

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA



“APLICACIÓN POSCOSECHA DE CLORURO DE CALCIO EN FRUTOS
DE MANZANA (*Malus x domestica* Borkh) cv. ANNA”

Presentado por:

IVAN ABEL VALDIVIEZO ALIAGA

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima – Perú

2018

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a mis padres y a mi novia, Styphany, por haberme apoyado, presionado y ayudado en todo momento para poder terminar las diferentes fases de la tesis, no siempre es fácil lograr los objetivos que uno se propone, se necesita tiempo, empeño y estrategias para poder alcanzarlos, y de esta manera estar más cerca de nuestros sueños. Amo a estas personas y siempre serán la luz que me guiarán por el camino que quiero recorrer.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia, mi novia, Styphany y a mis amigos por acompañarme en esta aventura llamada tesis.

Además, agradezco a mi asesor Guillermo Parodi por su amistad y por su guía en este proyecto, y también a los profesores del jurado y de la facultad por su comprensión y apoyo incondicional para terminar este trabajo.

Muchas gracias por todo.

ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1	CARACTERÍSTICAS DE LA MANZANA ‘ANNA’	2
2.2	IMPORTANCIA DE ALMACENAMIENTO EN FRÍO EN LA POSCOSECHA.	2
2.3	IMPORTANCIA DEL CALCIO EN LA PLANTA	3
2.4	DEFICIENCIA DE CALCIO EN LA PLANTA	4
2.5	FIRMEZA DE LA FRUTA CON TRATAMIENTOS DE CALCIO EN LA POSCOSECHA .	5
2.6	ESTABILIDAD DE LA MEMBRANA CELULAR Y REDUCCIÓN DE DAÑO POR FRÍO CON TRATAMIENTOS DE CALCIO EN LA POSCOSECHA	8
2.7	LA PRODUCCIÓN DE ETILENO Y LA TASA DE RESPIRACIÓN CON TRATAMIENTOS DE CALCIO	10
2.8	MÉTODOS Y FUENTES DE CALCIO USADOS EN LA EN PRECOSECHA Y POSCOSECHA	11
2.9	EFFECTO DEL CLORURO DE CALCIO EN DIFERENTES VARIEDADES DE MANZANA EN LA POSCOSECHA.....	14
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	15
3.1	LUGAR DE INSTALACIÓN	15
3.2	MATERIALES Y EQUIPOS	15
3.2.1	Material Vegetal (frutos)	15
3.2.2	Fuente de cloruro de calcio	15
3.2.3	Equipos de Laboratorio.....	16
3.2.4	Insumos y materiales de evaluación.....	16
3.3	PROCEDIMIENTO	17
3.4	DISEÑO ESTADÍSTICO EXPERIMENTAL.....	17
3.5	EVALUACIONES REALIZADAS.....	19
3.5.1	Físicas.....	19
3.5.2	Químicas.....	21
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	23
4.1	VARIABLES FÍSICAS	23
4.1.1	Porcentaje de pérdida de peso.....	23
4.1.2	Firmeza.....	27

4.1.3 Color.....	31
4.1.4 Apreciación gustativa	34
4.2 VARIABLES QUÍMICAS	38
4.2.1 Porcentaje de sólidos solubles	38
4.2.2 Porcentaje de acidez titulable	41
4.2.3 Índice de madurez.....	46
4.2.4 Contenido de calcio	50
V. CONCLUSIONES	57
VI. RECOMENDACIONES	58
VII. BIBLIOGRAFÍA	59
VIII. ANEXO	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Promedios del porcentaje de pérdida de peso por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	24
Gráfico 2: Promedios del porcentaje de pérdida de peso por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	24
Gráfico 3: Promedios del porcentaje de pérdida de peso por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a los siete días de la salida del almacenamiento en frío.	25
Gráfico 4: Promedios del porcentaje de pérdida de peso por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días de la salida del almacenamiento en frío.	25
Gráfico 5: Promedios de la firmeza por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	28
Gráfico 6: Promedios de la firmeza por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	28
Gráfico 7: Promedios de la firmeza por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.	29
Gráfico 8: Promedios de la firmeza por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días de la salida del almacenamiento en frío.	30
Gráfico 9: Promedios de los valores en el color por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	32
Gráfico 10: Promedios de los valores en el color de la epidermis por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.	33
Gráfico 11: Promedios de los valores por apreciación gustativa por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	35
Gráfico 12: Promedios de los valores por apreciación gustativa por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.	36
Gráfico 13: Promedios de los grados brix por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	38
Gráfico 14: Promedios de los grados brix por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	39

Gráfico 15: Promedios de los grados brix por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.	40
Gráfico 16: Promedios de los grados brix por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.	40
Gráfico 17: Promedios de la acidez titulable por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	42
Gráfico 18: Promedios de la acidez titulable por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	43
Gráfico 19: Promedios del porcentaje de acidez titulable por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.	44
Gráfico 20: Promedios del porcentaje de acidez titulable por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.	45
Gráfico 21: Promedios del índice de madurez por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío	47
Gráfico 22: Promedios del índice de madurez por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío	47
Gráfico 23: Promedios del índice de madurez por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	48
Gráfico 24: Promedios del índice de madurez por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.	49
Gráfico 25: Promedios de la cantidad de calcio en los frutos de ‘Anna’, por efecto de las dosis de cloruro de calcio aplicado interactuando con los diferentes tiempos de almacenamiento en frío, evaluados al momento de su salida.	51
Gráfico 26: Promedios de la cantidad de calcio en los frutos de ‘Anna’, por efecto de los tiempos de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio aplicado, evaluados al momento de su salida.	53
Gráfico 27: Promedios de la cantidad de calcio en los frutos de ‘Anna’, por efecto de las dosis de cloruro de calcio aplicado interactuando con los diferentes tiempos de almacenamiento en frío, evaluados a los siete días después de su salida.	54
Gráfico 28: Promedios de la cantidad de calcio en los frutos de ‘Anna’, por efecto de los tiempos de almacenamiento en frío interactuando con los diferentes tipos de dosis de cloruro de calcio, evaluado a los siete días después de su salida.	55

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1.** Información técnica del Cloruro de calcio Dihidratado p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur. 69
- ANEXO 2.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicado, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de pérdida de peso en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. 70
- ANEXO 3.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de pérdida de peso por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 70
- ANEXO 4.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de pérdida de peso en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. 70
- ANEXO 5.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de pérdida de peso por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 71
- ANEXO 6.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre la firmeza en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. 71
- ANEXO 7.** Prueba de Tukey para la variable firmeza por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 71
- ANEXO 8.** Prueba de Tukey para la variable firmeza por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicada en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 72
- ANEXO 9.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre la firmeza en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. 72
- ANEXO 10.** Prueba de Tukey para la variable firmeza por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 72
- ANEXO 11.** Prueba de Tukey para la variable firmeza por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicada en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 73
- ANEXO 12.** Prueba de Kruskal - Wallis de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el color en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 73

- ANEXO 13.** Prueba de Kruskal - Wallis de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el color en las manzanas 'Anna' a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 73
- ANEXO 14.** Prueba de Kruskal - Wallis de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre la apreciación gustativa en las manzanas 'Anna' a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 74
- ANEXO 15.** Prueba de Kruskal - Wallis de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada y tiempo de almacenamiento en frío, sobre la apreciación gustativa en las manzanas 'Anna' a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 74
- ANEXO 16.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de sólidos solubles en las manzanas 'Anna' a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 74
- ANEXO 17.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de sólidos solubles por efecto del tiempo en las manzanas 'Anna' a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 75
- ANEXO 18.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de sólidos solubles en las manzanas 'Anna' a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. 75
- ANEXO 19.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de sólidos solubles por efecto del tiempo en las manzanas 'Anna' a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 75
- ANEXO 20.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de sólidos solubles por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicada en las manzanas 'Anna' a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 76
- ANEXO 21.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de acidez titulable en las manzanas 'Anna' a la salida de almacenamiento en frío. 76
- ANEXO 22.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de acidez titulable por efecto del tiempo en las manzanas 'Anna' a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 76
- ANEXO 23.** ANVA del efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de acidez titulable en la manzana 'Anna' a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. 77
- ANEXO 24.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de acidez titulable por efecto del tiempo en las manzanas 'Anna' a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 77
- ANEXO 25.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de acidez titulable por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicada en las manzanas 'Anna' a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 77

- ANEXO 26.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el índice de madurez en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. 78
- ANEXO 27.** Prueba de Tukey para la variable índice de madurez por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 78
- ANEXO 28.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el índice de madurez en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. 78
- ANEXO 29.** Prueba de Tukey para la variable índice de madurez por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 79
- ANEXO 30.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de calcio en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. 79
- ANEXO 31.** ANVA de efectos simples de la i-ésima dosis de Cloruro de calcio aplicado con el i-ésimo nivel de tiempo de almacenamiento en frío y viceversa sobre el porcentaje de calcio en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 79
- ANEXO 32.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 20 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha= 0,05$) 80
- ANEXO 33.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 40 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha= 0,05$) 80
- ANEXO 34.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 60 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha= 0,05$) 80
- ANEXO 35.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 0% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos de salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$) 80
- ANEXO 36.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 2% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos de salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$) 81
- ANEXO 37.** Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 4% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos de salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$) 81
- ANEXO 38.** ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de calcio en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. 81

ANEXO 39. ANVA de efectos simples de la i -ésima dosis de Cloruro de calcio aplicado con el i -ésimo nivel de tiempo de almacenamiento en frío y viceversa sobre el porcentaje de calcio en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$) 82

ANEXO 40. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto a los siete días después de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 20 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha= 0,05$) 82

ANEXO 41. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto a los siete días después de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 40 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha= 0,05$) 82

ANEXO 42. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto a los siete días después de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 60 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha= 0,05$) 83

ANEXO 43. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 0% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos a los siete días después de la salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$) 83

ANEXO 44. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 2% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos a los siete días después de la salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$) 83

ANEXO 45. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 4% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos a los siete días después de la salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$) 83

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo estudiar el efecto de distintos tiempos en conservación en frío de frutos de manzana ‘Anna’ (*Malus x domestica* Borkh), tratados en poscosecha con diferentes soluciones de cloruro de calcio aplicadas mediante la técnica de inmersión de los frutos en el año 2016. Para ello las manzanas previamente tratadas fueron almacenadas en un ambiente frío con temperatura controlada a $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y con una humedad relativa de 85% - 90%, y evaluadas a los 20, 40 y 60 días a la salida de conservación en frío, como también a los siete días posteriores de su salida en frío donde se sometieron a las condiciones en anaquel dentro del ambiente del Laboratorio de Horticultura con temperatura de $21 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de 70-85%.

El diseño estadístico fue un DCA con dos factores, donde las variables evaluadas fueron pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles, acidez titulable, índice de madurez, concentración de calcio, color de la epidermis del fruto y aceptabilidad gustativa del fruto.

Los resultados mostraron que hubo un incremento del porcentaje de pérdida de peso, como un aumento del índice de madurez y una reducción de la acidez titulable, como de los sólidos solubles, además de una pérdida del color verde en la epidermis de la manzana por el efecto del tiempo de conservación en frío, pero no por el efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado. Por otro lado, se observó una mayor firmeza, una mayor concentración de calcio y una mejor apreciación gustativa para las manzanas ‘Anna’ que fueron tratadas con 2% y 4% de cloruro de calcio y cuando el tiempo de conservación en frío fue menor, tanto para la salida y a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.

Palabras clave: Manzana, Poscosecha, Calcio, Firmeza, Membrana plasmática

ABSTRACT

The research aimed to study the effect of different times in cold storage of 'Anna' apple fruits (*Malus x domestica* Borkh), treated in postharvest with different solutions of calcium chloride applied by the technique of immersion of the fruits in the year 2016. For this, the previously treated apples were stored in a cold environment with controlled temperature at $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and with a relative humidity of 85% - 90%, and evaluated at 20, 40 and 60 days at the Cold storage exit, as well as seven days after its cold exit where they were subjected to the conditions in shelf within the environment of the Horticulture Laboratory with a temperature of $21 \pm 2.5^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of 70-85% .

The statistical design was a DCA with two factors, where the variables evaluated were weight loss, firmness, soluble solids, titratable acidity, maturity index, calcium concentration, color of the epidermis of the fruit and gustatory acceptability of the fruit.

The results showed that there was an increase in the percentage of weight loss, such as an increase in the maturity index and a reduction of the titratable acidity, as of the soluble solids, as well as a loss of the green color in the epidermis of the apple by the effect of the cold storage time, but not because of the effect of the applied calcium chloride dose. On the other hand, a greater firmness, a higher concentration of calcium and a better taste appreciation were observed for 'Anna' apples that were treated with 2% and 4% calcium chloride and when the cold storage time was lower, both for the departure and seven days after the exit of cold storage.

Key words: Apple, Postharvest, Calcium, Firmness, Plasma membrane.

I. INTRODUCCIÓN

La manzana es un producto agrícola de importancia a nivel nacional, en el último año se importó una cantidad aproximada de 58,000 Tn, siendo los principales países importadores Chile, Argentina y Estados Unidos (SUNAT, 2017). Así mismo existen otros factores que impulsan la importación de manzana en el país, dentro de los cuales están la producción de variedades locales de poca preferencia para el consumidor y un rendimiento promedio de manzana por hectárea que resulta siendo solo un tercio de la producción que este frutal tiene en países como Chile o Estados Unidos.

Sin embargo, Daga (2015) nos dice que, a pesar de lo mencionado, se considera que el país cuenta con las condiciones necesarias para incrementar los rendimientos en el cultivo de la manzana a través de la implementación de asistencia técnica y el incremento de área productiva, lo cual nos permitirá contar con excedente para poder incluso exportar esta fruta.

En tal sentido resulta necesario mejorar la cadena productiva de la manzana, ya que un buen manejo poscosecha genera una reducción en la pérdida de fruta por eso el objetivo del siguiente trabajo fue estudiar el efecto de distintos tiempos de conservación en frío de frutos de manzana 'Anna' (*Malus x domestica* Borkh), tratados en poscosecha con diferentes soluciones de cloruro de calcio aplicado mediante la técnica de infiltración por inmersión de los frutos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MANZANA ‘ANNA’

Rumayor et al. (2005), indican que este cultivar es originario de Israel con un requisito de frío notablemente bajo. Los progenitores de ‘Anna’ son ‘Golden Delicious x Adassim Red’ (Casierra-Posada et al., 2004), los manzanos ‘Anna’ necesitan solo entre 200 y 300 horas de frío para producir, su etapa de fructificación es de 100 a 120 días desde flor a cosecha, así como una desuniformidad en el tamaño del fruto a su madurez y además mencionan que es un cultivar auto estéril, (CONAFRUT, 2000; Rumayor et al., 2005). Además, Rodríguez y Ruseta (1993) señalan que el fruto es de forma ovoide, oblongo, tiene una piel de color amarillo verdoso claro con un ligero rubor rojo, de sabor dulce ligeramente agria y crujiente con una carne blanca cremosa.

2.2 IMPORTANCIA DE ALMACENAMIENTO EN FRÍO EN LA POSCOSECHA.

La tecnología en la poscosecha ha avanzado en los últimos años, desarrollando y/o mejorando técnicas para de reducir el porcentaje de pérdida de productos en la poscosecha. Según la FAO (1989), en los países tropicales el periodo de producción puede extenderse, pero, aun así, el almacenamiento siempre es necesario para prolongar el abastecimiento al consumidor.

Los frutos y vegetales son bien conocidos por ser altamente perecibles, la tasa de deterioro comienza a ser dependiente de la tasa de respiración, el cual varía con el tipo de producto, la temperatura, y el nivel de estrés fisiológico causado por el proceso de cosecha o poscosecha (Valero et al., 1998). Por lo tanto, es necesario no solo enfriar el producto, sino enfriarlo lo más rápido posible después

de la cosecha, para reducir el proceso de deterioración, senescencia y mantener un nivel de calidad alto para garantizar la satisfacción del consumidor. En realidad, el control de temperatura es el factor más importante para mantener la calidad y reducir la tasa de deterioración de los productos cosechados, debido a que la tasa de deterioro después de la cosecha está estrechamente relacionado con la tasa de respiración del producto cosechado y este último es dependiente de la temperatura (Kader, 2002).

El almacenamiento en frío es la técnica más ampliamente utilizada para la conservación de frutas y hortalizas. Esta se basa generalmente en la aplicación de bajas temperaturas constantes a los frutos a almacenar, durante un período de tiempo, que dependerá de la especie y variedad de que se trate, siempre por encima del punto crítico para poder mantener sus cualidades organolépticas, nutritivas, etc.; La conservación refrigerada bajo condiciones óptimas permite reducir las pérdidas cualitativas y cuantitativas debidas a desórdenes fisiológicos y podredumbres, retrasar la maduración, senescencia y prolongar la vida comercial de los productos hortofrutícolas en general, con calidad idónea para consumo en fresco o industrial (Artés, 1987 y Martínez-Jávega, 1997).

2.3 IMPORTANCIA DEL CALCIO EN LA PLANTA

El calcio es un nutriente esencial para la planta, porque el ion Ca^{2+} divalente es requerido para las funciones estructurales en la pared celular y membranas, como un catión que se opone a los aniones inorgánicos y orgánicos en la vacuola y como un mensajero intracelular en el citosol. El calcio ingresa fácilmente al apoplasto y se une en una forma intercambiable a la pared celular y a la superficie exterior de la membrana plasmática. Su velocidad de captación en el citoplasma está severamente restringida y parece estar débilmente acoplada a procesos metabólicos (White and Broadley, 2003).

La mayor parte de la actividad del calcio se relaciona con su capacidad de coordinación mediante la cual proporciona enlaces intermoleculares estables pero reversibles, especialmente en las paredes celulares y la membrana plasmática. Estos vínculos mediados por calcio responden a los cambios locales en las

condiciones ambientales y son parte del mecanismo de control del crecimiento y los procesos de desarrollo. El calcio es un nutriente mineral no tóxico, incluso en altas concentraciones, además es muy eficaz en la desintoxicación de altas concentraciones de otros elementos minerales en las plantas (Brosnan y Sun, 2001).

Según White and Broadley, (2003), hay dos áreas distintas en la pared celular con altas concentraciones del ion Ca^{2+} , la lámina media y la superficie de extensión de la membrana plasmática. En ambos sitios, Ca^{2+} tiene funciones estructurales esenciales, como, la regulación de la permeabilidad de la membrana y sus procesos relacionados, y el fortalecimiento de las paredes celulares.

Los tratamientos con calcio representan un método seguro y potencialmente efectivo para aumentar la calidad y la vida de almacenamiento de una amplia variedad de especies frutales, ya que reducen el deterioro poscosecha, el ablandamiento, la producción de etileno y la tasa de senescencia (Valero et al., 1998c, Ferguson y Boyd, 2001; Serrano et al., 2004c; Bakshi et al., 2005).

2.4 DEFICIENCIA DE CALCIO EN LA PLANTA

La deficiencia de calcio es rara en la naturaleza, pero puede ocurrir en suelos con baja saturación de bases y/o altos niveles de deposición ácida. La escasez de calcio en las plantas se relaciona por una pobre absorción de calcio, su movimiento limitado en la planta hacia las partes más cerca al suelo y la fuerte competencia por el calcio entre las hojas y las partes generativas de las plantas, como las frutas y las semillas. Por lo tanto, algo de trastornos de deficiencia de calcio ocurren en la horticultura cuando él calcio no está disponible momentáneamente para el desarrollo de los tejidos, el más importante es la quema de la punta, el corazón marrón en las vegetales de hoja y la pudrición del extremo de la flor en la sandía, el tomate y el pimiento (Bennet, 1994).

Otro importante desorden inducido por la deficiencia del calcio es el craking en tomates, cerezas y manzanas, que se produce en tejidos que carecen de suficiente calcio tras un chock hipo-osmótico, seguido por un aumento de la humedad o de

lluvia, presumiblemente como resultado de debilidades estructuras en las paredes celulares (Clarkson, 1984). Estos trastornos ocurren porque el calcio no se puede movilizar a partir de tejidos más viejos y redistribuirse a través del floema. Esta situación obliga al desarrollo de tejidos para aprovechar del suministro inmediato de calcio en la xilema, que depende de la transpiración, el principal problema es que la transpiración es baja en hojas y frutos jóvenes, y se produce competencia por el calcio entre fruta de baja transpiración y brotes de hoja alta transpiración y de crecimiento vigoroso (White y Broadley, 2003).

2.5 FIRMEZA DE LA FRUTA CON TRATAMIENTOS DE CALCIO EN LA POSCOSECHA

La mayoría de los reportes sobre tratamientos con calcio se han centrado en su efecto sobre la firmeza de la fruta. El calcio, como constituyente de la pared celular, juega un papel importante en la formación de puentes cruzados entre sustancias pécticas, lo que lleva a la estabilización de la pared celular de la planta y la protección de las enzimas degradantes de la pared celular, específicamente de las enzimas pectolíticas (White and Broadly, 2003; Serrano et al., 2004c). El más importante, Poligalacturonasa (PG), rompe los enlaces glicosídicos entre las unidades de ácidos galacturónicos no esterificados. Si el calcio interactúa con estos grupos carboxílicos sin esterificación, reduce su número y, por lo tanto, la acción de PG disminuye. De hecho, el contenido de calcio en las soluciones nutritivas afectó positivamente la firmeza de las frutas enteras del melón Cantañupo y Honeydew (Lester y Grusak, 1999; Serrano et al., 2002; Madrid et al., 2004).

El calcio aplicado por tratamientos foliares es absorbido a través de la piel de la fruta por aberturas naturales tales como estomas y lenticelas. Además, las grietas y las discontinuidades de la superficie, que son más evidentes durante la última fase del crecimiento de la fruta, parecen ofrecer otros sitios para la penetración del calcio (Conway, 1999). En el momento de la cosecha, la concentración de calcio fue mayor en la cáscara que en la pulpa, sin embargo, durante el almacenamiento el calcio disminuyó en la cáscara y aumentó en la pulpa, lo que sugiere un

movimiento de calcio desde la cáscara a la pulpa. Para los árboles de melocotón que fueron tratados, la mayor concentración de calcio se encontró en la fracción péctica insoluble de la pared celular. Sin embargo, durante el almacenamiento en frío y subsiguiente vida útil, el calcio aumentó en las pectinas solubles en agua (Manganaris et al., 2005b; 2006).

Los tratamientos de calcio en la poscosecha también han sido eficaces para mantener la firmeza durante el almacenamiento en una amplia variedad de frutas, como manzana (Conway et al., 1994; Chardonnet et al., 2003), mango (Suntharalingam, 1996), kiwi (Hopkirk et al., 1990), melocotón (Manganaris et al., 2007), ciruela (Valero et al., 2002b), arándano (Hanson et al., 1993), fresa (García et al., 1996; Lara et al., 2004), nectarina (Manganaris et al., 2005a), limón (Valero et al., 1998c, Martínez-Romero et al., 1999; Safizadeh et al., 2007), rodajas de tomate (Artés et al., 1999; Pinheiro y Almeida, 2008), melones cantalupo y honeydew (Luna-Guzman et al., 1999; Saftner et al., 2003), y rodajas de calabacín (Izumi y Watada, 1995). En otros experimentos, el lactato de calcio ha sido más eficaz que el cloruro de calcio para aumentar la textura y el crujido de las frutas y verduras (Martín-Diana et al., 2007).

La aplicación de calcio en poscosecha condujo a niveles de firmeza significativamente mayores en limones y ciruela 'Black Star' que fueron tratados con calcio, este efecto aún fue evidente después de siete días de almacenamiento, mientras que en la ciruela 'Santa Rosa' el tratamiento con calcio solo retrasó la pérdida de firmeza. Además, el tratamiento con calcio hace que la fruta sea menos susceptible a daños mecánicos durante el proceso, manipulación y envasado, como se ha demostrado en el limón (Martínez-Romero et al., 1999) y los frutos de ciruela (Serrano et al., 2004a). En el caso de los frutos del papayo, los tratamientos de calcio por inmersión o al vacío aumentaron la vida de almacenamiento y disminuyó el proceso de ablandamiento, el efecto fue mayor con el tratamiento al vacío con una concentración de cloruro de calcio hasta de 2.5%, (Mahmud et al., 2008).

Las razones por la cual el calcio aumenta la firmeza en la frutas y vegetales ha sido atribuido a su papel en la reticulación de sustancias pécticas en la pared

celular y de la lámina media, lo que resulta en la formación de pectato de calcio por la unión del calcio a grupos carboxilo libres del polímero de poligalacturonato, estabilizando y fortaleciendo la pared celular, siendo este efecto detectable inmediatamente después de los tratamientos con calcio (Valero et al., 1998c, 2002b; Serrano et al., 2004a; 2004c). Este efecto en los tratamientos de calcio sobre el refuerzo y la consolidación de la pared celular se ha demostrado recientemente mediante microscopía óptica en manzanas y peras recién cortadas después del almacenamiento. En frutos que no fueron tratados, las paredes celulares se tiñeron irregularmente debido a la pérdida del paquete celular, algunas paredes celulares se rompieron, los contactos de célula a célula se perdieron y el plasmalema se había retraído hacia el centro de la célula. Sin embargo, en la fruta tratada, el plasmalema permaneció cerca de la pared celular y las paredes celulares se tiñeron homogéneamente, ya que las fibras de celulosa se empaquetaron juntas (Quiles et al., 2007; Alandes et al., 2009).

También se ha propuesto que el calcio puede afectar algunas enzimas hidrolíticas de la pared celular, como la pectina metilesterasa (PME) (Javeri et al., 1991), y un posible rol del calcio en la reducción de la expresión o actividad de PG y la producción de oligómeros pécticos, que inducen la maduración, han sido abordado (Mignani et al., 1995). El tratamiento de precosecha con CaCl_2 y $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ en la etapa de rotura de color conduce a un aumento más lento de la actividad de PME durante el almacenamiento en frío en comparación con los frutos no tratados (Randhawa et al., 2009).

Los tratamientos con calcio también pueden activar la síntesis de varios compuestos de la pared celular, dando como resultado una mayor acumulación de polisacáridos no celulósicos tales como lignina y una inhibición de la deposición de celulosa. Esta síntesis *de novo* condujo a aumentos en la pared celular extraíble en comparación con los controles. Por lo tanto, la velocidad de degradación sería mucho menor que la velocidad de síntesis, y la pared celular se solubilizó más lentamente (Conway et al., 1999).

Se observó un efecto adicional sobre la firmeza de la fruta cuando se aplicó tratamiento combinado de calcio y calor suave (40-70°C durante 5 minutos o

menos) a la fresa y al melón. El calor se puede aplicar con el tratamiento de calcio al aumentar la temperatura de la solución de calcio o antes del tratamiento con calcio. Este efecto ha sido explicado en términos de la activación de la pectina metilesterasa por el aumento de la temperatura. Por lo tanto, la pectina metilesterasa que divide los grupos metoxilos a partir de residuos de la pectina de ácido galacturónico metilado, genera ácidos pectícos libres, que contienen grupos carboxilo recién disponibles para unirse con el agregado de Ca^{2+} o el Ca^{2+} más endógeno, aumentando así la firmeza del tejido (Martín-Diana et al., 2007; Aguayo et al., 2008). En consecuencia, la adición de gluconato de calcio a quitosano para aplicar como revestimiento comestible en la fresa conduce a niveles de firmeza de fruta más altos durante el almacenamiento, en comparación con la fruta recubierta con quitosano solo (Hernández-Muñoz et al., 2006; 2008).

2.6 ESTABILIDAD DE LA MEMBRANA CELULAR Y REDUCCIÓN DE DAÑO POR FRÍO CON TRATAMIENTOS DE CALCIO EN LA POSCOSECHA

Otros efectos beneficiosos de la infiltración de calcio en la calidad poscosecha de la fruta son probablemente mediados por la influencia estabilizadora de Ca^{2+} en las membranas celulares, lo que provoca un retraso en la proteína de membrana y en los procesos catabólicos de fosfolípidos, y una reducción de la pérdida de iones durante el almacenamiento poscosecha de la fruta (Picchioni et al., 1998). Estos efectos de los iones de calcio en el aumento de la integridad de la membrana como consecuencia ayudan a mantener o mejorar la presión de turgencia celular, lo que contribuye a un retraso en el ablandamiento y pérdida de peso durante el almacenamiento poscosecha, como se ha demostrado en las frutas de papaya (Eryani-Raqeeb et al. 2009), y también podría atribuirse al efecto del calcio sobre la disminución de la difusividad del vapor de agua a través de la estructura de la pared celular.

Además, también se ha comprobado un rol del calcio en el mantenimiento de la estabilidad de la membrana en condiciones de estrés, como el almacenamiento a baja temperatura. Este efecto de calcio podría explicar el hecho de que los tratamientos de calcio antes y después de la cosecha tienen un efecto positivo en

la reducción del daño por frío como se ha observado en mandarinas (D'Aquino et al., 2005) y limones (Safizadeh et al., 2007). En los tratamientos poscosecha, cuando se aplicó por infiltración al vacío al 1,5% de CaCl_2 fue la concentración más eficaz en la reducción de los síntomas de daño por frío, y la efectividad se volvió más negativa a medida que la concentración de CaCl_2 aumentó hasta un 7,5%. En consecuencia, las inmersiones poscosecha en solución de calcio de melocotones disminuyeron el oscurecimiento de la pulpa después del almacenamiento en frío, que es un síntoma del daño por frío asociado con un bajo contenido de calcio (Manganaris et al., 2007).

Además, se ha observado un efecto del calcio en la reducción del pardeamiento, que ocurre como resultado de la oxidación de los fosfolípidos de la membrana y la polimerización de polifenoles, con especial interés en las frutas recién cortadas, como manzanas, peras y melones (Martín-Diana et al., 2007; Alandes et al., 2009). A partir de entonces, se informó de una reducción de otros trastornos de la fruta tales como el núcleo amargo, el núcleo acuoso y la descomposición interna (Yuen, 1994). El cloruro de calcio agregado al agua de riego para el cultivo de hongos también fue efectivo para reducir el pardeamiento poscosecha al mantener la integridad de la membrana de la vacuola y por lo tanto reducir la oportunidad de que la tirosinasa reaccione con sus sustratos y desarrolle pardeamiento (Kukura et al., 1998).

Los mecanismos por los cuales el calcio exógeno reduce la descomposición de la fruta y aumenta la firmeza de la fruta están estrechamente relacionados, y se atribuyen al aumento de calcio unido a la pared celular. La mayor parte del calcio que penetra en el tejido del huésped parece acumularse en la lámina media de la pared celular. La resistencia inducida por calcio de las frutas de almacenamiento a los patógenos en poscosecha se ha atribuido a una interacción entre las pectinas de la pared celular y los iones de calcio. Al unirse a las pectinas en la pared celular, los iones de calcio contribuyen a mantener la integridad estructural de la pared celular. Por lo tanto, el calcio mejora la resistencia del tejido al ataque de hongos estabilizando o fortaleciendo las paredes celulares, haciéndolos más resistentes a enzimas dañinas producidas por hongos, y también retrasa el envejecimiento de frutas (Conway et al., 1994; 1999; Lara et al., 2004; Eryani-Raqeeb et al., 2009).

2.7 LA PRODUCCIÓN DE ETILENO Y LA TASA DE RESPIRACIÓN CON TRATAMIENTOS DE CALCIO

El alto contenido de calcio en las frutas se ha relacionado con una vida poscosecha más prolongada como resultado de tasas reducidas de respiración y producción de etileno, retraso en la maduración, aumento de la firmeza e incidencia reducida de desórdenes y trastornos fisiológicos. Por lo tanto, los tratamientos precosecha con solución de calcio han mostrado un efecto en retrasar la producción de etileno y el proceso de maduración en frutas climatéricas, como tomate (Wills et al., 1977), caqui (Agustí et al., 2004), peras (Gerasopoulos y Richardson, 1999), y melocotón y nectarinas (Serrano et al., 2004b). Además, los tratamientos con manzano con cloruro cálcico mediante pulverizaciones foliares disminuyeron la producción de etileno y la tasa de respiración en frutos de manzana en la cosecha y después del almacenamiento poscosecha bajo condiciones de atmósfera controlada de oxígeno ultra bajo, correlacionando ambos parámetros fisiológicos con el contenido de calcio en la fruta (Recasens et al., 2004).

Además, el tratamiento con calcio en la poscosecha puede inhibir la producción de etileno y la maduración del fruto climatérico, como la manzana y la ciruela, la producción de etileno se reduce con el aumento de las concentraciones de calcio. Este efecto se ha atribuido a una disminución en la actividad del amino ciclopropano oxidasa (Serrano et al., 2004c).

Wang y colegas (2006b) han propuesto que la membrana fortalecida por calcio debería inhibir la translocación de ACC (Acido 1-aminociclopropano, 1-carboxílico) endógeno de los sitios de síntesis (citosol) a la cara externa de la membrana plasmática donde se encuentra el ACO, sin embargo, se observó un efecto contrario cuando las bananas se sumergieron en CaCl_2 con o sin tratamiento al vacío, donde el tiempo hasta la maduración se redujo marcadamente (Serrano et al., 2004c). Además, se han encontrado diferentes resultados en mango, dependiendo de la concentración de CaCl_2 aplicada en el tratamiento poscosecha, ya que se detectó una disminución del 4 y 6% en la evolución y ablandamiento del color, lo que aumenta la vida útil (Suntharalingam, 1996), mientras que se

encontró un incremento en la maduración con el uso del cloruro de calcio al 2% (Singh et al., 2007).

También se han observado menores tasas de respiración en rodajas de melón tratadas con cloruro de calcio (Luna-Guzman et al., 1999) y en manzanas, aunque con concentraciones muy altas de calcio, la tasa de respiración aumentó (Serrano et al., 2004c).

2.8 METODOS Y FUENTES DE CALCIO USADOS EN LA EN PRECOSECHA Y POSCOSECHA

Se han estudiado diferentes sales de calcio en los tratamientos de frutas antes y después de la cosecha para aumentar su calidad en la cosecha y durante el almacenamiento poscosecha, previniendo la descomposición de la fruta y para enriquecer el valor nutricional del producto. La selección de la fuente apropiada depende de varios factores, el más importante es la biodisponibilidad y la solubilidad, seguido del cambio de sabor y la interacción con los ingredientes alimentarios. Sin embargo, el cloruro de calcio se ha utilizado ampliamente como agente conservante y reafirmante en las industrias de frutas y verduras para productos enteros y de cortes frescos, con resultados satisfactorios en manzanas, fresas, pomelos, melones y duraznos recién cortados, entre otros. Otras formas de calcio utilizadas con esta finalidad son el carbonato de calcio, el citrato de calcio, el lactato de calcio, el propionato de calcio, el fosfato de calcio y el gluconato de calcio (Martín-Diana et al., 2007).

Los tratamientos de calcio en precosecha se realizan en sistemas de riego y por pulverización foliar. En el sistema de riego, las fuentes de calcio más utilizadas son el cloruro de calcio, seguido del nitrato de calcio y el tiosulfato de calcio a una concentración de 3.5-4.0 mmol L⁻¹ (Madrid et al., 2004; Johnstone et al., 2008; Serrano et al., 2002).

En los tratamientos de pulverización foliar, las fuentes de calcio más utilizadas han sido CaCl₂ y Ca(NO₃)₂, seguidas de algunas formas de quelatos con calcio, como el quelato de calcio con aminoácidos y calcio acomplejado con manitol, los

cuales se han aplicado en diferentes etapas del desarrollo de la fruta, desde la floración hasta las 48 horas antes de la cosecha y en un amplio rango de concentraciones, desde 0.5 a 10% (Agustí et al., 2004; Lester y Grusak, 2004; Serrano et al., 2004b; Manganaris et al., 2005b; 2006 Besada et al., 2008; Stückrath et al., 2008; Cronje et al., 2009; Randhawa et al., 2009).

La aplicación foliar de calcio en precosecha en la copa o planta es una de las prácticas más importantes aplicadas en los nuevos sistemas de producción para aumentar el contenido de calcio en las frutas, como tomate (Dong et al., 2004), arándano (Stückrath et al., 2008), litchi (Cronje et al., 2009), granada (Ramezani et al., 2009) y melocotón y nectarina (Serrano et al., 2004b; Manganaris et al., 2005b; 2006), con un importante efecto en los atributos de calidad de cosecha y durante el almacenamiento poscosecha. Por lo tanto, la aplicación foliar de calcio en melocotones y nectarinas aumentó significativamente el contenido de calcio en la piel de las frutas frescas.

Además, en ciruelos se ha demostrado que el contenido de calcio en la fruta aumenta cuando el tratamiento foliar de calcio en precosecha se combinan con titanio, y las ciruelas son también más resistentes a los daños por manipulación. Estos efectos han sido interpretados como consecuencia del efecto beneficioso del titanio sobre los procesos de absorción y asimilación del calcio, ya que los tratamientos se realizaron durante el período en que el calcio se traslada pasivamente a la fruta, permitiendo la integración del calcio en la pared celular y aumentando firmeza frutal (Alcaraz López y otros, 2003).

Para el tratamiento poscosecha se han reportado dos principales maneras de aplicación de calcio en frutas y verduras frescas: inmersión de la fruta y procesos de infiltración al vacío. Los tratamientos de inmersión se usan comúnmente para productos frescos perecederos y consisten en remojar el producto, a veces aplicando agitación mecánica, seguido por la eliminación del exceso de solución usada. Este método de aplicación de calcio favorece la dispersión de la solución en la superficie de frutas y verduras, y tiene el beneficio adicional en productos mínimamente de cortes -frescos de enjuagar las enzimas y sustratos liberados por

las células lesionadas durante el procedimiento mínimo, evitando oxidaciones que podrían causar browning y generación de sabores desagradables. El tiempo de inmersión varía de 5 a 120 min y la concentración de calcio de 0.5 a 6%, la fuente más utilizada de calcio es cloruro de calcio seguido de nitrato de calcio, lactato de calcio, propionato de calcio y gluconato de calcio (Suntharalingam, 1996; Lara et al., 2004; Manganaris et al., 2005a; 2007; Martín-Diana et al., 2007; Hernández-Muñoz et al., 2008; Mahmud et al., 2008).

Los procesos de infiltración al vacío consisten en la penetración de la solución de calcio en los espacios intracelulares por gradientes capilares y de presión, que son generados cuando el aire se extrae de los poros del tejido tras la aplicación de vacío y la restauración de las condiciones atmosféricas. Diferentes concentraciones de calcio (1.5-7.5%), presión aplicada (2-33 kPa) y tiempo (30 s-10 min) se han usado en muchos experimentos, tanto con frutos enteros como en rodajas (Valero et al., 1998c, 2002b; Lara et al., 2004; Safizadeh et al., 2007; Mahmud et al., 2008; Pinheiro y Almeida, 2008; Eryani-Raqeeb et al., 2009). La sustitución parcial del gas interno por la nueva fase líquida permite la reformulación de la materia prima alimenticia mediante la modificación de la matriz sólida, lo que aumenta las propiedades de textura, por eso es un método más eficaz de introducir el calcio en la fruta que el método de inmersión (Gras et al., 2003; Martín-Diana et al., 2007).

Por último, los tratamientos de inmersión en poscosecha aumentaron el contenido de calcio tanto en la cáscara como en la pulpa de las frutas de melocotón, aunque la fuente de calcio (cloruro de calcio, lactato o propionato) no pareció afectar la absorción de calcio (Manganaris et al., 2007). Durante el almacenamiento en frío del melocotón se produjo un aumento del calcio en la pared celular, principalmente debido a la mejora del calcio en la fracción de pectina soluble en agua, así como en manzanas infiltradas con calcio (Chardonnet et al., 2003), sugiriendo que el calcio soluble se movilizó e integro en la pared celular. El aumento en el calcio unido a la pared celular de melocotones tratados con calcio se relacionó con la concentración de calcio y el tiempo de almacenamiento.

2.9 EFECTO DEL CLORURO DE CALCIO EN DIFERENTES VARIEDADES DE MANZANA EN LA POSCOSECHA

La aplicación de calcio en la poscosecha es una técnica que se ha realizado anteriormente en diferentes variedades de manzana y en diferentes países alrededor del mundo dando buenos resultados en la disminución del porcentaje pérdida de peso y mejora en la calidad de la manzana.

Según Shirzadeh et al. (2011), se concluyó que la inmersión en calcio retardaba el metabolismo por la baja tasa de respiración de las muestras tratadas, además se obtuvo menor pérdida de peso y mayor firmeza con el tratamiento al 2% de inmersión de cloruro de calcio, comparándolo con el control en manzanas de la variedad “Jonagold”.

En un trabajo realizado por Farag et al. (2012) indica que los tratamientos de CaCl_2 usados en manzana de variedad “Anna” al 1% y 2% causaron un significativo retraso en la pérdida de la firmeza del fruto y mayor contenido de sólidos solubles comparado con el control, sin embargo, la diferencia entre 1% y 2% no fue significativa.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LUGAR DE INSTALACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Horticultura, perteneciente a la facultad de Agronomía dentro del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), ubicada en el distrito de La Molina en el departamento de Lima, con una altitud de 242 m.s.n.m.

3.2 MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1 MATERIAL VEGETAL (FRUTOS)

Para el proyecto se utilizaron frutos de manzano de cultivar Anna, proveniente del fundo de Jose Taquire con un campo de 18 años y una extensión de 7 hectáreas, ubicado en el distrito de Caltopilla – Cañete – Lima.

Los manzanos del campo tuvieron doble injerto, donde se usó como puente el manzano ‘San Antonio’, y como portainjerto al membrillero ‘Blanco’. Además, el campo fue manejado por sistema de riego por gravedad. En la cosecha de manzanas, se recolectó y seleccionó frutos de manzanas con calibre ‘Mediano’ (130g-170g) y categoría ‘Extra’ según FAO (2010).

3.2.2 FUENTE DE CLORURO DE CALCIO

1 kg de Cloruro de calcio di hidratado p.a. EMSURE® ACS, Reag. Ph Eur., fabricado por Merck KGaA, Darmstadt, Alemania, formulado para uso alimenticio y en laboratorio. Presenta una forma sólida, de color blanco, olor inodoro, pH 4.5-8.5 a 50 g/l 20°C, densidad 1,85 g/cm³ a 20°C y solubilidad 1280g/l. (Anexo 1)

3.2.3 EQUIPOS DE LABORATORIO

- Balanza electrónica (Marca: Mettler Toledo; Modelo: Mini Tiger 8434)
- Cámara de almacenamiento en frío a 5 °C (± 1.0 °C)
- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Estufa (Marca: MMMgroup; Modelo: Ecocell 707)
- Extractor de jugo (Marca: Oster; Modelo: FPSTJE317R-05)
- Penetrómetro de mano, con embolo de 8mm de diametro (Marca: Wagner; Modelo: FT327)
- Refractómetro digital, con rango de 0–85% brix (Marca: Hanna Instrument; Modelo: HI96801)
- Cartilla de color Royal Horticultural Society Colour Charts (2001) 4th edition, London (1 a 4 Fan)

3.2.4 INSUMOS Y MATERIALES DE EVALUACION

- Agua destilada
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio (0.1 N)
- Balde de plástico de 10 litros
- Bolsas
- Botellas de plástico
- Cajas de plástico de 8 kg (40x60x15cm).
- Coladores
- Cuchillos
- Envases de vidrio con tapa
- Etiqueta
- Papel toalla
- Probeta de 50 ml
- Vasos de plástico
- Vasos precipitados

3.3 PROCEDIMIENTO

Los frutos de manzana fueron cosechados con las características mencionadas en el punto 3.2.1, luego se colocaron en jabas para ser trasladado al Laboratorio de Horticultura de la UNALM, donde se realizó una nueva selección de los frutos, descartando aquellos que fueron dañados en la cosecha y que no fueron detectados en la primera selección, aquellos que presentaron golpes por el traslado o por algún otro defecto.

Posteriormente se realizó un lavado y desinfección de los frutos usando una solución con hipoclorito de sodio al 0.1% de concentración. Luego se dejaron orear dentro del ambiente del laboratorio por una hora y después se seco con papel toalla. Después se procedió a sumergir los frutos en una solución de cloruro de calcio, el cual fue previamente preparado con agua desionizada y con cloruro de calcio dihidratado al 99 % ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), a diferentes concentraciones de 0%, 2% y 4% [w/v]. la inmersión en la solución fue por 20 minutos, luego los frutos se retiraron y se dejaron secar dentro ambiente del laboratorio (21 ± 2.5 °C y 70-85 %HR) por 1 hora.

Finalmente, las manzanas fueron acomodadas en cajas de plásticos de 8 kg capacidad con dimensiones de 40x60x15cm, para luego ser almacenadas en la cámara de frío durante 20, 40 y 60 días, a una temperatura de 5.0 ± 1.0 °C, con una humedad relativa de 85% - 90%. Así mismo, se preparó una muestra paralela para que, al momento de retirar los frutos de la cámara de frío, se mantuvieron por siete días en condiciones en anaquel dentro del ambiente del Laboratorio de Horticultura con temperatura de 21 ± 2.5 °C y una humedad relativa de 70-85%.

3.4 DISEÑO ESTADÍSTICO EXPERIMENTAL

El diseño estadístico experimental fue un DCA, con arreglo factorial de 2 factores con 3 niveles cada uno (3 dosis de cloruro de calcio y 3 tiempos de almacenamiento en frío), haciendo un total de 9 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones (3 manzanas por repetición).

Además, se hizo aparte una muestra igual de cada tratamiento para una evaluación a los siete días después de haber salido de la cámara de frío y expuesto a la temperatura del medio ambiente dentro del laboratorio de poscosecha mencionado en el punto 3.3.

Diseño estadístico DCA, con arreglo factorial (2 factores):

- Factor 1: Dosis de cloruro de calcio
 - Niveles: 0% (D₁), 2% (D₂), 4% (D₃)
- Factor 2: Tiempo de almacenamiento en frío
 - Niveles: 20 días (T₁), 40 días (T₂), 60 días (T₃)
- Numero de repeticiones: 3
 - Numero: 1 (R₁), 2 (R₂), 3 (R₃)
- Unidad experimental: 3 unidades de manzanas

Tabla 1: Diseño estadístico experimental

Descripción de los tratamientos		
TRATAMIENTO	DÍAS DE ALMACENAMIENTO	CONCENTRACIÓN
T ₁	20 días	0% CaCl ₂
T ₂	20 días	2% CaCl ₂
T ₃	20 días	4% CaCl ₂
T ₄	40 días	0% CaCl ₂
T ₅	40 días	2% CaCl ₂
T ₆	40 días	4% CaCl ₂
T ₇	60 días	0% CaCl ₂
T ₈	60 días	2% CaCl ₂
T ₉	60 días	4% CaCl ₂

Fuente: elaboración propia

Para el análisis estadístico de las variables se aplicó un análisis de varianza (cumpliendo con el supuesto de normalidad y de homogeneidad de varianzas).

Además, se realizó la prueba de Tuckey para comparar medias de las variables Porcentaje de pérdida de peso, firmeza, sólidos solubles, acidez titulable, índice de madurez y porcentaje de calcio. Por otro lado, se usó la prueba Kruskal Wallis para las variables no paramétricas de color de epidermis y apreciación gustativa del fruto.

Se utilizó el programa estadístico INFOSTAT 2017e y MICROSOFT EXCEL 2016, con un alfa de 0.05.

3.5 EVALUACIONES REALIZADAS

3.5.1 FÍSICAS

a) PORCENTAJE DE PÉRDIDA DE PESO

Se utilizó una balanza electrónica digital con dos decimales (Marca: Mettler Toledo; Modelo: Mini Tiger 8434). Los frutos se evaluaron a la salida de almacenamiento en frío y a los siete días después de cada tiempo de salida de almacenamiento en frío.

Luego de tener las observaciones se procedió a realizar el cálculo de pérdida de peso en porcentaje con la siguiente fórmula:

$$\%PP = \frac{(\text{Peso inicial} - \text{Peso a la salida del almacenamiento en frío}) * 100}{\text{Peso inicial}}$$

b) FIRMEZA

Esta evaluación se realizó utilizando un penetrómetro analógico de mano (Marca: Wagner; Modelo: FT327). El procedimiento consistió en hacer una corte superficial en la parte cercana al pedúnculo del fruto con una cuchilla y

posteriormente usar el penetrómetro con una cabeza de 8mm de diámetro para medir la firmeza que tiene el fruto (kgf).

Luego se transformó las unidades kilogramo-fuerza (kgf) a las unidades Newton (N), por lo que se usó la siguiente formula de conversión:

$$\text{Newton (N)} = \text{Kilogramo/Fuerza (Kgf)} * 9.807$$

c) COLOR

Para la evaluación se utilizó la cartilla de colores Royal Horticultural Society Colour Charts (2001) 4th Edition, London para medir el cambio del color de fondo de la epidermis de las manzanas.

La siguiente tabla se elaboró modificando la escala de valores sugerido por Valero Constantino (1996):

Tabla 2: rango de evaluación del color

Categorías	Rango
Yellow Green 150 A - Yellow Green 154 C	1
Yellow Green 154 D - Green Yellow 1 C	2
Green Yellow 1 D - Yellow 3 C	3
Yellow 3 D - Yellow +	4

Fuente: elaboración propia en base al modelo de Valero Constantino (1996)

d) APRECIACIÓN GUSTATIVA

Para la evaluación se usó una calificación con valor de 1-7 (me disgusta mucho a me gusta mucho, respectivamente), donde 10 personas (previamente capacitados) fueron catadores para las muestras de los tratamientos, en base a su respuesta se usó los datos para el análisis.

La siguiente tabla se elaboró en base a la escala de valores sugerida por Lizana e Irarrazabal (1984):

Tabla 3: puntuación de la prueba de degustación

DEGUSTACION	VALOR
Me disgusta mucho	1
Me disgusta medianamente	2
Me disgusta algo	3
No me disgusta ni me gusta	4
Me gusta algo	5
Me gusta medianamente	6
Me gusta mucho	7

Fuente: Lizana e Irazabal (1984)

3.5.2 QUÍMICAS

a) PORCENTAJE DE SÓLIDOS SOLUBLES

Se utilizó Refractómetro digital, con rango de 0–85% brix (Marca: Hanna Instrument; Modelo: HI96801) que midió los grados brix contenido en el jugo de manzana.

Se siguió el procedimiento de determinación de grados Brix descrito por Bosques (1992).

b) PORCENTAJE DE ACIDEZ TITULABLE

Para la evaluación de la acidez se midió por titulación y corresponde a la cantidad de hidróxido de sodio (0.1 N) utilizado para neutralizar los grupos ácidos.

Se siguió el procedimiento de determinación de acidez titulable descrito por Bosques (1992).

Con el dato de cantidad de hidróxido de sodio usado, se transformó el dato para obtener porcentaje de acidez titulable con la siguiente formula:

$$\%AT = \frac{\text{Volumen gastado} * \text{Normalidad (0.1)} * 0.067 * 100}{5 \text{ ml}}$$

En la formula anterior se supuso que la mayor cantidad de ácido en la unidad experimental (manzana) fue el ácido málico (Parra y Hernández, 2006)

c) ÍNDICE DE MADUREZ

El índice de madurez se calculó como el cociente entre los datos de sólidos solubles y acidez titulable de la fruta (FAO, 2003).

d) PORCENTAJE DE CALCIO

Para la siguiente evaluación, por cada tratamiento se cortó las manzanas en pedazos para secar las muestras en estufa de secado a 70°C. Luego, se trituro las muestras para obtener una textura fina. Se peso 0.1g de cada tratamiento para digerir la muestra con ácido sulfurico y calor, obteniendo el extracto en solución y poder realizar la lectura en el equipo de Espectroscopía de absorción atómica de llama para determinar la cantidad de calcio que contiene, este protocolo fue establecido por Jones, (2001),

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 VARIABLES FISICAS

4.1.1 Porcentaje de pérdida de peso

- a. A la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto al porcentaje de pérdida de peso en los frutos de la manzana ‘Anna’, a la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 2), diferencias significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento, pero no presentó diferencias significativas por efecto de la dosis de cloruro de calcio ni por la interacción entre los dos.

El gráfico 1 muestra el comportamiento del porcentaje de pérdida de peso en los frutos de manzana ‘Anna’ en relación con el tiempo a la salida de almacenamiento en frío. Al realizarse la prueba de Tukey correspondiente (anexo 3) se observó que el porcentaje de pérdida de peso se incrementó conforme el tiempo de almacenamiento en frío fue mayor, encontrándose que a partir de los 40 días (0.97%) en adelante permanece estadísticamente similar a la de 60 días (1.18%), diferenciándose de la fruta almacenada a los 20 días (0.51%).

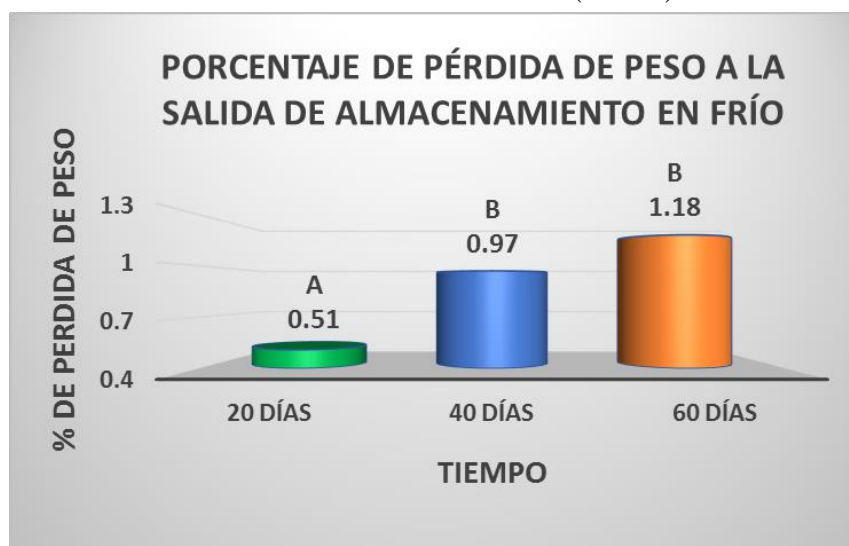


Gráfico 1: Promedios del porcentaje de pérdida de peso por efecto del tiempo de conservación en frío en los frutos de “Anna”

El gráfico 2 muestra el comportamiento del porcentaje de pérdida de peso en los frutos de manzana ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío, en relación con la dosis de cloruro de calcio aplicado, observándose que no presentó diferencias estadísticas para el factor de estudio (anexo 2).

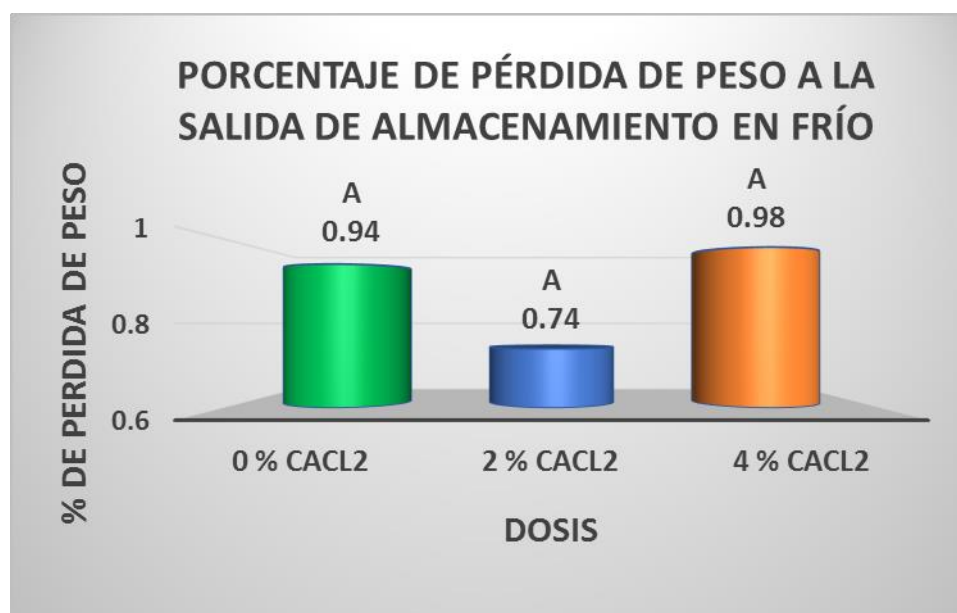


Gráfico 2: Promedios del porcentaje de pérdida de peso por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’

b. A los siete después de la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto al porcentaje de pérdida de peso en los frutos de la manzana ‘Anna’, a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 4), diferencias significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento, pero no presentó diferencia significativa por el efecto de la dosis de cloruro de calcio ni por la interacción entre los dos.

El gráfico 3 muestra el comportamiento del porcentaje de pérdida de peso en los frutos de manzana ‘Anna’ en relación con el tiempo de conservación en frío a los siete días después de la salida de almacenamiento en frío. Al realizarse la prueba de Tukey correspondiente (anexo 5) se observó que el porcentaje de pérdida de peso se incrementó conforme el tiempo de almacenamiento en frío fue mayor, encontrándose que a partir de los 40 días (3.01%) en adelante permanece

estadísticamente similar hasta los 60 días (3.09%), siendo mayor el porcentaje de pérdida con el tiempo de almacenamiento en frío a los 20 días (2.74%).

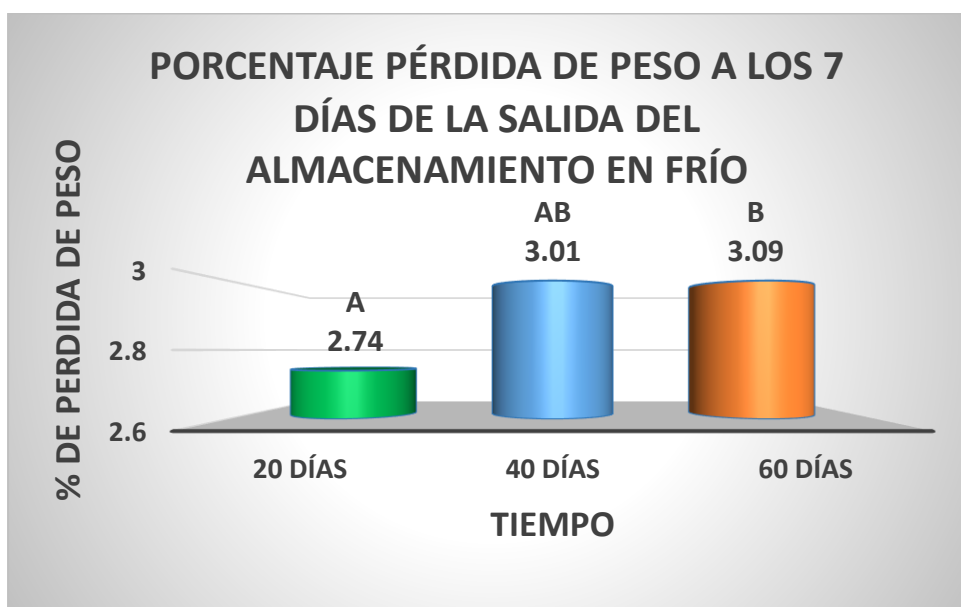


Gráfico 3: Promedios del porcentaje de pérdida de peso por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a los siete días de la salida del almacenamiento en frío.

El gráfico 4 muestra el comportamiento del porcentaje de pérdida de peso en los frutos de manzana ‘Anna’ a los siete días después de la salida de almacenaje en frío, en relación con la dosis de cloruro de calcio aplicado, observándose que no presentó diferencias estadísticas para el factor de estudio (anexo 4).

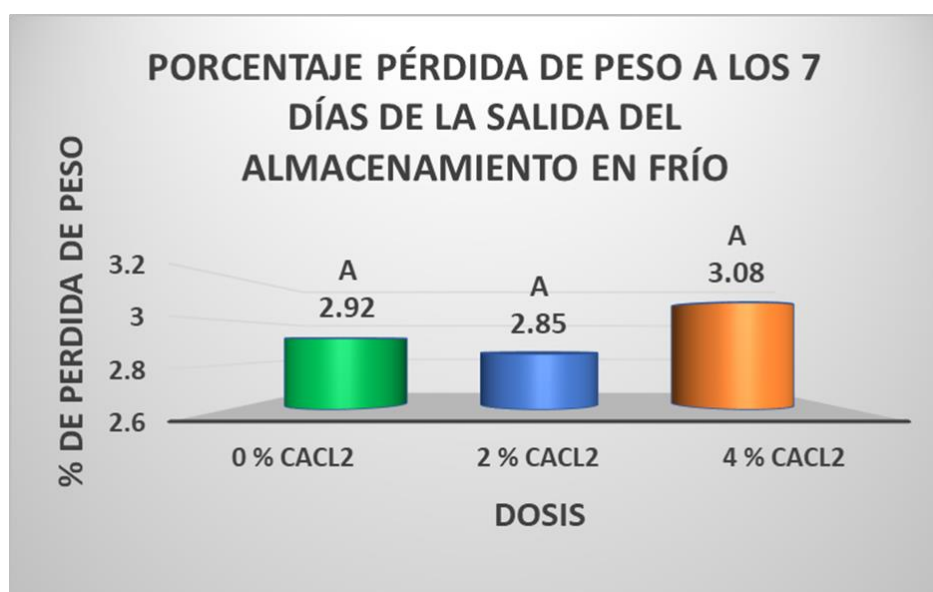


Gráfico 4: Promedios del porcentaje de pérdida de peso por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días de la salida del almacenamiento en frío.

Al momento de la cosecha, el estado hídrico del producto suele ser alto, pero después de la cosecha hay dos factores que provocan la pérdida de peso del fruto: (1) la interrupción del ciclo natural de la planta para extraer el agua del suelo (2) la transpiración, que es un proceso fisiológico mediante el cual el vapor de agua puede salir a través de las estomas y/o la epidermis de la superficie del fruto. El agua también se pierde a través de lenticelas, que son brechas en el peridermo formado para permitir el intercambio de gases para la respiración. Si la epidermis o el peridermo están dañados, la pérdida de agua puede verse exacerbada de forma masiva (Ackerly, 2002).

La respiración es el principal proceso de deterioro de los frutos, el mismo es atenuado por la bajas temperatura, que logran disminuir la tasa respiratoria y la pérdida excesiva de agua, así como la velocidad de las reacciones bioquímicas y enzimáticas (Guerra, 1996).

Las respuestas halladas indican un aumento del porcentaje de pérdida de peso conforme aumenta el tiempo de almacenaje en frío de los frutos, debido a la pérdida de agua de la fruta por el efecto del tiempo. La aplicación de cloruro de calcio en la manzana 'Anna' no intervino para que redujera la tasa de respiración y transpiración, debido a que posiblemente no hubo una transformación del ion Ca^{2+} en la manzana para evitar una reducción en sus funciones durante el tiempo de almacenamiento evaluado.

Según Shirzadeh et al., (2011), uno de los efectos de la aplicación de cloruro de calcio en manzana fue la reducción de la pérdida de peso en comparación con el control, pero esta reducción fue a partir de los 60 días de almacenamiento en frío en adelante. La pérdida máxima de peso se produjo en el tratamiento control, mientras que la menor pérdida se registró al 2% (p/v) de CaCl_2 aplicado.

Por otro lado, se sabe que las aplicaciones de calcio son eficaces en términos de funcionalidad de la membrana y mantenimiento de la integridad, lo que puede ser la razón de la menor pérdida de peso que se encuentra en las frutas tratadas con calcio (Ashour, 2000).

Karim (2012), mostro que los tratamientos con cloruro de calcio al 1 % y 2% permitieron una reducción de pérdida de peso en comparación con el control para las manzanas de variedad Golden Delicious.

En el presente trabajo no se mostraron los resultados observados en otros trabajos para la manzana ‘Anna’ como en otros trabajos realizados para otras variedades de manzana, quizás porque el tiempo de evaluación fue solo hasta los 60 días de almacenamiento en frío, en cambio otros trabajos mostraron que, si hubo un efecto en la reducción de la pérdida de peso por las dosis de cloruro de calcio aplicado, pero para un almacenamiento en frío mayor a los 60 días.

4.1.2 Firmeza

a. A la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto a la firmeza en el fruto de la manzana ‘Anna’, a la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 6), diferencias significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento y por el efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado, sin embargo, no presentó diferencias significativas por la interacción entre ambos.

El gráfico 5 muestra el comportamiento de la firmeza en los frutos de manzana ‘Anna’ en relación con el tiempo de conservación en frío a la salida del almacenamiento en frío. Al realizarse la prueba de Tukey correspondiente (anexo 7) se observó que la firmeza disminuyó desde los 20 días (48.04 N) de almacenamiento en frío hasta los 40 días (43.93 N) de almacenamiento en frío, pero desde los 40 días hasta los 60 días (45.32 N) no se observó diferencia estadística en el nivel de firmeza.

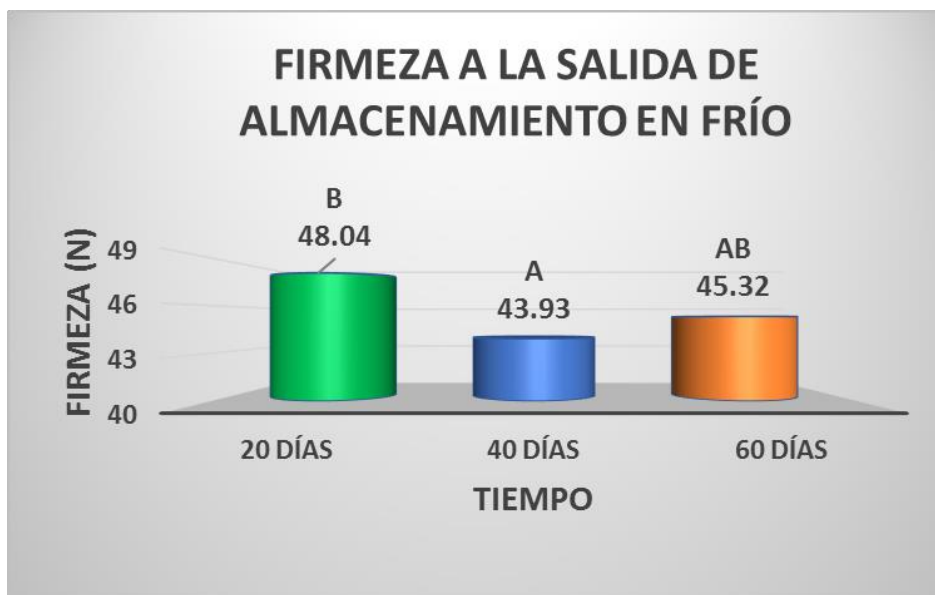


Gráfico 5: Promedios de la firmeza por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.

El gráfico 6 muestra el comportamiento de la firmeza en los frutos de manzana ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío, en relación con la dosis de cloruro de calcio aplicado. Al realizarse la prueba de Tukey correspondiente (anexo 8) se observó que la firmeza aumentó conforme fue mayor la dosis de cloruro de calcio. Las manzanas con la dosis de 4% de CaCl_2 presentaron la mayor firmeza (47.76 N), siendo similar estadísticamente con los frutos de manzanas tratados con 2% de CaCl_2 (45.86 N), mientras que las manzanas sin tratar presentaron la menor firmeza (43.67 N).

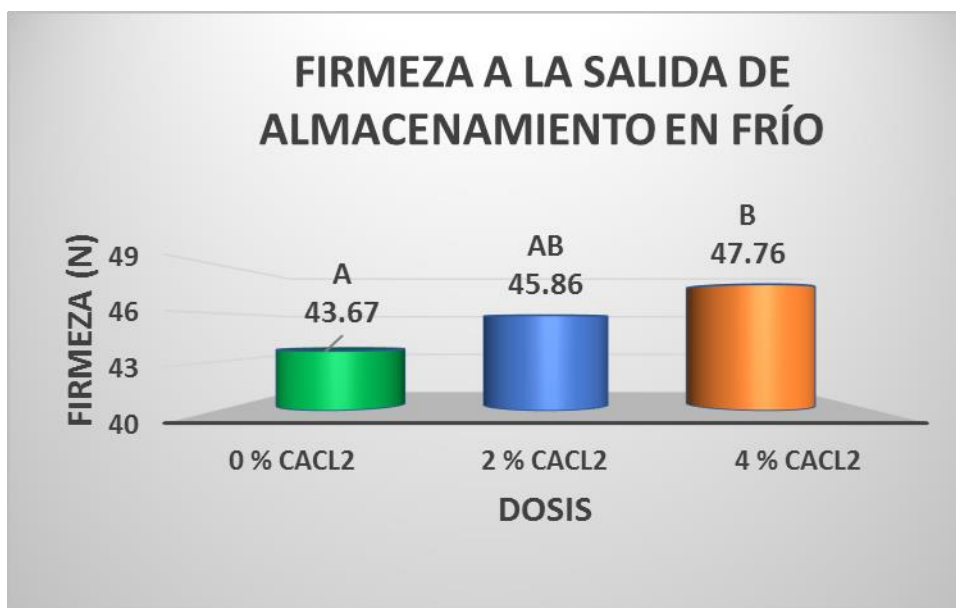


Gráfico 6: Promedios de la firmeza por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío.

- b. A los siete días después de la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto a la firmeza en los frutos de la manzana ‘Anna’, a la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 9), diferencias significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento y por el efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado, sin embargo, no presentaron diferencias significativas por la interacción entre los dos.

El gráfico 7 muestra el comportamiento de la firmeza en los frutos de manzana ‘Anna’ en relación con el tiempo a los siete días después de la salida de almacenamiento en frío. Al realizarse la prueba de Tukey correspondiente (anexo 10) se observó que la firmeza disminuyó conforme el tiempo de almacenamiento en frío fue mayor, se observó que se redujo la firmeza para las manzanas a los 20 días (45.6 N) de almacenadas hasta los 40 días (39.2 N) de almacenamiento en frío en frío, y que las manzanas a los 60 días (47.51 N) de almacenamiento en frío tiene una similitud con las manzanas a los 20 días de almacenamiento.

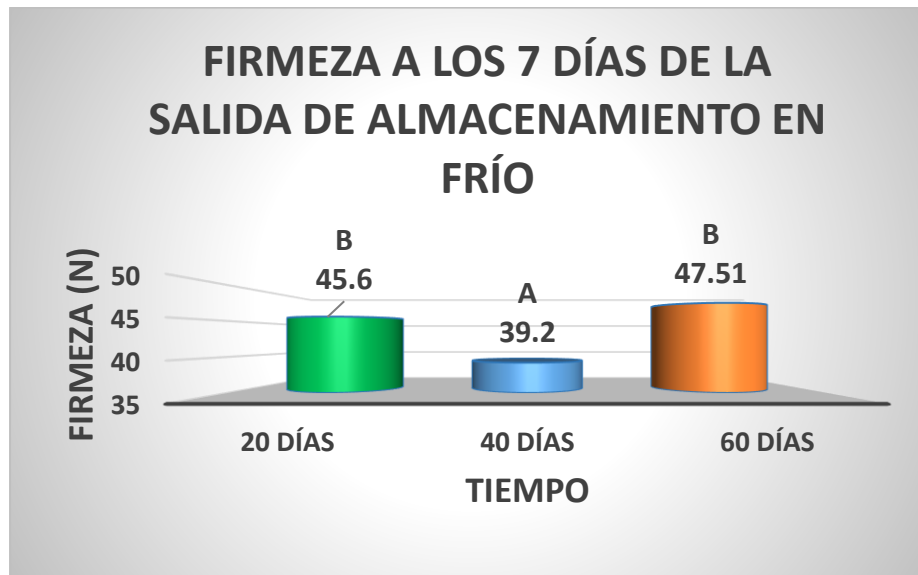


Gráfico7: Promedios de la firmeza por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.

El gráfico 8 muestra el comportamiento de la firmeza en los frutos de manzana ‘Anna’ a los siete días después de la salida de almacenaje en frío, en relación con la dosis de cloruro de calcio aplicado. Al realizarse la prueba de Tukey

correspondiente (anexo 11) se observó que la firmeza aumento conforme la dosis de cloruro de calcio fue mayor, se observaron que las manzanas con la dosis de 2% de CaCl_2 reportaron la mayor firmeza (46.36 N), las manzanas con la dosis de 0% de CaCl_2 (43.57 N) presentó similitud estadística con el anterior, mientras que la dosis de 4% de CaCl_2 (42.37 N) presentó la menor firmeza, pero estadísticamente es similar a las manzanas con la dosis de 0% de CaCl_2 .

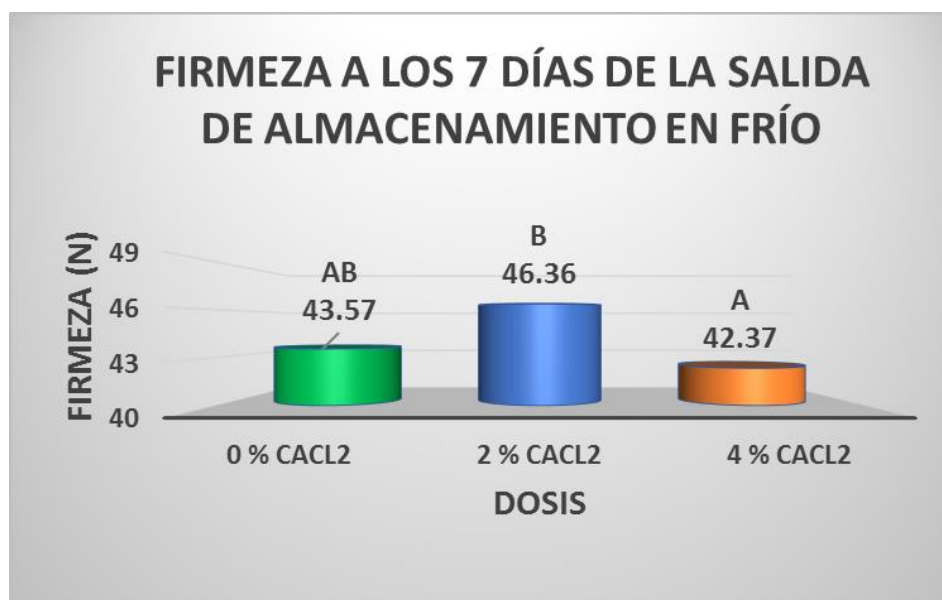


Gráfico 8: Promedios de la firmeza por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de 'Anna' a los siete días de la salida del almacenamiento en frío.

La contribución relativa de cada proceso fisiológico en el ablandamiento de la fruta no está clara, y probablemente dependa de la especie, aunque los cambios en la composición de la pared celular, especialmente la resistencia mecánica de la pared celular y la adhesión célula a célula, se han considerado como los factores más importantes (Lasbrook, 2005; Brummell, 2006; Goulao y Oliveira, 2008).

La retención de la firmeza en frutas tratadas con calcio podría deberse a su acumulación en las paredes celulares que facilita la reticulación de los polímeros pécticos, lo que aumenta la resistencia de la pared y la cohesión celular (White y Broadley, 2003). Este resultado estuvo de acuerdo con el informe de Benavides et al. (2002) que sugirió la aplicación poscosecha de cloruro de calcio, disminuyendo el ablandamiento y mantuvo la firmeza durante el almacenamiento. Estos resultados están de acuerdo con los obtenidos por Casero et al. (2004) Informaron

que las frutas sumergidas en solución de Ca a diferentes concentraciones aumentaban los porcentajes de firmeza de la manzana.

Además, estos resultados coinciden con lo mostrado por Shirzadeh et al., 2011, que mencionaron que la inmersión de la manzana en 2 y 4% (p/v) de Ca fue efectiva en firmeza durante 5 meses más que los otros tratamientos durante el almacenamiento. Los resultados indican que la firmeza máxima se registró en el 2% (p/v) de Ca en comparación con el control, mientras que la firmeza mínima se registró en el control durante 5 meses.

Por último, el infiltrado de la fruta con agua tuvo la misma firmeza que la fruta de control. La fruta infiltrada con CaCl_2 al 2% o CaCl_2 al 4% fue ligeramente más firme que el control, según los datos mostrados por William S. Conway (1994).

4.1.3 Color

a. A la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto a la variable color en el fruto de la manzana 'Anna', a la salida del almacenamiento en frío presentaron en la prueba de Kruskal Wallis (anexo 12) diferencias significativas entre los tratamientos.

Se observó, que los frutos con 0% CaCl_2 presentaron diferencias estadísticas a los 40 días de almacenamiento en frío obtuvo el menor puntaje (1.44), para los 20 días de almacenamiento en frío tuvo una similitud estadística al anterior mencionado (1.78) y para los 60 días de almacenamiento en frío obtuvo el mayor puntaje y es estadísticamente diferente a los otros tiempos de almacenamiento (3.0).

Por otra parte, se observó para la dosis de 2% CaCl_2 a los 20, 40, 60 días de almacenamiento en frío que tuvieron de menor a mayores puntos de apreciación gustativa (1.56, 2.0 y 2.22 respectivamente), sin embargo, no hubo diferencia estadística entre ellos.

Además, se observó para la dosis de 4% CaCl₂ a los 20 días de almacenamiento obtuvo el menor puntaje (1.0), para los 40 días de almacenamiento en frío tuvo una similitud estadística al anterior mencionado (1.67) y para los 60 días de almacenamiento en frío obtuvo el mayor puntaje y es estadísticamente similar al anterior mencionado (2.67).

Por último, no hubo diferencia estadística entre las dosis de CaCl₂ aplicado para cada tiempo de almacenamiento en frío.

En el gráfico 9 se muestran los datos, así como el comportamiento presentado por el color de los frutos a la salida de almacenamiento en frío por efecto de los tratamientos.



Gráfico 9: Promedios del rango de color por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de 'Anna' a la salida del almacenamiento en frío.

b. A los siete después de la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto al color en el fruto de la manzana 'Anna', a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío se analizaron con la prueba de Kruskal Wallis (anexo 13), dando como resultado ninguna diferencia significativa entre los tratamientos.

En el gráfico 10 se muestran los datos, así como el comportamiento presentado por el color de los frutos a los siete días después de la salida de almacenamiento en frío por efecto de los tratamientos.



Gráfico 10: Promedios del rango de color por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de 'Anna' a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.

La mayoría de las frutas experimentan cambios de color como parte del proceso de maduración. El color de la fruta inmadura es generalmente verde (el llamado color de fondo) y en muchos tipos de frutas, el color verde se vuelve más claro durante la maduración debido a la descomposición de la clorofila, por ejemplo, en manzanas, peras, uvas y papaya. Estos cambios de color afectan tanto a los tejidos de cáscara como a los de pulpa, y en muchos casos el color de la fruta es un indicador fuerte de la calidad de la ingesta y la vida útil, por ejemplo, tomates, ciruelas, cerezas dulces y plátanos (Gonçalves et al., 2007).

Los tratamientos de aplicación foliar antes de la cosecha de manzanas, caqui y lichi condujeron a un aumento del color rojizo de la piel en el momento de la cosecha, con una correlación positiva entre el valor del color y la concentración de calcio en la piel (Kadir, 2004; Besada et al., 2008; Cronje et al., 2009). Sin embargo, en melocotones y nectarinas no se encontraron diferencias en los parámetros de color en el momento de la cosecha entre frutos de control y árboles tratados con calcio, aunque la evolución de este parámetro de color durante el almacenamiento poscosecha se retrasó en frutos tratados con respecto a los no

tratados, que muestra un retraso en el proceso de maduración poscosecha en las frutas de árboles tratados con calcio. En consecuencia, la evolución del color característico de la papaya (Mahmud et al., 2008) y los frutos de mango (Suntharalingam, 1996) se retrasó en las frutas infiltradas poscosecha con soluciones de calcio.

Al no haber diferencias del cambio de color por efecto de las dosis de cloruro de calcio aplicado, puede deberse al tiempo de almacenamiento, posiblemente podría mostrar sus diferencias en un tiempo mayor de almacenamiento.

4.1.4 Apreciación gustativa

a. A la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto a la apreciación gustativa en el fruto de la manzana 'Anna', a la salida del almacenamiento en frío presentaron en la prueba de Kruskal Wallis (anexo 14) diferencias significativas entre los tratamientos.

Se observó, a para la dosis de 0% CaCl_2 a los 20 días de almacenamiento en frío fue estadísticamente diferente y obtuvo el mayor puntaje (5.5), para los 40 y 60 días de almacenamiento en frío en la misma dosis mencionada anteriormente, no hubo diferencia significativa entre ellos (4.4 y 4.2 respectivamente).

Además, se observó para la dosis de 2% CaCl_2 a los 20 días de almacenamiento en frío fue estadísticamente diferente y obtuvo el mayor puntaje (5.6), para los 40 días de almacenamiento en frío tuvo una similitud estadística al anterior mencionado (5.4) y para los 60 días de almacenamiento en frío obtuvo el menor puntaje y es estadísticamente diferente a los otros tiempos de (4.3).

Por otra parte, se observó para la dosis de 4% CaCl_2 a los 20, 40, 60 días de almacenamiento en frío que tuvieron de mayor a menor puntos de apreciación gustativa (5.4, 5.1 y 4.5 respectivamente), sin embargo, no hubo diferente estadística entre ellos.

Por último, no hubo diferencia estadística entre las dosis de CaCl_2 aplicado para cada tiempo de almacenamiento en frío.

En el gráfico 11 se muestran los datos, así como el comportamiento presentado por la apreciación gustativa de los frutos a la salida de almacenamiento en frío por efecto de los tratamientos.

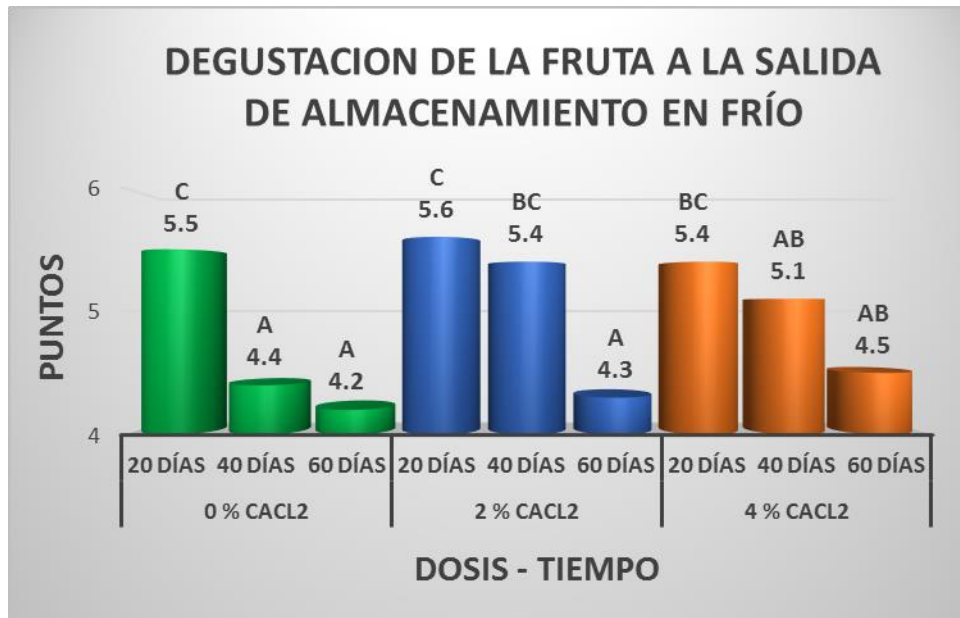


Gráfico 11: Promedios de los rangos por degustación por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de 'Anna' a la salida del almacenamiento en frío.

- b. A los siete después de la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto a la apreciación gustativa en el fruto de la manzana 'Anna', evaluado a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío presentaron en la prueba de Kruskal Wallis (anexo 15) diferencias significativas entre los tratamientos.

Se observó, para la dosis de 0% CaCl_2 a los 20 días de almacenamiento en frío fue estadísticamente diferente y obtuvo el mayor puntaje (5.2), para los 40 días de almacenamiento en frío tuvo una similitud estadística al anterior mencionado (4.5) y para los 60 días de almacenamiento en frío obtuvo el menor puntaje y es estadísticamente diferente a los otros tiempos de almacenamiento (2.8).

Se observó para la dosis de 2% CaCl₂ a los 20 días de almacenamiento en frío fue estadísticamente diferente y obtuvo el mayor puntaje (5.1), para los 40 días de almacenamiento en frío tuvo una similitud estadística al anterior mencionado (4.9) y para los 60 días de almacenamiento en frío obtuvo el menor puntaje y es estadísticamente diferente a los otros tiempos de almacenamiento (3.6).

Además, se observó para la dosis de 4% CaCl₂ a los 20 días de almacenamiento en frío fue estadísticamente diferente y obtuvo el mayor puntaje (5.3), para los 40 días de almacenamiento en frío tuvo una similitud estadística al anterior mencionado (4.7) y para los 60 días de almacenamiento en frío obtuvo el menor puntaje y es estadísticamente diferente a los otros tiempos (2.9).

Por último, no hubo diferencia estadística entre las dosis de CaCl₂ aplicado para cada tiempo de almacenamiento en frío.

En el gráfico 12 se muestran los datos, así como el comportamiento presentado por la apreciación gustativa de los frutos a los siete días después de la salida de almacenamiento en frío por efecto de los tratamientos.



Gráfico 12: Promedios de los rangos por degustación por efecto de la dosis de Cloruro de Calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.

Para relacionar la contribución de los compuestos volátiles al aroma y sabor de la fruta, se requiere un análisis olfativo humano, ya que los humanos pueden oler compuestos volátiles a niveles de ppb o inferiores (Goff y Klee, 2006).

Por consiguiente, los volátiles en la manzana también aumentan durante la maduración y el perfil del aroma cambia de una abundancia de volátiles de aldehído a un perfil dominado por ésteres. Por lo tanto, en estas frutas los ésteres de etilo, butilo y hexilo de los ácidos acético, butanoico y hexanoico a menudo son los contribuyentes más importantes a sus sabores en la etapa madura. Específicamente, tres ésteres -acetato de butilo, acetato de 2-metilbutilo y acetato de hexilo- se consideran los principales contribuyentes al aroma y sabor característicos a manzana en la mayoría de los cultivares, aunque el número total y la concentración de compuestos volátiles son específicos del cultivar (Dixon y Hewett, 2000; Villatoro et al., 2008).

Los compuestos responsables del sabor generalmente no son volátiles a temperatura ambiente. Por lo tanto, solo interactúan con los receptores del gusto localizados en las papilas gustativas de la lengua. Las cuatro percepciones básicas de sabor son agrias, dulces, amargas y saladas. El sabor es un atributo de fruta también considerado como un indicador de calidad y no puede separarse de otras características del producto. En la mayoría de los casos, los consumidores desconocen el sabor de las frutas frescas, probablemente debido a un atributo interno que no puede determinarse por la medición del sabor no destructivo, así como a la gran variación entre los frutos cosechados al mismo tiempo. (Valero, 2003).

El análisis sensorial mediante un panel de consumidores indicó puntuaciones de aceptación más altas para las frutas tratadas con calcio en comparación a las que no fueron tratadas (Ortiz et al., 2009). Por lo tanto, los tratamientos de calcio poscosecha tienen el potencial de mejorar la calidad del aroma de la manzana almacenada en frío.

4.2 VARIABLES QUIMICAS

4.2.1 Porcentaje de sólidos solubles

- a. A la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto al porcentaje de sólidos solubles en el fruto de manzana ‘Anna’, a la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 16), diferencias significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento, sin embargo, no presentó diferencias significativas por el efecto de la dosis de cloruro de calcio ni por la interacción de ambos.

El gráfico 13 muestra el comportamiento del porcentaje de sólidos solubles (brix) en los frutos de manzana ‘Anna’ en relación con el tiempo a la salida de almacenamiento en frío. Al realizarse la prueba de Tukey correspondiente (anexo 17) se observó que los sólidos solubles tuvieron una disminución a partir de los 40 días de almacenamiento (12.29%) siendo diferente estadísticamente con el periodo de 60 días (11.67), y manteniendo una similitud con el periodo de 20 días de almacenamiento (12.19%).

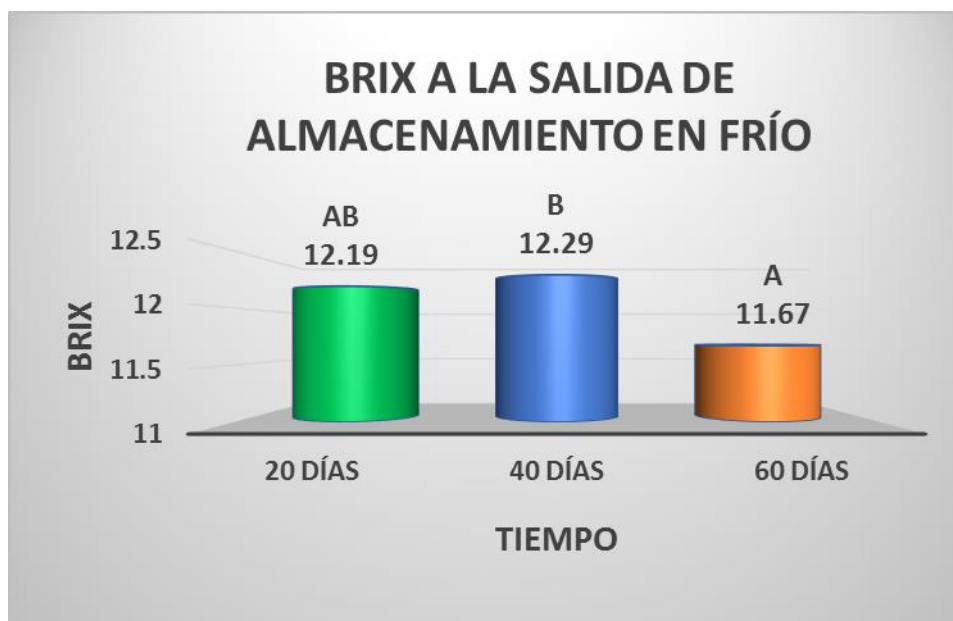


Gráfico 13: Promedios de los grados BRUX por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío

El gráfico 14 muestra el comportamiento de los sólidos solubles en los frutos de manzana ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío, en relación con la dosis de cloruro de calcio aplicado, observándose que no presentó diferencias estadísticas para el factor de estudio (anexo 16).

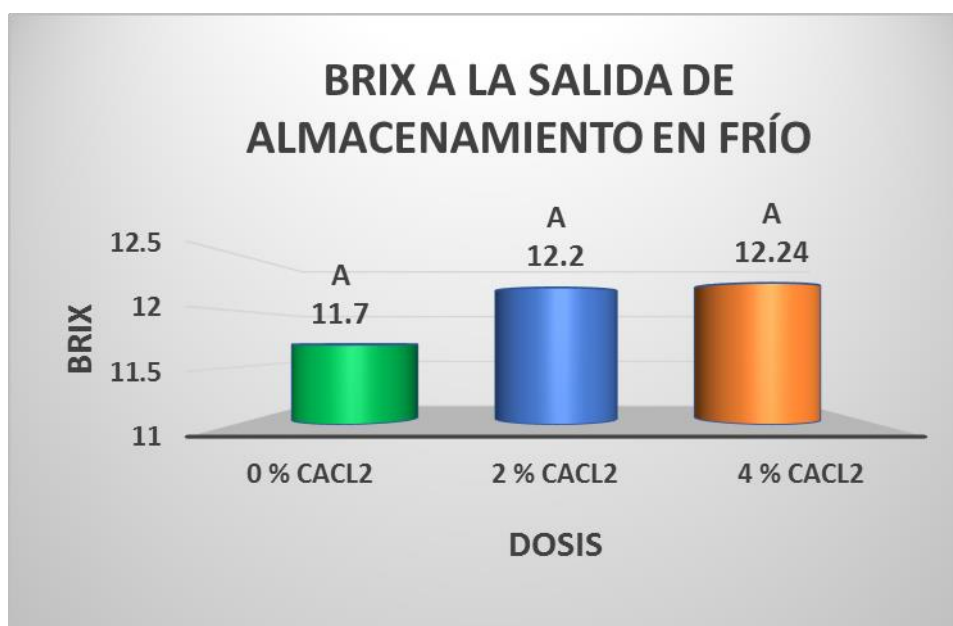


Gráfico 14: Promedios de los grados BRIX por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío

b. A los siete después de la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto al porcentaje de sólidos solubles en el fruto de manzana ‘Anna’, a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 18), diferencias significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento y por el efecto de la dosis de cloruro de calcio, pero no por la interacción de ambos.

El gráfico 15 muestra el comportamiento del porcentaje de sólidos solubles (brix) en los frutos de manzana ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío en relación con el tiempo. Al realizarse la prueba de Tukey correspondiente (anexo 19) se observó que las manzanas tuvieron una reducción de sólidos solubles a medida que aumentaba los días de almacenamiento, siendo el periodo de 20 y 40 días similar estadísticamente (11.91 % y 11.89%) siendo mayor al periodo de 60 días (11.53%).



Gráfico 15: Promedios de los grados BRIX por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío

El gráfico 16 muestra el comportamiento del porcentaje de sólidos solubles (brix) en los frutos de manzana ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío en relación con la dosis de cloruro de calcio aplicado. Al realizarse la prueba de Tukey correspondiente (anexo 20) se observó que las manzanas tuvieron una reducción de sólidos solubles a medida que aumentaba las dosis de cloruro de calcio, siendo el periodo de 20 y 40 días similar estadísticamente (11.88 % y 11.9%), siendo mayor al periodo de 60 días (11.56%).

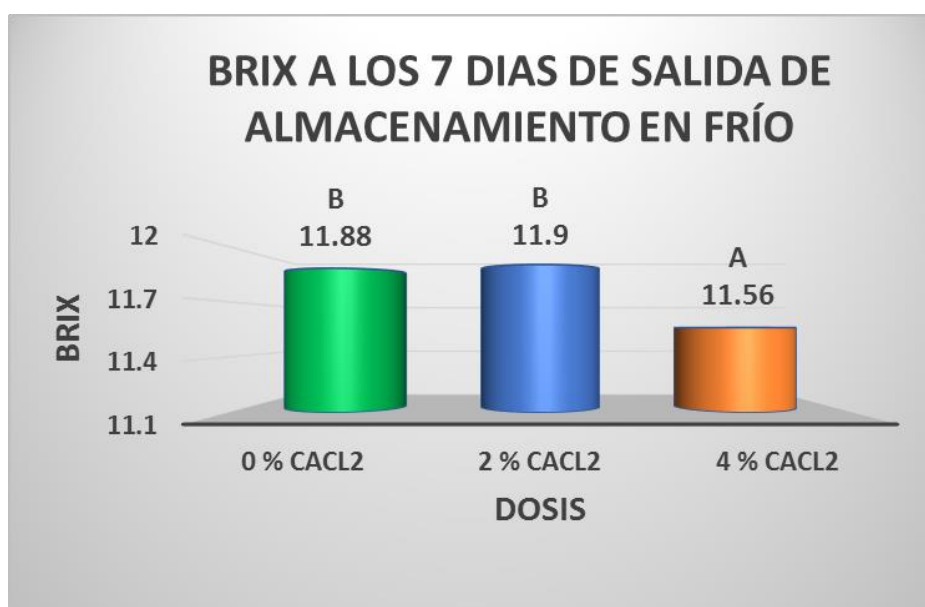


Gráfico 16: Promedios de los grados BRIX por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío

Los grados brix miden la cantidad de sólidos solubles presentes en un jugo, los cuales están compuestos por los azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua presentes en los jugos de las células de una fruta (Bosques, 1992).

Se han obtenido resultados diferentes y algo contradictorios. Por lo tanto, la pulverización foliar de granado con 2 o 4% de cloruro de calcio aumentó el TSS total en los arilos en el momento de la cosecha (Ramezani et al., 2009). Por el contrario, TSS fue menor en el tomate de las plantas tratadas con calcio (Dong et al., 2004; Fanasca et al., 2006). Sin embargo, la concentración de TSS en la cosecha en melocotones y nectarinas no se vieron afectadas por los aerosoles foliares de las soluciones de calcio antes de la cosecha, y se encontraron índices de maduración similares en las frutas de árboles de control y tratados. Sin embargo, su evolución durante el almacenamiento poscosecha estuvo influenciada por los aerosoles de calcio antes de la cosecha, lo que condujo a un menor valor del índice de maduración después de 3 semanas de almacenamiento en frío en frutos de árboles tratados que en los de control. Además, el aumento de TSS se retrasó por los tratamientos de calcio de infiltración poscosecha en papaya, debido a cambios más lentos de carbohidratos a azúcares, así como la disminución de AT en papaya y fresa, al reducir las reacciones enzimáticas de la respiración (Lara et al., 2004; Mahmud et al., 2008), mostrando un retraso en el proceso de maduración en estas frutas tratadas.

Según los resultados de Wang Y., (2004), los tratamientos con cloruro de calcio no afectaron en el cambio de TSS en las manzanas tratadas.

Por lo cual se puede deducir que el calcio no afectó en la disminución del nivel del total de sólidos solubles de las manzanas.

4.2.2 Porcentaje de acidez titulable

- a. A la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto al porcentaje de acidez titulable en los frutos de la manzana 'Anna', a la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 21), diferencias significativas por el efecto del tiempo de

almacenamiento, sin embargo, no fue significativa por el efecto de la dosis de cloruro de calcio ni por la interacción.

En gráfico 17 muestra el comportamiento del porcentaje de acidez titulable en los frutos de manzana ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío en relación con el tiempo. Al realizarse la prueba de Tukey correspondiente (anexo 22) se observó que las manzanas tuvieron una reducción de porcentaje de acidez titulable a medida que aumentaba los días de almacenamiento, siendo el periodo de 20 y 40 días similar estadísticamente (0.43 % y 0.38%), siendo mayor al periodo de 60 días (0.2%).

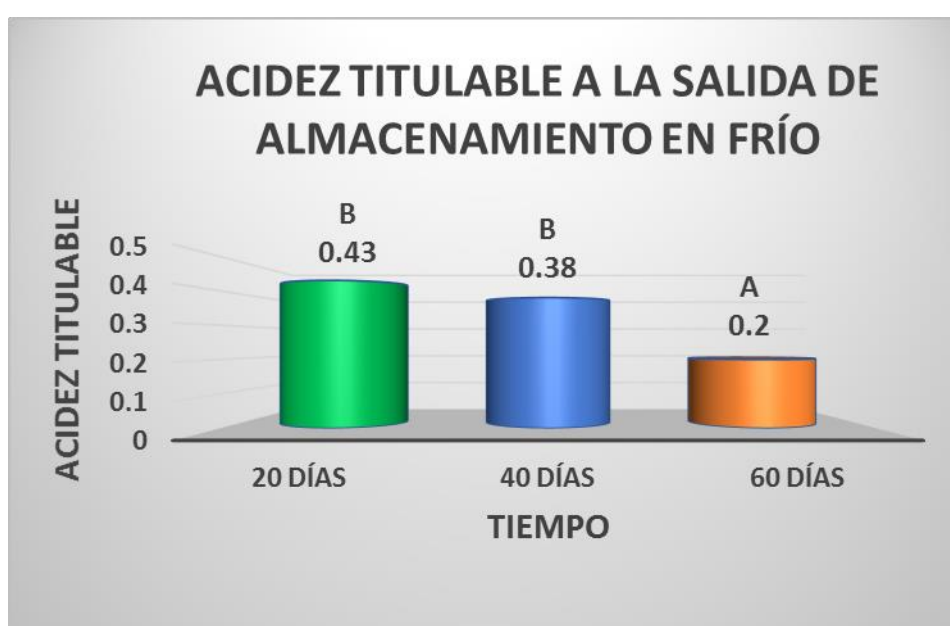


Gráfico 17: Promedios de la acidez titulable por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío

El gráfico 18 muestra el comportamiento del porcentaje de acidez titulable en los frutos de manzana ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío en relación con la dosis de cloruro de calcio aplicado, observándose que no presentó diferencias estadísticas para el factor de estudio (anexo 21).

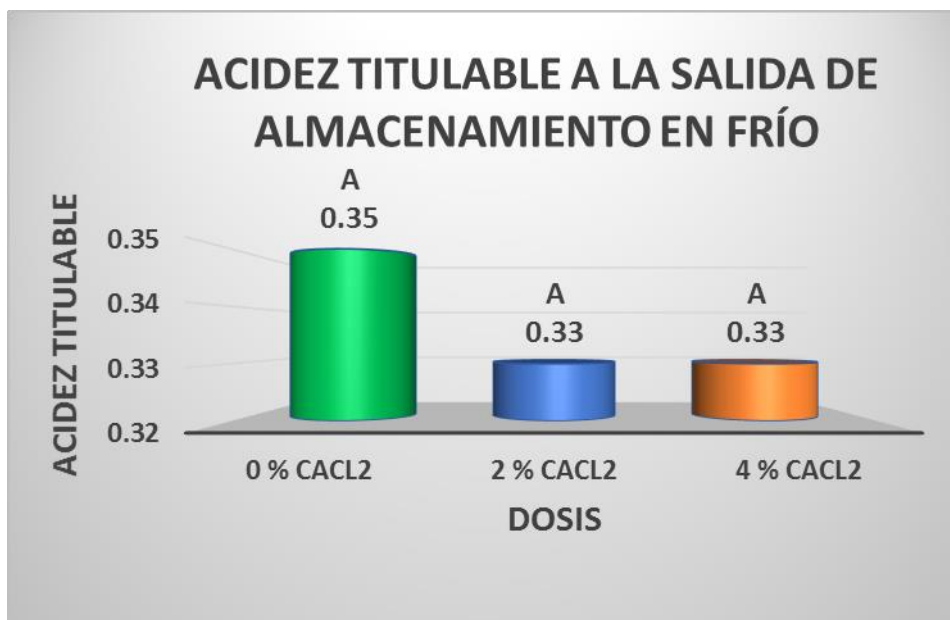


Gráfico 18: Promedios de la acidez titulable por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío

b. A los siete después de la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto al porcentaje de acidez titulable en los frutos de la manzana ‘Anna’, a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 23), diferencias significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento en frío y por el efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado, pero no presentó por la interacción de ambos.

En la prueba de Tukey (anexo 24), correspondiente al efecto del tiempo a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío en la determinación del porcentaje de acidez titulable, se observó que las manzanas a los 20 días de almacenamiento en frío reportó el mayor valor de porcentaje de acidez titulable (0.33%), mientras que las manzanas a los 40 días de almacenamiento en frío mostraron un valor estadístico diferente (0.16%), pero similar estadísticamente con las manzanas a los 60 días de almacenamiento en frío (0.14 %).

En el gráfico n°19 se muestra los datos, así como el comportamiento presentado por el porcentaje de acidez titulable de los frutos a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío por efecto del tiempo de almacenamiento en frío.

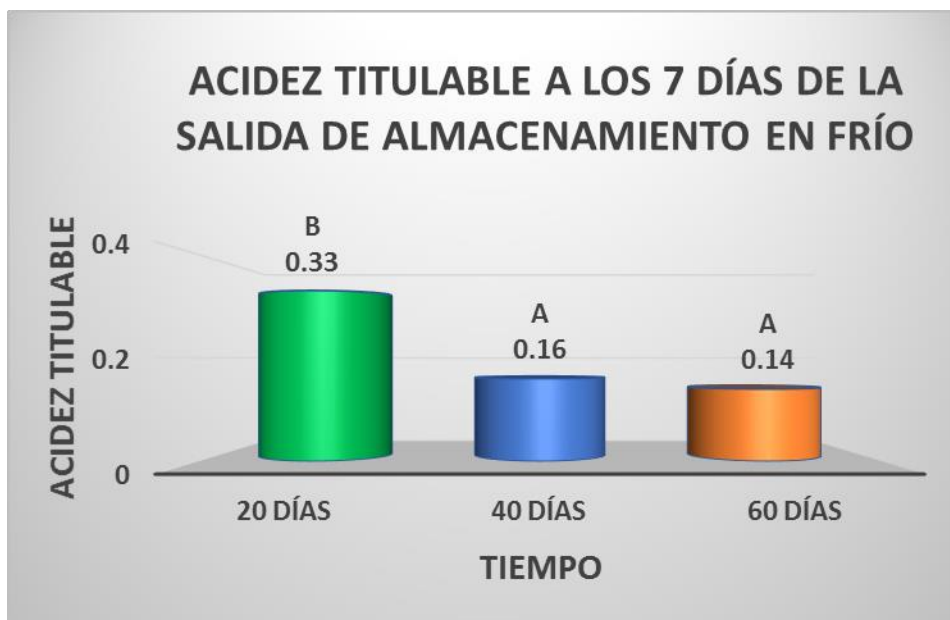


Gráfico 19: Promedios del porcentaje de acidez titulable por efecto del tiempo en los frutos de 'Anna' a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.

Cuando se realizó la prueba de Tukey (anexo 25) para el efecto del factor dosis de CaCl_2 aplicado, correspondiente a la evaluación a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío, respecto al porcentaje de acidez titulable en el fruto de manzana 'Anna'. Se observó que las manzanas con la dosis de 0% de CaCl_2 reportó el mayor porcentaje de acidez titulable (0.22%), seguido por la dosis de 2% de CaCl_2 (0.21%) que presentó una similitud estadística con el anterior mencionado y al mismo tiempo presenta una similitud estadística con las manzanas con la dosis de 4% de CaCl_2 aplicado (0.19%) que presentó el menor porcentaje de acidez titulable.

En el gráfico n°20 se muestran los datos, así como el comportamiento presentado por el porcentaje de acidez titulable de los frutos a los siete días de la salida de almacenamiento en frío por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado.

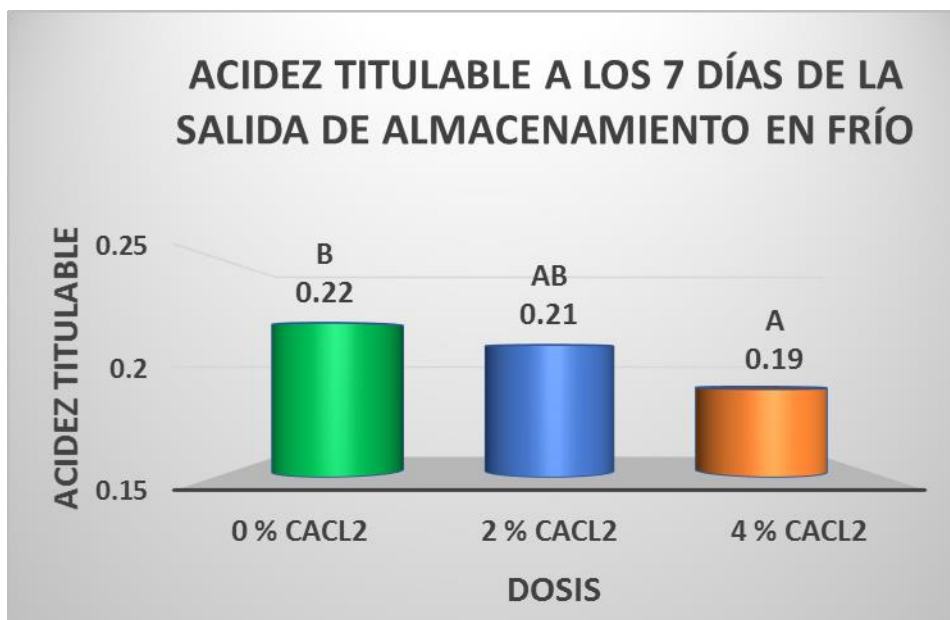


Gráfico 20: Promedios del porcentaje de acidez titulable por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.

Según Bosques (1992) cabe destacar que la mayoría de las frutas son particularmente ricos en ácidos orgánicos que están usualmente disueltos en la vacuola de la célula, ya sea en forma libre o combinada como sales, esteres, glucósidos, etc. Para reportar la acidez se considera el ácido orgánico más abundante en fruta y hortaliza.

Además, Lamúa (2000) menciona que en general, las bajas temperaturas reducen el incremento o descenso de los ácidos orgánicos dependiendo de las características metabólicas de la especie y que en especies de clima tropical y subtropical la acumulación de ácidos orgánicos (málico, cítrico) se reducen al descender la temperatura. Esta investigación concuerda solo hasta los 30 días del período de almacenaje puesto que luego se observó un decaimiento. En cambio, Arévalo et al. (1994); Bittencourt et al. (2003) y Mohammed (1993) reportaron una tendencia a decrecer en el porcentaje de acidez titulable a medida que aumentaba el tiempo de almacenaje.

El ácido málico es el principal ácido orgánico de las frutas pertenecientes a la familia de las rosáceas, tanto para los géneros *Prunus* (ciruela, albaricoque,

melocotón, nectarina, cereza dulce) como *Malus* (manzana, pera) (Serrano et al., 2005a; Díaz-Mula et al., 2009a).

La acidez titulable está directamente relacionada con la concentración de ácidos orgánicos presentes en la fruta, que son un parámetro importante para mantener la calidad de las frutas. Manganaris et al. (2005) informaron que los descensos de cloruro de calcio poscosecha no afectaron la acidez titulable en los melocotones durante el almacenamiento.

Finalmente, el descenso del porcentaje de acidez titulable fue casi la mitad desde los 20 días de almacenamiento en frío, hasta los 60 días de almacenamiento en frío, debido a que la fruta consume los ácidos orgánicos para poder realizar sus actividades fisiológicas.

4.2.3 Índice de madurez

a. A la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto al índice de madurez en los frutos de la manzana 'Anna', a la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 26), diferencias significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento, sin embargo, no fue significativa por el efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado ni por la interacción entre ambos.

En la prueba de Tukey (anexo 27), correspondiente al efecto del tiempo de almacenamiento en frío en la determinación del índice de madurez, se observó que las manzanas a los 60 días de almacenamiento en frío reportó el mayor valor de porcentaje de índice de madurez (59.76%), mientras que las manzanas a los 40 días de almacenamiento en frío mostraron un valor estadístico diferente al anterior (32.51%), y por último, las manzanas a los 20 días de almacenamiento en frío reportó el menor valor de porcentaje de acidez titulable (28.51%) y fue estadísticamente similar al anterior.

En los gráficos n°21 y 22 se muestra los datos, así como el comportamiento presentado por el índice de madurez de los frutos a la salida de almacenamiento

en frío por efecto del tiempo de almacenamiento en frío y por la dosis de cloruro de calcio aplicado respectivamente.

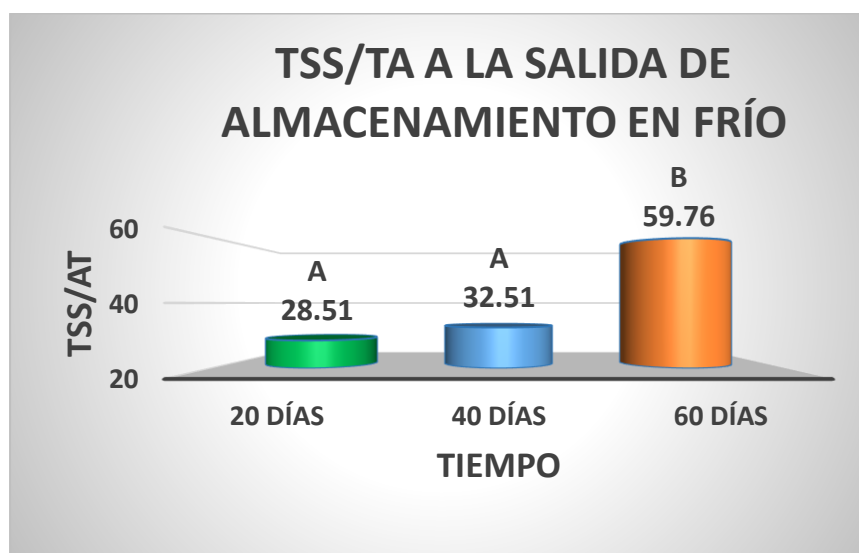


Gráfico 21: Promedios del índice de madurez por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío

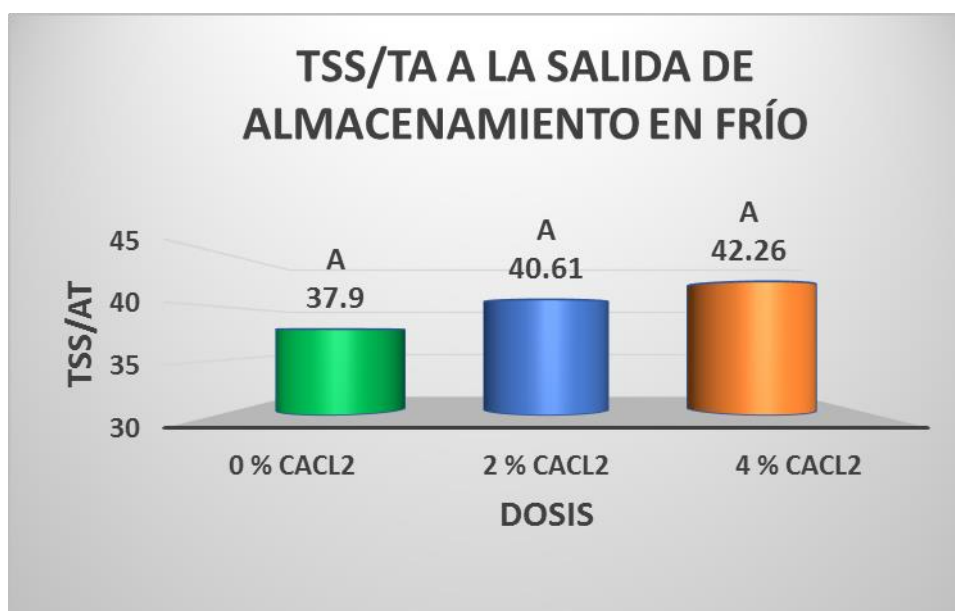


Gráfico 22: Promedios del índice de madurez por efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío

b. A los siete después de la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto al índice de madurez en los frutos de la manzana ‘Anna’, a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío

presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 28), diferencias significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento en frío, sin embargo, no fue significativa por el efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado ni por la interacción entre la dosis de cloruro de calcio aplicado y en tiempo de almacenamiento en frío.

En la prueba de Tukey (anexo 29), correspondiente al efecto del tiempo a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío en la determinación del índice de madurez, se observó que las manzanas a los 60 días de almacenamiento en frío reportó el mayor valor de porcentaje de índice de madurez (84.22), mientras que las manzanas a los 40 días de almacenamiento en frío mostraron un valor estadístico diferente (74.81), y las manzanas a los 20 días de almacenamiento en frío reportó el menor valor obtenido de índice de madurez (36.82), los tres tiempos fueron diferentes estadísticamente entre ellos.

En los gráficos n°23 y 24 se muestra los datos, así como el comportamiento presentado por el índice de madurez de los frutos a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío por efecto del tiempo de almacenamiento en frío por la dosis de cloruro de calcio aplicado respectivamente.

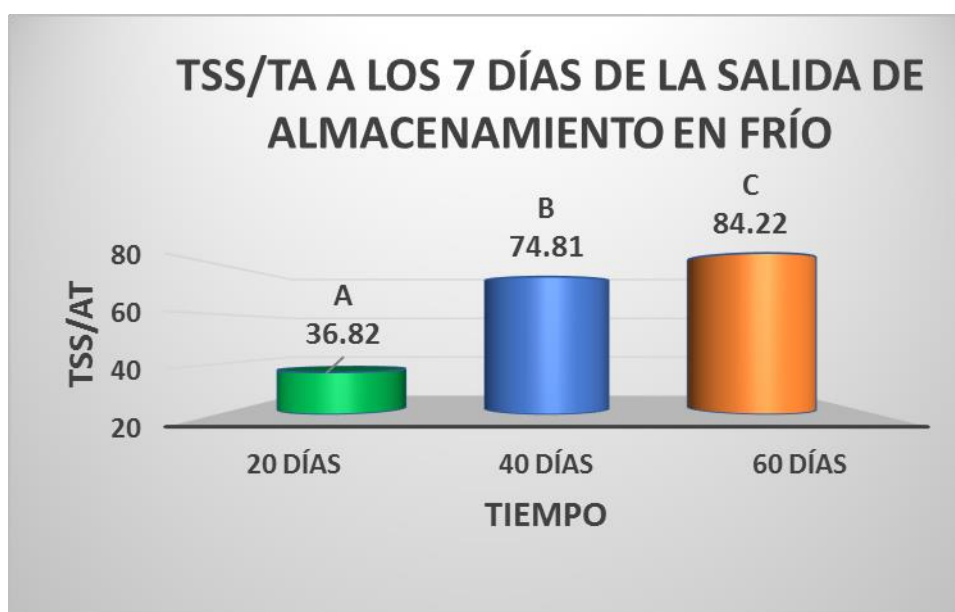


Gráfico 23: Promedios del índice de madurez por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío

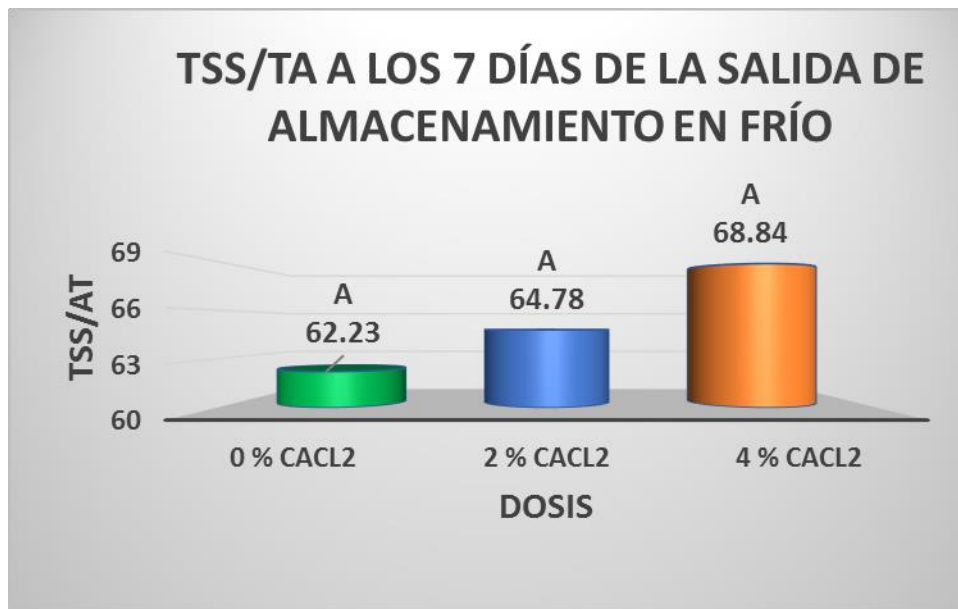


Gráfico 24: Promedios del índice de madurez por efecto del tiempo en los frutos de ‘Anna’ a la salida del almacenamiento en frío

Para fines prácticos y como índice de maduración de la fruta, se usa la relación entre sólidos solubles y acidez (TSS/TA) en lugar del contenido de azúcares solubles solo, ya que está relacionado con la apreciación general del consumidor. Las proporciones de ácidos individuales también son importantes, ya que el ácido cítrico enmascara la percepción de sacarosa y fructosa, mientras que el ácido málico aumenta la percepción de sacarosa (Lobit et al., 2003).

Elham Shizardeh et al., 2011 nos dice que la relación TSS / TA aumentó con aumentar el tiempo de almacenamiento, pero las frutas sumergidas en solución de Ca a diferentes concentraciones impidieron aumentar la relación TSS / TA en comparación con el control. El fruto de cloruro de calcio (2 y 4%) tenía valores de TSS / TA más bajos que el control.

Al no haber una influencia del calcio para la variable de total de sólidos solubles y acidez titulable, no una influencia para el índice de madurez.

4.2.4 Contenido de calcio

- a. A la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto a la cantidad de calcio (ppm) en los frutos de la manzana 'Anna', a la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 30), diferencias altamente significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento en frío, por el efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado y por la interacción de los dos factores mencionados.

Al llevarse a cabo el ANVA de la interacción dosis de CaCl_2 - tiempo de almacenamiento en frío (anexo 31) se obtuvieron diferencias significativas por efecto de la dosis de CaCl_2 con los diferentes tiempos de almacenamiento. Asimismo, se obtuvieron diferencias significativas por efecto de los tiempos de almacenamiento en frío en función a las dosis de cloruro de calcio al 0%, 2%, 4%. Esto nos indica que el comportamiento de la variable contenido de calcio en el fruto de manzana 'Anna' está influenciada tanto por el factor tiempo de almacenamiento en frío como por el factor dosis de cloruro de calcio.

Se realizó la prueba de Tukey para observar los efectos simples de la dosis de cloruro de calcio aplicado sobre los diferentes tiempos de almacenamiento en frío.

El efecto de la dosis de CaCl_2 al 0% en los diferentes tiempos de almacenamiento en frío sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 35), nos indica que el tratamiento de 60 días de almacenamiento en frío fue el de mayor promedio de calcio en fruto (14.3 ppm), similar estadísticamente al tiempo de 20 días (12.7 ppm), y este a su vez es similar estadísticamente al tratamiento con el periodo de 40 días (12.07 ppm).

El efecto de la dosis de CaCl_2 al 2% en los diferentes tiempos de almacenamiento en frío sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 36), nos indica que el tratamiento de 60 días de almacenamiento en frío fue el de mayor promedio de calcio en fruto (16.1 ppm), el tratamiento de 20 días y 40 días fueron similar estadísticamente (14.07 ppm y 15.53 ppm respectivamente), y este último fue el menor promedio de calcio en fruto alcanzado.

Por último, el efecto de la dosis CaCl_2 al 4% d en los diferentes tiempos de almacenamiento en frío sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 37), nos indica que el tratamiento de 40 días de almacenamiento en frío fue el de mayor promedio de calcio en fruto (14.77 ppm), el tratamiento de 60 días y 20 días fueron similar estadísticamente con el primero (14.67 ppm y 13.53 ppm respectivamente), y este último fue el menor promedio de calcio en fruto alcanzado.

En el gráfico 25 se muestran los datos, así como el comportamiento para el contenido de calcio en fruta aplicado interactuando con los diferentes tiempos de almacenamiento.

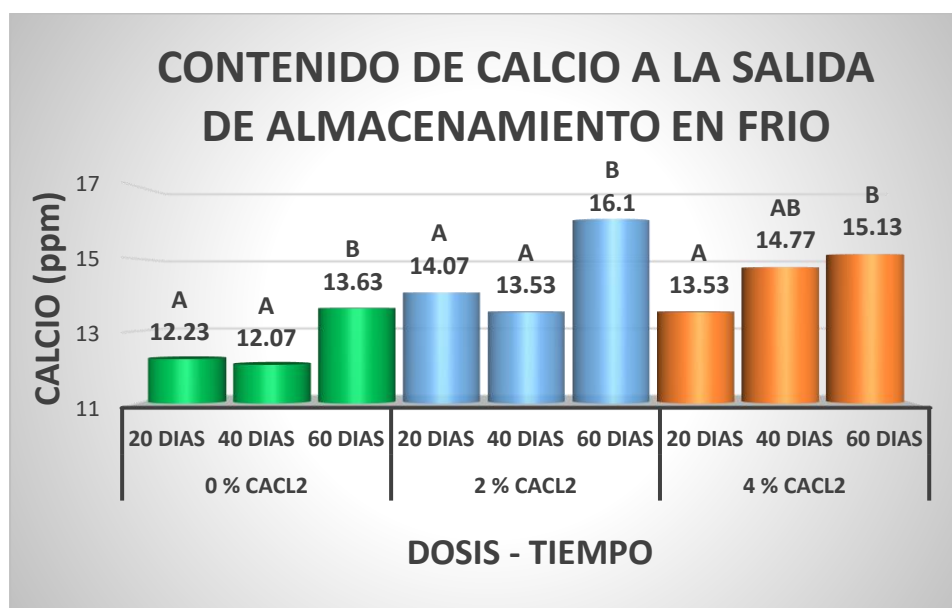


Gráfico 25: Promedios de cantidad de calcio en los frutos 'Anna', por efecto de las dosis de cloruro de calcio aplicado con los diferentes tiempos de almacenamiento

Se realizó la prueba de Tukey para observar los efectos simples de los diferentes tiempos de almacenamiento en frío sobre la dosis de cloruro de calcio aplicado

El efecto del tiempo de 20 días de almacenamiento en frío en las diferentes dosis de CaCl_2 sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 32), nos indica que el tratamiento de 2% CaCl_2 fue el de mayor promedio de calcio en fruto (14.07 ppm), similar estadísticamente tratamiento de 4% CaCl_2 (13.53 ppm), y este a su

vez es similar estadísticamente al tratamiento con el tratamiento de 0% CaCl₂ (12.7 ppm).

El efecto del tiempo de 40 días de almacenamiento en frío en las diferentes dosis de CaCl₂ sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 33), nos indica que el tratamiento de 4% CaCl₂ fue el de mayor promedio de calcio en fruto (14.77 ppm), el tratamiento de 2% CaCl₂ fue similar estadísticamente con el anterior (13.53 ppm), y el tratamiento con de 0% CaCl₂ fue el de menor promedio de calcio en fruto alcanzado (12.07 ppm).

Por último, el efecto del tiempo de 60 días de almacenamiento en frío en las diferentes dosis de CaCl₂ sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 34), nos indica que el tratamiento de 2% CaCl₂ fue el de mayor promedio de calcio en fruto (16.1 ppm), el tratamiento de 4% CaCl₂ fue similar estadísticamente con el anterior (14.67 ppm), y el tratamiento con de 0% CaCl₂ fue el de menor promedio de calcio en fruto alcanzado y similar estadísticamente con el anterior (14.3 ppm).

En el gráfico n°26 se muestran los datos de cantidad de calcio, así como el comportamiento del tiempo de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio.



Gráfico 26: Promedios de la cantidad de calcio en los frutos ‘Anna’, por efecto de los tiempos de almacenamiento interactuando con los diferentes tipos de dosis de cloruro de calcio.

b. A los siete después de la salida del almacenamiento en frío

Los datos obtenidos respecto a la cantidad de calcio (ppm) en los frutos de la manzana ‘Anna’, a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío presentaron en el ANVA correspondiente (anexo 38), diferencias altamente significativas por el efecto del tiempo de almacenamiento en frío, por el efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicado y por la interacción de los dos factores mencionados.

Al llevarse a cabo el ANVA de la interacción dosis de CaCl_2 – tiempo de almacenamiento en frío, a los siete días después de la salida (anexo 39), sobre el contenido de calcio en la fruta, se obtuvieron diferencias significativas por efecto de la dosis de CaCl_2 con los diferentes tiempos de almacenamiento. Asimismo, se obtuvieron diferencias significativas por efecto de los tiempos de almacenamiento en función a las dosis de cloruro de calcio al 0%, 2%, 4%. Esto nos indica que el comportamiento de la variable contenido de calcio en el fruto de manzana ‘Anna’ está influenciada tanto por el factor tiempo de almacenamiento en frío como por el factor dosis de cloruro de calcio, siendo más significativo por el factor tiempo.

Se realizó la prueba de Tukey para observar los efectos simples de la dosis de cloruro de calcio aplicado sobre los diferentes tiempos de almacenamiento en frío. El efecto de la dosis de CaCl_2 al 0% en los diferentes tiempos de almacenamiento en frío sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 43), nos indica que el tratamiento de 60 días de almacenamiento en frío fue el de mayor promedio de calcio en fruto (13.07 ppm), similar estadísticamente al tiempo de 20 días (11.83 ppm), y este a su vez es similar estadísticamente al tratamiento con el periodo de 40 días (11.4).

El efecto de la dosis de CaCl_2 al 2% en los diferentes tiempos de almacenamiento en frío sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 44), nos indica que el tratamiento de 40 días de almacenamiento en frío fue el de mayor promedio de calcio en fruto (14.9 ppm), el tratamiento de 60 días y 20 días fueron similar

estadísticamente (13.97 ppm y 12.33 ppm respectivamente), y este último fue el menor promedio de calcio en fruto alcanzado.

Por último, el efecto de la dosis CaCl_2 al 4% d en los diferentes tiempos de almacenamiento en frío sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 45), nos indica que el tratamiento de 60 días de almacenamiento en frío fue el de mayor promedio de calcio en fruto (15.83 ppm), el tratamiento de 40 días y 20 días fueron similar estadísticamente con el primero (15.23 ppm y 14.43 ppm respectivamente), y este último fue el menor promedio de calcio en fruto alcanzado.

En el gráfico 27 se muestran los datos, así como el comportamiento para el contenido de calcio en fruta aplicado interactuando con los diferentes tiempos de almacenamiento evaluados a los siete días después de su salida.

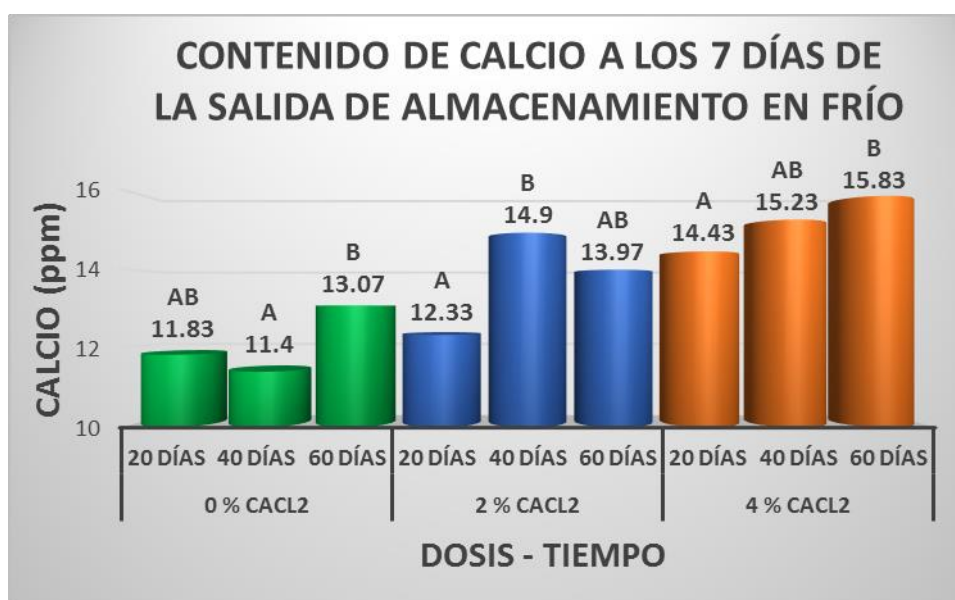


Gráfico 27: Promedios de cantidad de calcio en los frutos 'Anna', por efecto de las dosis de cloruro de calcio aplicado con los diferentes tiempos de almacenamiento en frío evaluados a los siete días después de su salida.

El efecto del tiempo de 20 días de almacenamiento en frío, evaluado a los siete días después de su salida en las diferentes dosis de CaCl_2 sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 40), nos indica que el tratamiento de 4% CaCl_2 fue el de mayor promedio de calcio en fruto (14.43 ppm), el tratamiento de 2% CaCl_2 (12.33 ppm), es similar estadísticamente al tratamiento con el tratamiento de 0% CaCl_2 (11.83 ppm), que es el de menor valor obtenido .

El efecto del tiempo de 40 días de almacenamiento en frío, evaluado a los siete días después de su salida en las diferentes dosis de CaCl_2 sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 41), nos indica que el tratamiento de 4% CaCl_2 fue el de mayor promedio de calcio en fruto (15.23 ppm), el tratamiento de 2% CaCl_2 fue similar estadísticamente con el anterior (14.9 ppm), y el tratamiento con de 0% CaCl_2 fue estadísticamente diferente y de menor promedio de calcio en fruto alcanzado (11.4 ppm).

Por último, el efecto del tiempo de 60 días de almacenamiento en frío, evaluado a los siete días después de su salida en las diferentes dosis de CaCl_2 sobre la variable cantidad de calcio en la fruta (anexo 42), nos indica que el tratamiento de 4% CaCl_2 fue el de mayor promedio de calcio en fruto (15.83 ppm), el tratamiento de 2% CaCl_2 fue diferente estadísticamente con el anterior (13.97 ppm), y el tratamiento con de 0% CaCl_2 fue el de menor promedio de calcio en fruto alcanzado y similar estadísticamente con el anterior (13.07 ppm).

En el gráfico n°28 se muestran los datos de cantidad de calcio, así como el comportamiento del tiempo de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio.

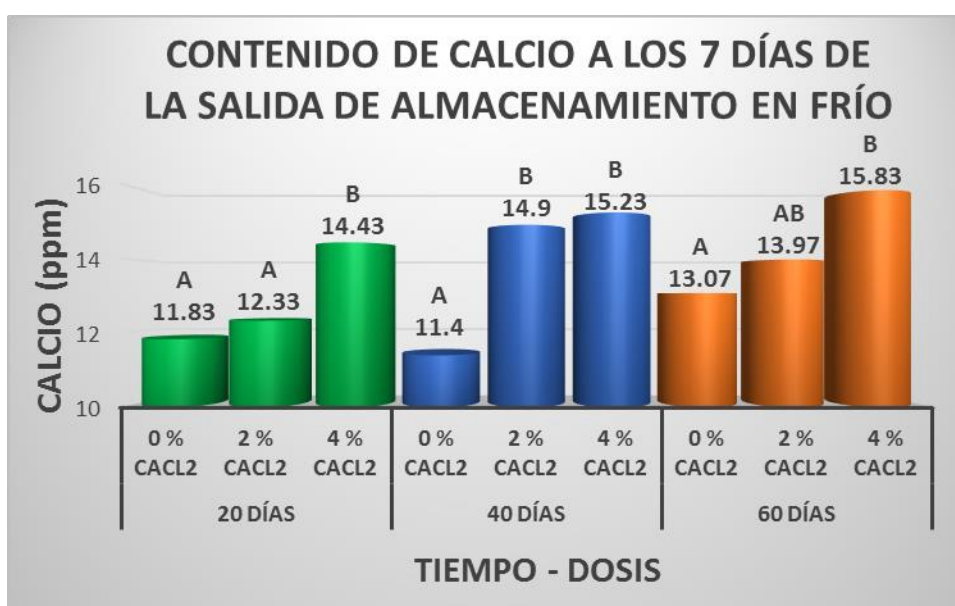


Gráfico 28: Promedios de la cantidad de calcio en los frutos 'Anna', por efecto de los tiempos de almacenamiento interactuando con los diferentes tipos de dosis de cloruro de calcio, evaluado a los siete días después de su salida.

Probablemente el calcio entra en la fruta principalmente a través de las lenticelas (Betts and Bramlage, 1977) y a través de aperturas en la cutícula y la epidermis (Clements, 1935)

William S. Conway., 1994 nos dice que el contenido de calcio como se esperaba, en la infiltración con una solución de CaCl_2 al 2% o al 4% dio como resultado una fruta con una concentración de calcio mayor que en la fruta no infiltrada. El calcio unido a la pared celular también aumentó a medida que aumentaba la concentración de CaCl_2 en la solución de tratamiento. El tratamiento térmico, sin embargo, no aumentó la cantidad de calcio asociada con la pared celular.

Además, los tratamientos de inmersión poscosecha aumentaron el contenido de calcio tanto en la cáscara como en la carne de las frutas de melocotón, aunque la fuente de calcio (cloruro de calcio, lactato o propionato) no pareció afectar la absorción de calcio (Manganaris et al., 2007). Durante el almacenamiento en frío del melocotón se produjo un aumento en el calcio de la pared celular, principalmente debido a la mejora del calcio en la fracción de pectina soluble en agua, así como en manzanas infiltradas con calcio (Chardonnet et al., 2003), sugiriendo que el calcio soluble se movilizó e integrado en la pared celular. El aumento en el calcio unido a la pared celular de melocotones tratados con calcio se relacionó con la concentración de calcio y el tiempo de almacenamiento.

Otros efectos beneficiosos de la infiltración de calcio en la calidad poscosecha de la fruta son probablemente mediados por la influencia estabilizadora de Ca^{2+} en las membranas celulares, lo que provoca un retraso en la proteína de membrana y en los procesos catabólicos de fosfolípidos, y una reducción de la pérdida de iones durante el almacenamiento poscosecha de la fruta (Picchioni et al., 1998).

Los tratamientos poscosecha de manzana con solución de CaCl_2 y los resultados muestran que el incremento de la concentración de calcio en la fruta beneficia a la fruta durante el almacenamiento (Roy S., W.S. Conway, C.E. Sams, W.P. Wergin, A.E. Watada, y J.G. Buta; 1996).

Por lo cual podemos decir que hubo una mayor retención de calcio a medida que se aplicó una mayor concentración de cloruro de calcio a la manzana ‘Anna’

V. CONCLUSIONES

- El porcentaje de pérdida de peso, acidez titulable y el índice de madurez no fueron influenciados por la dosis de cloruro de calcio aplicado, mas solo por el efecto del tiempo tanto a la salida como a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.
- Los frutos tratados con 4% de CaCl_2 presentaron el mayor nivel de firmeza durante el almacenaje en frío, sin embargo, no se puede precisar su comportamiento para los siete días después de retirar la fruta del almacenamiento en frío.
- El tiempo de almacenamiento redujo la firmeza de los frutos tanto a la salida de almacenaje en frío, pero no se puede precisar su comportamiento a los siete días después de la salida del almacenamiento en frío.
- Hubo una variación del color de fondo de la manzana, cambiando de un color verde a amarillo solo por el efecto del tiempo de conservación en frío, tanto para la salida como a los siete días después de la salida del almacenamiento.
- La apreciación gustativa mostró una ligera respuesta positiva para la dosis de 2% y 4% CaCl_2 , y conforme el tiempo de almacenamiento fue mayor, la apreciación gustativa fue mayor tanto la salida como a los siete días después del almacenamiento en frío.
- Los grados brix de la fruta disminuyeron solo por el efecto del tiempo de almacenaje en frío, para la salida del almacenamiento en frío y a los siete días después de la salida de almacenamiento en frío.
- El contenido de calcio en la fruta se incrementó conforme la dosis aplicada de cloruro de calcio fue mayor, esto se observaron en los frutos evaluados al salir de almacenaje en frío como a los siete días después de la salida de almacenaje en frío.

VI. RECOMENDACIONES

- Probar las mismas evaluaciones para un tiempo mayor de almacenamiento en frío, por ejemplo: 80, 100, 120, 150 días. Para observar su comportamiento a través de un tiempo mayor al tomado en esta tesis.
- Probar con diferentes variedades que se producen en el Perú, por ejemplo: Gala, Delicias de Viscas, Santa Rosa, etc.
- Probar otras concentraciones de cloruro de calcio para la inmersión de las manzanas, por ejemplo: 1% o 3 %
- Probar las diferentes aplicaciones del cloruro de calcio en la precosecha.
- Probar con diferentes fuentes de calcio para la solución de inmersión como cloruro de magnesio o pectatos de calcio.
- Probar diferentes tiempos de inmersión de las manzanas en la solución de cloruro de calcio.
- Probar con un método diferente para la aplicación poscosecha del cloruro de calcio, como la infiltración al vacío.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agapito M. 2012. Marca Perú: distrito de san Antonio es “cuna y capital de la manzana nacional, variedad San Antonio. (en línea). Poder Político, Perú. 23 mar. Consultado 15 dic. 2017. Disponible en: <http://poderpolitico.info/2012/03/23/marca-peru-distrito-de-san-antonio-es-cuna-y-capital-de-la-manzana-nacional-variedad-san-antonio/>
- Aguayo, E., Escalona, V.H., and Artés, F. (2008). Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut “Amarillo” melon. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 397–406.
- Agustí, M., Juan, M., Martínez-Fuentes, A., Mesejo, C., and Almela, V. (2004). Calcium nitrite delays climacteric of persimmon fruit. *Annals of Applied Biology*, 144, 65–69.
- Alandes, L., Quiles, A., Pérez-Munuera, I., and Hernando, I. (2009). Improving the quality of fresh-cut apples, pears, and melons using natural additives. *Journal of Food Science*, 74, 590–596.
- Alcaraz-López, C., Botia, M., Alcaraz, F. and Riquelme, F. (2003). Effects of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on plum (*Prunus domestica* L) fruit quality. *Journal of Plant Physiology*, 160, 1441–1446.
- Artés, F. 1987. Refrigeración y comercialización hortofrutícolas en la Región de Murcia. II Edición. Ed. CEBAS-CSIC. 150 p.
- Artés, F., Conesa, M.A., Hernández, S., and Gil, M.I. (1999). Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 153–162.
- Barkai-Golan, R. (2001). *Postharvest Diseases of Fruits and Vegetables. Development and Control*. Amsterdam: Elsevier Science.
- Bennet William F. (1994) *Nutrient Deficiencies & Toxicities in Crop Plants*, APS Press pp139.

- Besada, C., Arnal, L., and Salvador, A. (2008). Improving storability of persimmon cv. Rojo Brillante by combined use of preharvest and postharvest treatments. *Postharvest Biology and Technology*, 50, 169–175.
- Betts, H.A. and W.J. Bramlage. 1977. Uptake of calcium by apples from postharvest dips in calcium chloride solutions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102:785-788.
- Brosnan, T., and Sun, D.W. (2001). Precooling techniques and applications for horticultural products: A review. *International Journal of Refrigeration*, 24, 154–170.
- Casierra-Posada F., Lizarazu Marina L., y Andrare Filho, G. 2004. Estado nutricional de árboles de manzano ‘Anna’ durante la estación de crecimiento en los altiplanos colombianos: II Relaciones e interacciones entre nutrientes. *Agronomía colombiana* 22(2):160-169
- Chardonnet, C.O., Charron, C.S., Sam, C.E., and Conway, W.S. (2003). Chemical changes in the cortical tissue and cell wall of calcium-infiltrated “Golden Delicious” apples during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 97–111.
- Chardonnet, C.O., Charron, C.S., Sam, C.E., and Conway, W.S. (2003). Chemical changes in the cortical tissue and cell wall of calcium-infiltrated “Golden Delicious” apples during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 28, 97–111.
- Clements, H.F. 1935. Morphology and physiology of the pome lenticels of *Pyrus malus*. *Bot. Gaz.* 97:101–117.
- CONAFRUT. 2000. El cultivo de manzano. Boletín técnico 26. Ministerio de agricultura. Proyecto aumento de la productividad Frutícola. PROFUT. Lima – Perú. 44pp.
- Conway W.S., Sams C.R., Chien Y.W. and Abbott J.A. 1994. Additive Effects of Postharvest Calcium and Heat Treatment on Reducing Decay and Maintaining Quality in Apples. *J. AMER. Soc. Hort. Sci.* 119(1): 49- 53.
- Conway, W.S., Janisiewicz, W.J., Klein, J.D., and Sams, C.E. (1999). Strategy of combining heat treatment, calcium infiltration, and biological control to reduce postharvest decay of “Gala” apples. *HortScience*, 34, 700–704.
- Conway, W.S., Sams, C.E., Wang, C.Y., and Abbott, J.A. (1994). Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119, 49–53.

- Cronje, R.B., Sivakumar, D., Mostert, P.G., and Korsten, L. (2009). Effect of different preharvest treatment regimens on fruit quality of litchi cultivar “Maritius”. *Journal of Plant Nutrition*, 32, 19–29.
- D’Aquino, S., Palma, A., Fronteddu, F., and Tedde, M. (2005). Effect of preharvest and postharvest calcium treatments on chilling injury and decay of cold stored Fortune mandarins. *Acta Horticulturae*, 682, 631–637.
- Daniel Valero and Maria serrano. 2010. *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. 1. Ed. New York. CRC Press. 264 p.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Dong, C.X., Zhou, J.M., Fan, X.H., Wang, H.Y., Duan, Z.Q., and Tang, C. (2004). Application methods of calcium supplements affect nutrient levels and calcium forms in mature tomato fruits. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1443–1455.
- Eryani-Raqeeb, A.A., Mahmud, T.M.M., Omar, S.R.S., Mohamed, A.R., and Eryani, A.R.A. (2009). Effects of calcium and chitosan treatments on controlling Anthracnose and postharvest quality of papaya (*Carica papaya* L.). *International Journal of Agricultural Research*, 4, 53–68.
- Farag K.M., and Nagy M.N. 2012. Effect of Pre- and Post-Harvest Calcium and Magnesium Compounds and Their Combination Treatments on “Anna” Apple Fruit Quality and Shelf Life. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*. 4(2): 155-168
- García, J.M., Herrera, S., and Morilla, A. (1996). Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 30–33.
- Gerasopoulos, D., and Richardson, D.G. (1999). Storage temperature and fruit calcium alter the sequence of ripening events of “d’Anjou” pears. *HortScience*, 34, 316–318.
- Gestión, 2016. Sierra Exportadora promueve el cultivo de nuevas variedades de manzana (en línea). Gestión, Lima, Perú; 26 abr. Consultado 15 dic 2017, disponible en <https://gestion.pe/economia/sierra-exportadora-promueve-cultivo-nuevas-variedades-manzana-118585>
- Gras, M.L., Vidal, D., Betoret, N., Chirat, A., and Fito, P. (2003). Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation interactions with cellular matrix. *Journal of Food Engineering*, 56, 279–284.

- Hanson, E.J., Beggs, J.L., and Beaudry, R.M. (1993). Applying calcium chloride postharvest to improve highbush blueberry firmness. *HortScience*, 28, 1033–1034.
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D., and Gavara, R. (2008). Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110, 428–435.
- Hernández-Muñoz, P., Almenar, E., Ocio, M.J., and Gavara, R. (2006). Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*). *Postharvest Biology and Technology*, 39, 247–253.
- Hopkirk, G., Harker, F.R., and Harman, J.E. (1990). Calcium and the firmness of kiwifruit. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 18, 227–230.
- Izumi, H., and Watada, A.E. (1995). Calcium treatment to maintain quality of zucchini squash slices. *Journal of Food Science*, 60, 789–793.
- Javeri, H., Toledo, R., and Wicker, L. (1991). Vacuum infusion of citrus pectinmethylesterase and calcium effects on firmness of peaches. *Journal of Food Science*, 56, 739–742.
- Johnstone, P.R., Hartz, T.K., and May, D.M. (2008). Calcium fertigation ineffective at increasing fruit yield and quality of muskmelon and honeydew melons in California. *HortTechnology*, 18, 685–689.
- Kader, A.A. (2002). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. Regents of the University of California, Division of Agricultural and Natural Resources, Oakland, CA, USA.
- Kadir, S.A. (2004). Fruit quality at harvest of “Jonathan” apple treated with foliarly-applied calcium chloride. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1991–2006.
- Kukura, J.L., Beelman, R.B., Peiffer, V., and Walsh, R. (1998). Calcium chloride added to irrigation water of mushrooms (*Agaricus bisporus*) reduces postharvest browning. *Journal of Food Science*, 63, 454–457.
- Lara, I., García, P., and Vendrell, M. (2004). Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Postharvest Biology and Technology*, 34, 331–339.
- León C. 2015. Podemos incrementar cultivos y dejar de importar manzanas (en línea). Agencia Agraria de Noticias, Perú; 23mar. Consultado 15 dic. 2017.

Disponible en <http://www.agraria.pe/noticias/podemos-incrementar-cultivos-y-dejar-de-importar-manzanas-7812>

- Lester, G.E., and Grusak, M.A. (1999). Postharvest application of calcium and magnesium to honeydew and netted muskmelon: Effects on tissue ion concentrations, quality and senescence. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124, 545–552.
- Lester, G.E., and Grusak, M.A. (2004). Field application of chelated calcium: Postharvest effects on cantaloupe and honeydew fruit quality. *HortTechnology*, 14, 29–38.
- Lizana, L.A. y Irrazabal. (1984). Comportamiento en poscosecha de chirimoya (*Annona Cherimola* Mill) sometida a bajas temperaturas y encerado. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., Trop. Reg.* 28: 63-70.
- Luna-Guzmán, I., and Barret, D.M. (2000). Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh-cut cantaloupes. *Postharvest Biology and Technology*, 19, 61–72.
- Luna-Guzmán, I., Cantwell, M., and Barret, D.M. (1999). Fresh-cut cantaloupe: Effects of CaCl₂ dips and heat treatments on firmness and metabolic activity. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 201–213.
- Madrid, R., Valverde, M., Alcolea, V., and Romojaro, F. (2004). Influence of calcium nutrition on water soaking disorder during ripening of cantaloupe melon. *Scientia Horticulturae*, 101, 69–79.
- Mahmud, T.M.M., Eryani-Raqeeb, A.A., Omar, S.S.R., Mohamed, Z.A.R., and Eryani, A.A.R. (2008). Effects of different concentrations and applications of calcium on storage life and physicochemical characteristics of papaya (*Carica papaya* L.). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 3, 526–533.
- Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G., and Mignani, I. (2006). Effect of in-season calcium applications on cell wall physicochemical properties of nectarine fruit (*Prunus persica* var. *nectarina* Ait. Maxim) after harvest or cold storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 2597–2602.
- Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G., and Mignani, I. (2005a). Effects of post-harvest calcium treatments on the physicochemical properties of cell wall pectin in nectarine fruit during ripening after harvest or cold storage. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 80, 611–617.

- Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Diamantidis, G., and Mignani, I. (2007). The effect of postharvest calcium application on tissue calcium concentration, quality attributes incidence of flesh browning and cell wall physicochemical aspects of peach fruits. *Food Chemistry*, 100, 1385–1392.
- Manganaris, G.A., Vasilakakis, M., Mignani, I., Diamantidis, G., and Tzavella-Klonari, K. (2005b). The effect of preharvest calcium sprays on quality attributes, physicochemical aspects of cell wall components and susceptibility to brown rot of peach fruits (*Prunus persica* L. cv. Andross). *Scientia Horticulturae*, 107, 43–50.
- Martín-Diana, A.B., Rico, D., Frías, J.M., Barat, J.M., Henehan, G.T.M., and BarryRyan, C. (2007). Calcium for extending the shelf life of fresh whole and minimally processed fruits and vegetables: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 18, 210–218.
- Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., and Serrano, M. (2003b). Modified atmosphere packaging maintains quality of table grape. *Journal of Food Science* 68, 1838–1843.
- Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Zapata, P.J., Serrano, M., and Valero, D. (2009a). Development of a carbon-heat hybrid ethylene scrubber for fresh horticultural produce storage purposes. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 200–205.
- Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Zapata, P.J., Valero, D., and Serrano, M. (2009b). Effect of ethylene concentration on quality parameters of fresh tomatoes stored using a carbon-heat hybrid ethylene scrubber. *Postharvest Biology and Technology*, 51, 206–211.
- Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J. M., Bailén, G., Zapata, P. J., Serrano, M., Castillo, S., and Valero, D. (2007b). Influence of carvacrol on survival of *Botrytis cinerea* inoculated in table grapes. *International Journal of Food Microbiology*, 115, 144–148.
- Martínez-Romero, D., Serrano, M., and Valero, D. (Artés, F., Conesa, M.A., Hernández, S., and Gil, M.I. (1999). Keeping quality of fresh-cut tomato. *Postharvest Biology and Technology*, 17, 153–162. 2003c). Physiological changes in pepino (*Solanum muricatum* Ait) fruit stored at chilling and non-chilling temperatures. *Postharvest Biology and Technology*, 30, 177–186.

- Martínez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Burgos, L., Riquelme, F., and Valero, D. (2002). Effects of postharvest putrescine treatment on extending shelf life and reducing mechanical damage in apricot. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67, 1706–1712.
- Martínez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Castillo, S., Riquelme, F., and Valero, D. (2004). Mechanical damage during fruit post-harvest handling: Technical and physiological implications. In *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*. Vol. 3. *Quality Handling and Evaluation*, eds. R. Dris, and S.M. Jain, 233–252.
- Martínez-Romero, D., Valero, D., Serrano, M., Burló, F., Carbonell, A., Burgos, L., and Riquelme, F. (2000). Exogenous polyamines and gibberellic acid effects on peach (*Prunus persica* L.) storability improvement. *Journal of Food Science*, 65, 288–294.
- Martínez-Romero, D., Valero, D., Serrano, M., Martínez-Sánchez, F., and Riquelme, F. (1999). Effects of post-harvest putrescine and calcium treatments on reducing mechanical damage and polyamines and abscisic acid levels during lemon storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1589–1595.
- Mignani, I., Greve, L.C., Ben-Arie, R., Stotz, H.U., Li, C., Shackel, K., and Lavabitch, J.M. (1995). The effects of GA3 and divalent cations on aspects of pectin metabolism and tissue softening in ripening tomato pericarp. *Physiologia Plantarum*, 93, 108–115.
- Picchioni, G.A., Watada, A.E., Conway, W.S., Whitaker, B.D., and Sams, C.E. (1998). Postharvest calcium infiltration delays membrane lipid catabolism in apple fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2452–2457.
- Pinheiro, S.C.F., and Almeida, D.P.F. (2008). Modulation of tomato pericarp firmness through pH and calcium: Implications for the texture of fresh-cut fruit. *Postharvest Biology and Technology*, 47, 119–125.
- Quiles, A., Hernando, I., Pérez-Munuera, I., and Lluch, M.A. (2007). Effect of calcium propionate on the microstructure and pectin methylesterase activity in the parenchyma of fresh-cut Fuji apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 511–519.
- Ramezani, A., Rahemi, M., and Vazifeshenas, M.R. (2009). Effects of foliar application of calcium chloride and urea on quantitative and qualitative characteristics of pomegranate fruits. *Scientia Horticulturae*, 121, 171–175.

- Randhawa, J.S., Jawandha, S.K., Mahajan, B.V.C., and Gill, P.P.S. (2009). Effect of different pre-harvest treatments on quality of ber fruit during cold storage. *Journal of Food Science and Technology*, 46, 174–176.
- Recasens, I., Benavides, A., Puy, J., and Casero, T. (2004). Pre-harvest calcium treatments in relation to the respiration rate and ethylene production of “Golden Smoothee” apples. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 765–771.
- Rodriguez R. y Ruesta, A. 1993. El cultivo de manzano en el Perú. Serie manual No 10-93. Instituto nacional de investigación agraria proyecto transformación de la tecnología Agropecuaria (TTA). Lima-Perú. 116pp.
- Rumayor, F., I. A. Theron, K. I.; Martinez, C. A. y Vasquez, R. 2005. Breeding apples warm climates in Mexico. Published in VI International Symposium on Temperate Fruit Growing in the Tropics and Subtropics. *Acta Horticulturae*, 2005 (No. 565) 229-231.
- Safizadeh, M.R., Rahemi, M., Tafazoli, E., and Eman, Y. (2007). Influence of postharvest vacuum infiltration with calcium on chilling injury, firmness and quality of Lisbon lemon fruit. *American Journal of Food Technology*, 2, 388–396.
- Saftner, R.A., Bai, J., Abbott, J.A., and Lee, Y.S. (2003). Saltveit, M.E. and Morris, L.L. (1990). Overview of chilling injury of horticultural crops, In *Chilling Injury of Horticultural Crops*, ed. C.Y. Wang, 3–15.
- Schirra, M., and D’hallewin, (1997). Storage performance of Fortune mandarins following hot water dips. *Postharvest Biology and Technology*, 10, 229–238.
- Serrano, M., Amorós, A., Pretel, M.T., Martínez-Madrid, M.C., and Romojaro, F. (2002). Effect of calcium deficiency on melon (*Cucumis melo* L.) texture and glassiness incidence during ripening. *Food Science and Technology International*, 8, 147–154.
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., and Valero, D. (2004b). Effect of preharvest sprays containing calcium, magnesium and titanium on the quality of peaches and nectarines at harvest and during postharvest storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1270–1276.
- Serrano, M., Martínez-Romero, D., Zuzunaga, M., Riquelme, F., and Valero, D. (2004c). Calcium, polyamine and gibberellin treatments to improve postharvest fruit quality. In *Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*. Vol. 4. *Postharvest Treatment and Technology*, eds. R. Dris and S.M. Jain, 55–68.

- Shirzadeh E., Rabiei V., and Sharafi Y. 2011. Effect of calcium Chloride on postharvest quality of apple fruits. *African Journal of Agricultural Research*. 6(22): 5139-5143.
- Stückrath, R., Quevedo, R., De La Fuente, L., Hernández, A., and Sepúlveda, V. (2008). Effect of calcium foliar application on the characteristics of blueberry fruit during storage. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 849–866.
- SUNAT (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria). 1997-2016. Título (en línea). Lima, Perú, iucn. Consultado 15 dic. 2017. Disponible en <http://www.aduanet.gob.pe/cl-ad-itestadispartida/resumenPPaisS01Alias>
- Suntharalingam, S., (1996). Postharvest treatment of mangoes with calcium. *Tropical Science*, 36, 14–17.
- Trentham, W.R., Sams C.R. and Conway W.S. 2008. Histological Effects of Calcium Chloride in Stored Apples. *J. AMER. Soc. Hort. Sci.* 133(4): 487- 491.
- U. Moor, M. Toome and A. Luik. 2006. Effect of different calcium compounds on postharvest quality of apples. *Agronomy research*. 4(2): 543-548.
- Valero, D., Martínez, D., Riquelme, F., and Serrano, M. (1998a). Polyamine response to external mechanical bruising in two mandarin cultivars. *HortScience*, 33, 1220–1223.
- Valero, D., Martínez-Romero, D., and Serrano, M., (2002a). The role of polyamines in the improvement of the shelf life of fruit. *Trends in Food Science and Technology*, 13, 228–234.
- Valero, D., Martínez-Romero, D., Serrano, M., and Riquelme F. (1998c). Influence of postharvest putrescine and calcium on endogenous polyamines, firmness, and abscisic acid in lemon (*Citrus lemon L. Burn Cv Verna*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2102–2109.
- Valero, D., Martínez-Romero, D., Serrano, M., and Riquelme F. (1998b). Postharvest gibberellin and heat treatment effects on polyamines, abscisic acid and firmness in lemons. *Journal of Food Science*, 63, 611–615.
- Valero, D., Martínez-Romero, D., Serrano, M., and Riquelme F. (1999). Polyamine roles on the post-harvest of fruits: A review. In *Recent Research Developments in Agricultural and Food Chemistry*, ed. S. Pandalai, 39–55.
- Valero, D., Martínez-Romero, D., Valverde, J.M., Guillén, F., and Serrano, M. (2003). Quality improvement and extension of shelf life by 1-methylcyclopropene in plum as

affected by ripening stage at harvest. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 4, 339–348.

- Valero, D., Martínez-Romero, D., Valverde, J.M., Guillén, F., Castillo, S., and Serrano, M. (2004). Could the 1-MCP treatment effectiveness on plum be affected by packaging? *Postharvest Biology and Technology*, 34, 295–303.
- Valero, D., Pérez-Vicente, A., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Guillén, F., and Serrano, M. (2002b). Plum storability improved after calcium and heat treatments: role of polyamines. *Journal of Food Science*, 67, 2571–2575.
- Valero, D., Serrano, M., Martínez-Madrid, M.C., and Riquelme, F. (1997). Polyamines, ethylene, and physicochemical changes in low-temperature stored peach (*Prunus persica* L. Cv. Maycrest). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3406–3410.
- Valero, D., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., and Serrano, M. (2006). The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Postharvest Biology and Technology*, 41, 317–327.
- Wang, W.Y., Zhu, B.Z., Lü, J., and Luo, Y.B. (2006b). No difference in the regulation pattern of calcium on ethylene biosynthesis between wild-type and Never Ripe tomato fruit at mature green stage. *Russian Journal of Plant Physiology*, 53, 54–61.
- White, P.J., and Broadley, M.R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92, 487–511.
- William B. Beavers and Carl E. Sams. 1994. Calcium Source Affects Calcium Content, Firmness, and Degree of Injury of Apples During Storage. *Postharvest Technology*. 29(4): 1520-1523.
- Wills, R.B.H., Tirmazi, S.I.H., and Scott, K. (1977). Use of calcium to delay ripening of tomatoes. *HortScience*, 12, 551–552.
- Yuen, C.M.C. (1994). Calcium and fruit storage potential. *Australian Quarterly International Agricultural Research*, 50, 218–227.

VIII. ANEXO

ANEXO 1. Información técnica del Cloruro de calcio Dihidratado p.a. EMSURE® ACS,Reag. Ph Eur.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo el Reglamento (US) Hazard Communication Standard (29 CFR 1910.1200)

Fecha de revisión 05/24/2016

Versión 1.1

SECCIÓN 1. Identificación

Identificador del producto

Número del producto	102382
Nombre del producto	Calcio cloruro dihidrato p.a. EMSURE® ACS,Reag. Ph Eur
No. CAS	10035-04-8

Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados	Análisis químico, Producción química
--------------------	--------------------------------------

Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía	EMD Millipore Corporation 290 Concord Road, Billerica, MA 01821, United States of America General Inquiries: +1-978-715-4321 Monday to Friday, 9:00 AM to 4:00 PM Eastern Time (GMT-5)
----------	--

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	sólido
Color	blanco
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No aplicable
pH	4.5 - 8.5 a 50 g/l 68 °F (20 °C)
Punto de fusión	aprox. 176 °C
Punto de ebullición	No hay información disponible.
Punto de inflamación	no se inflama
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	El producto no es inflamable.
Límite de explosión, inferior	No aplicable
Límite de explosión, superior	No aplicable
Presión de vapor	No hay información disponible.
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.
Densidad	1.85 g/cm ³ a 68 °F (20 °C)
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	aprox. 1,000 g/l a 32 °F (0 °C)
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	No hay información disponible.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	No hay información disponible.
Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
Propiedades comburentes	ningún
Temperatura de ignición	no combustible

ANEXO 2. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de pérdida de peso en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	0.76	8	0.1	3.82	0.0087	
Dosis	0.06	2	0.03	1.26	0.3077	ns
Tiempo	0.66	2	0.33	13.27	0.0003	*
Dosis*Tiempo	0.04	4	0.01	0.37	0.8242	ns
Error	0.45	18	0.02			
Total	1.21	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
PP_PESO	27	0.63	0.46	17.17		

ANEXO 3. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de pérdida de peso por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha=0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.36534				
Error: 0.0922 gl: 18				
Tiempo	Medias	n	E.E.	sig
20 días	0.51	9	0.1	A
40 días	0.97	9	0.1	B
60 días	1.18	9	0.1	B

ANEXO 2. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de pérdida de peso en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	1.09	8	0.14	1.63	0.1849	
Dosis	0.24	2	0.12	1.45	0.2611	ns
Tiempo	0.6	2	0.3	3.58	0.0489	*
Dosis*Tiempo	0.25	4	0.06	0.74	0.574	ns
Error	1.51	18	0.08			
Total	2.6	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
PP_PESO	27	0.42	0.16	9.82		

ANEXO 3. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de pérdida de peso por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.34830				
Error: 0.0838 gl: 18				
Tiempo	Medias	n	E.E.	sig
20 días	2.74	9	0.1	A
40 días	3.01	9	0.1	AB
60 días	3.09	9	0.1	B

ANEXO 4. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre la firmeza en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	518.8	8	64.85	1.98	0.0609	
Dosis	226.65	2	113.32	3.46	0.0366	*
Tiempo	235.57	2	117.79	3.6	0.0324	*
Dosis*Tiempo	56.58	4	14.14	0.43	0.7849	ns
Error	2355.94	72	32.72			
Total	2874.73	80				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
FIRMEZA	81	0.18	0.09	12.5		

ANEXO 5. Prueba de Tukey para la variable firmeza por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.72575				
Error: 32.7214 gl: 72				
Tiempo	Medias	n	E.E.	sig
20 días	48.04	27	1.1	B
40 días	43.93	27	1.1	A
60 días	45.32	27	1.1	AB

ANEXO 6. Prueba de Tukey para la variable firmeza por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicada en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.72575				
Error: 32.7214 gl: 72				
Dosis	Medias	n	E.E.	sig
0 % CaCl ₂	43.67	27	1.1	A
2 % CaCl ₂	45.86	27	1.1	AB
4 % CaCl ₂	47.76	27	1.1	B

ANEXO 7. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre la firmeza en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	1315.04	8	164.38	4.68	0.0001	
Dosis	226.45	2	113.22	3.22	0.0456	*
Tiempo	1022.52	2	511.26	14.56	<0.0001	**
Dosis*Tiempo	66.07	4	16.52	0.47	0.7574	NS
Error	2528.95	72	35.12			
Total	3843.99	80				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
FIRMEZA	81	0.34	0.27	13.44		

ANEXO 8. Prueba de Tukey para la variable firmeza por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.86013				
Error: 35.1243 gl: 72				
Tiempo	Medias	n	E.E.	sig
20 días	45.6	27	1.14	B
40 días	39.2	27	1.14	A
60 días	47.51	27	1.14	B

ANEXO 9. Prueba de Tukey para la variable firmeza por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicada en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=3.86013				
Error: 35.1243 gl: 72				
Dosis	Medias	n	E.E.	sig
0 % CaCl ₂	43.57	27	1.14	AB
2 % CaCl ₂	46.36	27	1.14	B
4 % CaCl ₂	42.37	27	1.14	A

ANEXO 10. Prueba de Kruskal - Wallis de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el color en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Dosis	Tiempo	Medias	D.E	Promedio rangos	p	sig
0 % CaCl ₂	20 días	1.78	1.2	37.94	0.0049	*
0 % CaCl ₂	40 días	1.44	1.01	32.61		
0 % CaCl ₂	60 días	3	0.87	60.11		
2 % CaCl ₂	20 días	1.56	1.13	33.83		
2 % CaCl ₂	40 días	2	1.5	41.17		
2 % CaCl ₂	60 días	2.22	0.83	49.11		
4 % CaCl ₂	20 días	1	0	24		
4 % CaCl ₂	40 días	1.67	1.32	35.44		
4 % CaCl ₂	60 días	2.67	1.12	54.78		

ANEXO 11. Prueba de Kruskal - Wallis de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el color en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Dosis	Tiempo	Medias	D.E	Promedio rangos	p-valor	Sig
0 % CaCl ₂	20 días	2.78	1.09	39.94	0.5675	ns
0 % CaCl ₂	40 días	2.89	0.78	41.61		
0 % CaCl ₂	60 días	2.89	1.05	42.56		
2 % CaCl ₂	20 días	3	1.12	45.28		
2 % CaCl ₂	40 días	3.11	1.17	48		
2 % CaCl ₂	60 días	3	1	45.17		
4 % CaCl ₂	20 días	2.78	1.09	39.94		
4 % CaCl ₂	40 días	2.11	0.78	24.06		
4 % CaCl ₂	60 días	2.89	0.93	42.44		

ANEXO 12. Prueba de Kruskal - Wallis de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre la apreciación gustativa en las manzanas 'Anna' a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

dosis	tiempo	Medias	D.E.	p	Sig
0 % CaCl ₂	20 días	5.5	0.97	0.0019	*
0 % CaCl ₂	40 días	4.4	0.84		
0 % CaCl ₂	60 días	4.2	1.03		
2 % CaCl ₂	20 días	5.6	0.84		
2 % CaCl ₂	40 días	5.4	1.26		
2 % CaCl ₂	60 días	4.3	0.95		
4 % CaCl ₂	20 días	5.4	0.84		
4 % CaCl ₂	40 días	5.1	0.74		
4 % CaCl ₂	60 días	4.5	0.97		

ANEXO 13. Prueba de Kruskal - Wallis de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada y tiempo de almacenamiento en frío, sobre la apreciación gustativa en las manzanas 'Anna' a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Dosis	Tiempo	Medias	D.E.	p	sig
0 % CaCl ₂	20 días	5.2	0.92	<0.0001	**
0 % CaCl ₂	40 días	4.5	0.85		
0 % CaCl ₂	60 días	2.8	0.79		
2 % CaCl ₂	20 días	5.1	0.74		
2 % CaCl ₂	40 días	4.9	1.2		
2 % CaCl ₂	60 días	3.6	1.07		
4 % CaCl ₂	20 días	5.3	1.57		
4 % CaCl ₂	40 días	4.7	1.16		
4 % CaCl ₂	60 días	2.9	0.74		

ANEXO 14. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de sólidos solubles en las manzanas 'Anna' a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	5.45	8	0.68	2.65	0.0408	
Dosis	1.65	2	0.82	3.2	0.0645	ns
Tiempo	2.01	2	1	3.91	0.0388	*
Dosis*Tiempo	1.79	4	0.45	1.75	0.1839	ns
Error	4.62	18	0.26			
Total	10.07	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
BRIX	27	0.54	0.34	4.2		

ANEXO 15. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de sólidos solubles por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha=0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.60952				
Error: 0.2567 gl: 18				
Tiempo	Medias	n	E.E.	sig
20 días	12.19	9	0.17	AB
40 días	12.29	9	0.17	B
60 días	11.67	9	0.17	A

ANEXO 16. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de sólidos solubles en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	1.67	8	0.21	2.42	0.0566	
Dosis	0.67	2	0.33	3.88	0.0398	*
Tiempo	0.81	2	0.4	4.69	0.023	*
Dosis*Tiempo	0.2	4	0.05	0.57	0.6901	ns
Error	1.55	18	0.09			
Total	3.23	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
BRIX	27	0.52	0.3	2.49		

ANEXO 17. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de sólidos solubles por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha=0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.35343				
Error: 0.0863 gl: 18				
Tiempo	Medias	n	E.E.	
20 días	11.91	9	0.1	B
40 días	11.89	9	0.1	B
60 días	11.53	9	0.1	A

ANEXO 18. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de sólidos solubles por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicada en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.35343				
Error: 0.0863 gl: 18				
Dosis	Medias	n	E.E.	sig
0 % CaCl ₂	11.88	9	0.1	B
2 % CaCl ₂	11.9	9	0.1	B
4 % CaCl ₂	11.56	9	0.1	A

ANEXO 19. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de acidez titulable en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	0.29	8	0.04	15.55	<0.0001	
Dosis	1.40E-03	2	6.90E-04	0.29	0.7492	ns
Tiempo	0.28	2	0.14	60.79	<0.0001	**
Dosis*Tiempo	0.01	4	1.30E-03	0.55	0.7001	ns
Error	0.04	18	2.30E-03			
Total	0.33	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
AT	27	0.87	0.82	14.3		

ANEXO 20. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de acidez titulable por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.05821				
Error: 0.0023 gl: 18				
Tiempo	Medias	n	E.E.	sig
20 días	0.43	9	0.02	B
40 días	0.38	9	0.02	B
60 días	0.2	9	0.02	A

ANEXO 21. ANVA del efecto de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de acidez titulable en la manzana ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	0.2	8	0.02	54.85	<0.0001	
Dosis	3.70E-03	2	1.90E-03	4.17	0.0324	*
Tiempo	0.19	2	0.1	213.01	<0.0001	**
Dosis*Tiempo	2.00E-03	4	5.00E-04	1.12	0.3792	ns
Error	0.01	18	4.50E-04			
Total	0.2	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
AT	27	0.96	0.94	10.15		

ANEXO 22. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de acidez titulable por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02546				
Error: 0.0004 gl: 18				
Tiempo	Medias	n	E.E.	sig
20 días	0.33	9	0.01	B
40 días	0.16	9	0.01	A
60 días	0.14	9	0.01	A

ANEXO 23. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de acidez titulable por efecto de la dosis de Cloruro de calcio aplicada en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.02546				
Error: 0.0004 gl: 18				
Dosis	Medias	n	E.E.	sig
0 % CaCl ₂	0.22	9	0.01	B
2 % CaCl ₂	0.21	9	0.01	AB
4 % CaCl ₂	0.19	9	0.01	A

ANEXO 24. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el índice de madurez en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	5404	8	675.5	34.52	<0.0001	
Dosis	87.12	2	43.56	2.23	0.1368	ns
Tiempo	5208.07	2	2604.04	133.08	<0.0001	**
Dosis*Tiempo	108.8	4	27.2	1.39	0.277	ns
Error	352.21	18	19.57			
Total	5756.21	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
TSS/AT	27	0.94	0.91	10.99		

ANEXO 25. Prueba de Tukey para la variable índice de madurez por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha=0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.32191				
Error: 19.5673 gl: 18				
Tiempo	Medias	n	E.E.	sig
20 días	28.51	9	1.47	A
40 días	32.51	9	1.47	A
60 días	59.76	9	1.47	B

ANEXO 26. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el índice de madurez en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	11682.92	8	1460.36	38.09	<0.0001	
Dosis	200.18	2	100.09	2.61	0.101	ns
Tiempo	11333.05	2	5666.52	147.81	<0.0001	*
Dosis*Tiempo	149.7	4	37.42	0.98	0.4449	ns
Error	690.04	18	38.34			
Total	12372.96	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
TSS/AT	27	0.94	0.92	9.48		

ANEXO 27. Prueba de Tukey para la variable índice de madurez por efecto del tiempo en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.44910				
Error: 38.3357 gl: 18				
Tiempo	Medias	n	E.E.	sig
20 días	36.82	9	2.06	A
40 días	74.81	9	2.06	B
60 días	84.22	9	2.06	C

ANEXO 28. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de calcio en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	34.18	8	4.27	11.08	<0.0001	
Dosis	12.41	2	6.2	16.09	0.0001	*
Tiempo	14.94	2	7.47	19.37	<0.0001	**
Dosis*Tiempo	6.83	4	1.71	4.43	0.0114	*
Error	6.94	18	0.39			
Total	41.12	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Ca	27	0.83	0.76	4.44		

ANEXO 29. ANVA de efectos simples de la i-ésima dosis de Cloruro de calcio aplicado con el i-ésimo nivel de tiempo de almacenamiento en frío y viceversa sobre el porcentaje de calcio en las manzanas ‘Anna’ a la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Porcentaje de Calcio (alpha al 0.05)						
FV	GL	SC	CM	F-CAL	P-VALOR	SIGN
Dosis (20 días)	2	5.336	2.668	8.289	3.555	*
Dosis (40 días)	2	10.962	5.481	17.030	3.555	*
Dosis (60 días)	2	9.269	4.634	14.399	3.555	*
Tiempo (0% CaCl ₂)	2	4.442	2.221	6.901	3.555	*
Tiempo (2% CaCl ₂)	2	11.007	5.503	17.099	3.555	*
Tiempo (4% CaCl ₂)	2	4.216	2.108	6.549	3.555	*
Error	18	5.793	0.322			

ANEXO 30. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 20 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha=0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
20 días (0 % CaCl ₂)	12.23	A
20 días (2 % CaCl ₂)	14.07	B
20 días (4 % CaCl ₂)	13.53	B

ANEXO 31. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 40 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha=0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
40 días (0 % CaCl ₂)	12.07	A
40 días (2 % CaCl ₂)	13.53	AB
40 días (4 % CaCl ₂)	14.77	B

ANEXO 32. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 60 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha=0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
60 días (0 % CaCl ₂)	13.63	A
60 días (2 % CaCl ₂)	16.1	B
60 días (4 % CaCl ₂)	15.13	B

ANEXO 33. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 0% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos de salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha=0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
0 % CaCl ₂ (20 días)	12.23	A
0 % CaCl ₂ (40 días)	12.07	A
0 % CaCl ₂ (60 días)	13.63	B

ANEXO 34. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 2% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos de salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
2 % CaCl ₂ (20 días)	14.07	A
2 % CaCl ₂ (40 días)	13.53	A
2 % CaCl ₂ (60 días)	16.1	B

ANEXO 35. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 4% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos de salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
4 % CaCl ₂ (20 días)	13.6	A
4 % CaCl ₂ (40 días)	14.77	AB
4 % CaCl ₂ (60 días)	15.13	B

ANEXO 36. ANVA de los efectos de la dosis de cloruro de calcio aplicada, tiempo de almacenamiento en frío y su interacción, sobre el porcentaje de calcio en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	sig
Modelo	59.95	8	7.49	18.51	<0.0001	
Dosis	42.38	2	21.19	52.34	<0.0001	**
Tiempo	9.53	2	4.76	11.77	0.0005	*
Dosis*Tiempo	8.04	4	2.01	4.97	0.0071	*
Error	7.29	18	0.4			
Total	67.24	26				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Ca	27	0.89	0.84	4.66		

ANEXO 37. ANVA de efectos simples de la i-ésima dosis de Cloruro de calcio aplicado con el i-ésimo nivel de tiempo de almacenamiento en frío y viceversa sobre el porcentaje de calcio en las manzanas ‘Anna’ a los siete días posteriores de la salida de almacenamiento en frío. ($\alpha= 0,05$)

Porcentaje de Calcio (ALPHA AL 0.05)						
FV	GL	SC	CM	F-CAL	F-tab	SIGN
Dosis (20 días)	2	11.420	5.710	14.105	3.555	*
Dosis (40 días)	2	27.056	13.528	33.417	3.555	*
Dosis (60 días)	2	11.949	5.974	14.758	3.555	*
Tiempo (0% CaCl ₂)	2	4.487	2.243	5.542	3.555	*
Tiempo (2% CaCl ₂)	2	10.127	5.063	12.508	3.555	*
Tiempo (4% CaCl ₂)	2	2.960	1.480	3.656	3.555	*
Error	18	7.287	0.405			

ANEXO 38. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto a los siete días después de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 20 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha= 0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
20 días (0 % CaCl ₂)	11.83	A
20 días (2 % CaCl ₂)	12.33	A
20 días (4 % CaCl ₂)	14.43	B

ANEXO 39. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto a los siete días después de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 40 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha= 0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
40 días (0 % CaCl ₂)	11.4	A
40 días (2 % CaCl ₂)	14.9	B
40 días (4 % CaCl ₂)	15.23	B

ANEXO 40. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto a los siete días después de la salida de las manzanas ‘Anna’ a los 60 días de almacenamiento en frío interactuando con las diferentes dosis de cloruro de calcio. ($\alpha= 0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
60 días (0 % CaCl ₂)	13.07	A
60 días (2 % CaCl ₂)	13.97	AB
60 días (4 % CaCl ₂)	15.83	B

ANEXO 41. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 0% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos a los siete días después de la salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
0 % CaCl ₂ (20 días)	11.83	AB
0 % CaCl ₂ (40 días)	11.4	A
0 % CaCl ₂ (60 días)	13.07	B

ANEXO 42. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 2% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos a los siete días después de la salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
2 % CaCl ₂ (20 días)	12.33	A
2 % CaCl ₂ (40 días)	14.9	B
2 % CaCl ₂ (60 días)	13.97	AB

ANEXO 43. Prueba de Tukey para la variable porcentaje de calcio por efecto de la aplicación de 4% de cloruro de calcio interactuando con los diferentes tiempos a los siete días después de la salida de almacenaje en frío de las manzanas ‘Anna’. ($\alpha= 0,05$)

Tratamiento	Medias	Sig
4 % CaCl ₂ (20 días)	14.43	A
4 % CaCl ₂ (40 días)	15.23	AB
4 % CaCl ₂ (60 días)	15.83	B