las cerezas, especialmente en el mercado asiático que exige fruta de apariencia casi perfecta. Este desorden se caracteriza por una textura rugosa en la superficie del fruto con áreas alternadas de depresión y elevación, lo que reduce el brillo y la apariencia fresca de los frutos. El mecanismo subyacente implica la deshidratación de la piel del fruto, causada por la pérdida de agua hacia la atmósfera y/o hacia la pulpa debido a diferencias en el potencial osmótico.

Aunque el manejo postcosecha bajo condiciones de mínima transpiración puede disminuir su incidencia, no elimina completamente el problema debido al gradiente de potencial osmótico entre la piel y la pulpa. La susceptibilidad a este trastorno puede variar entre cultivares, pero los factores específicos que influyen en esta variabilidad aún no están completamente comprendidos.

En nuestro estudio observamos que el desarrollo de la "piel de lagarto" en cerezas es un fenómeno complejo que varía significativamente entre las

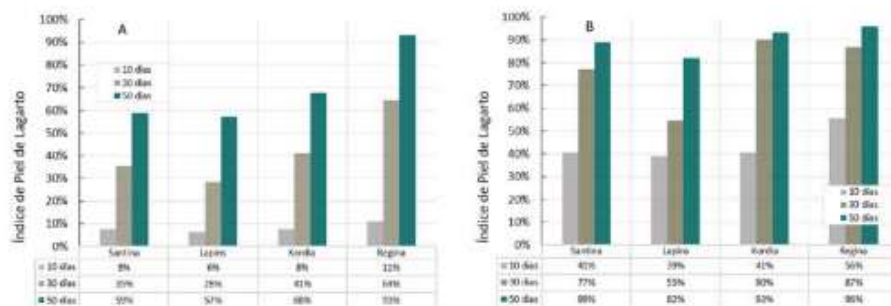


variedades analizadas y se ve fuertemente influenciado tanto por la duración del almacenamiento como por el período de anaquel. Todas las variedades mostraron una tendencia al aumento del índice de piel de lagarto conforme se prolongaba el tiempo de almacenamiento, siendo este incremento particularmente pronunciado después de 50 días. Por ejemplo, Lapins, la variedad más resistente, pasó de un 6% de incidencia tras 10 días de almacenamiento a un 57 % después de 50 días, considerando 2 días de anaquel (Figura 3.6)

De la misma forma, el período de anaquel también influye en el desarrollo de este problema, con aumentos en el índice de piel de lagarto entre los 2 y 6 días post almacenamiento. Esta tendencia se evidenció claramente en Santina, donde el índice aumentó de 59% a 89% entre 2 y 6 días de anaquel, tras 50 días de almacenamiento. La susceptibilidad a este desorden varió considerablemente entre variedades, con Regina mostrando la mayor susceptibilidad, alcanzando un 93% de incidencia después de 50 días de almacenamiento y 2 días de anaquel, y llegando hasta un 96% tras 6 días de anaquel.

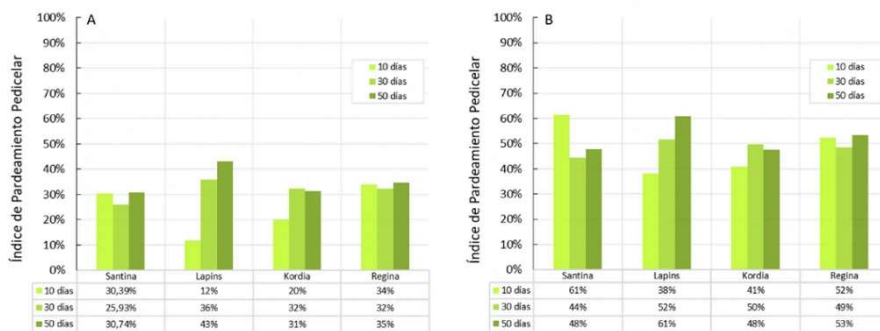
Lo anterior subraya la gravedad y la naturaleza generalizada del trastorno de "piel de lagarto" en cerezas, incluso en las variedades consideradas más resistentes. De esta forma se observa que aun Lapins, la variedad más tolerante, exhibe una incidencia del 57% después de 50 días de almacenamiento y 2 días de anaquel, escalando hasta un 82% tras 6 días de anaquel.

Figura 3.6. Niveles de piel de lagarto en frutos de distintas variedades de cereza sometidos a diferentes periodos de almacenamiento (10, 30 y 50 días) en atmósfera modificada a cero grados; (A) tras 2 días o (B) 6 días de condición de anaquel a 20°C.





3.7 Niveles de pardeamiento pedicelar de distintas variedades de cereza sometidos a diferentes periodos de almacenamiento (10, 30 y 50 días) en atmósfera modificada a 0°C. cero grados; tras 6 días de condición de anaquel a 20°C.



PARDEAMIENTO PEDICELAR

La importancia del pedicelo en la percepción de frescura por parte del consumidor no puede subestimarse, ya que un tallo verde y turgente es un indicador clave de calidad. El pardeamiento pedicelar en cerezas es un problema de calidad que se caracteriza por el oscurecimiento y deshidratación del pedicelo de la cereza, lo cual afecta significativamente la apariencia general del fruto y, por ende, su valor comercial.

La literatura actual sugiere que el desarrollo del pardeamiento

pedicelar estaría influenciado por diversos factores, incluyendo la variedad de cereza, las condiciones y duración del almacenamiento, y el estado de madurez del fruto al momento de la cosecha, lo cual se relaciona con la degradación de clorofila, la oxidación de compuestos fenólicos y la deshidratación del tejido del pedúnculo.

De acuerdo con lo anterior, la susceptibilidad a este desorden varía en función del tiempo de almacenaje, lo que subraya

la importancia de estudiar su comportamiento en diferentes variedades bajo distintas condiciones de almacenamiento y períodos de anaquel. Comprender estas diferencias es crucial para desarrollar estrategias de manejo postcosecha efectivas, especialmente en el contexto de exportaciones de larga distancia donde mantener la calidad del fruto durante períodos prolongados es un desafío constante.

Los resultados obtenidos después de almacenar diferencial-

mente los frutos de las distintas variedades por 10, 30 y 50 días y posterior observación en anaquel al segundo y sexto día (20°C) indican que las variedades responden diferencialmente al almacenamiento, al menos bajo las condiciones estudiadas. Variedades como Santina y Regina son menos afectadas por la duración del almacenamiento, mostrando niveles similares de este desorden en los frutos provenientes de los distintos tiempos de almacenaje (por ejemplo, Regina varía solo entre 32% y 35% después de 2 días de anaquel). Por otra parte, variedades como Lapins y Kordia muestran niveles ascendentes de incidencia conforme aumentan los días de almacenaje, siendo Lapins la más afectada (de 12% a 43 % después de 2 días de anaquel). El período de anaquel extendido (6 días) generalmente incrementa la incidencia del pardeamiento en todas las variedades (Figura 3.7). **Ra**