



Facultad de Veterinaria
Universidad Zaragoza



Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

Índice

Resumen/Abstract	2
Resumen.....	2
Abstract	2
Introducción	3
Objetivos.....	10
Materiales y métodos.....	11
Materiales.....	11
Métodos.....	16
Resultados y discusión.....	20
Conclusiones/Conclusions	34
Conclusiones	34
Conclusions	35
Valoración personal.....	35
Bibliografía.....	36
Anexo	39

1.- RESUMEN/ABSTRACT

1.1.- RESUMEN

Aunque su producción no es de las más importantes en Europa, la manzana se cuenta entre los frutos más producidos consumidos en España, por detrás de las cerezas y melocotones en cuanto a producción, y por detrás de la naranja y el plátano en cuanto al consumo. Existen a su vez diversas variedades de manzana donde la Golden Delicious ocupa en primer lugar. Al igual que otros frutos, su consumo se extiende durante todo el año a pesar de que la recolección se realiza entre los meses de agosto y octubre, dependiendo de su variedad. Es por ello que para consumirla fresca durante todo el año deben guardarse en cámaras de atmósfera controlada, donde el contenido en oxígeno es reducido. Además, la temperatura se mantiene también baja. No debemos olvidar tampoco que existe un mercado de venta de gajos de manzana ultracongelada para consumir "fresca" o utilizarla en postres. Por todo esto, puede resultar de interés conocer el comportamiento del fruto y se va a realizar un estudio de las alteraciones del color, pérdidas de peso y modificación de la forma de las manzanas al congelarlas mediante un túnel de congelación en diferentes condiciones de velocidad del aire y tiempo de congelación.

Los resultados obtenidos indican que la velocidad del aire y el tiempo de congelación influyen en las características de la manzana. Una velocidad del aire baja produce cristales de hielo más grandes, que producen más deformaciones, pérdidas de peso y variaciones de color que una velocidad del aire elevada, mientras que un tiempo de congelación elevado produce mayores defectos estructurales produciendo esponjosidad, pero mantiene mejor y más homogéneo el color.

1.2.- ABSTRACT

Although its production is not the most important in Europe, the apple is among the most produced and consumed fruits in Spain, after the cherries and peaches in terms of production, and after the orange and banana in terms of consumption. There are several apple varieties where Golden Delicious occupies first. Like other fruits, its consumption extends throughout the year despite the fact that the harvest is carried out between the months of August and October, depending on its variety. That is why to consume it fresh

throughout the year they must be stored in chambers of controlled atmosphere, where the oxygen content is reduced. In addition, the temperature is also kept low. We must not forget that there is a market for selling frozen apple segments to consume "fresh" or use it in desserts. For all this, it may be of interest to know the behavior of the fruit and a study of the alterations of the color, weight loss and modification of the shape of the apples will be carried out when frozen by means of a freezing tunnel in different conditions of speed of the air and freezing time.

The results obtained indicate that air velocity and freezing time influence the characteristics of the apple. A low air velocity produces larger ice crystals, which produce more deformations, weight losses and color variations than a high air velocity, while a high freezing time produces greater structural defects producing sponginess but maintains better and more homogeneous color.

2.- INTRODUCCIÓN

La producción de fruta experimentó un crecimiento del 29,1% en 2013 con respecto a 2004. El gran crecimiento de la producción en países como los Estados Unidos o Italia, con un 17% y 14% respectivamente, se sumó al crecimiento de los demás países y logró una producción total de 1871,91 millones de toneladas de frutas en 2013. Sin embargo, pese al crecimiento de la producción general también se produjeron retrocesos en los países con mayor producción hasta el momento. China se mantuvo como el mayor productor de fruta del mundo, pero tuvo un descenso en la producción de alrededor del 30%. Esta tendencia la siguen la mayoría de los países del top 10 en producción de fruta (Hortoinfo, 2016).

De los resultados, cabe resaltar que España se encuentra dentro del top 10 de países productores de fruta en 2013. Sin embargo, no sigue ninguna de las tendencias descritas anteriormente. No se produjeron ni los grandes descensos en la producción de los principales productores, ni los grandes crecimientos de algunos países. La producción de fruta en España descendió un 0,15% con respecto a 2004, manteniéndose prácticamente en los mismos números con un descenso nulo (FAO ,2019). Si nos fijamos más en detalle, la producción de fruta en España aumentó en 2015 convirtiéndose en el primer productor de frutas de la Unión Europea (EFEAgro Información agroalimentaria, 2016). Se destaca la producción de melocotones y fresas, en las que España se sitúa como el mayor

productor de Europa, siendo segundo en el caso de la producción de verduras y tercero en la producción de cereza. Sin embargo, la fruta más cultivada en Europa fue la manzana, con 12,7 millones de toneladas cosechadas en 2015. En la producción de esta fruta destaca Polonia con un cuarto de la producción total en la Unión Europea, Italia y Francia. Si nos centramos en España, la producción anual de manzanas entre 2015 y 2017 fue de 473.700 toneladas, lo que equivale a un 4% de la producción total de manzanas de la Unión Europea, manteniendo la producción española muy alejada de la de los principales países productores. Además, desde el año 2002 hasta el año 2013 la producción de manzanas en España decreció, incrementándose ligeramente en 2013 para luego mantenerse constante hasta 2017.

Las grandes diferencias entre la producción de manzana en España y en los principales productores de esta fruta radica en el clima, siendo la manzana una mejor opción en países como Francia o Italia. Por esta razón, la producción de fruta en España se dirige hacia frutas con hueso como el melocotón o las cerezas como se ha comentado anteriormente. Es lógico por lo tanto que la mayor parte de manzanas consumidas en España procedan de la importación (Iglesias Castellarnau, Carbó Pericay, 2018). En lo que respecta a la Comunidad Autónoma de Aragón, destaca la producción de cereza al ser el principal productor nacional, y la de melocotón y manzana, siendo el segundo productor nacional (GOBIERNO DE ARAGÓN, 2019).

Si nos centramos ahora en el consumo mundial de manzana, éste ha crecido de forma constante en los últimos años, siendo en el año 2016 del 3%. Como es lógico, el consumo de manzana de un país se encuentra estrechamente relacionado con la producción de manzana del país. De esta forma, los principales países consumidores de manzana son China, Estados Unidos, Polonia, India, Rusia, Irán y Turquía. Al igual que en la producción, China es el mayor consumidor de manzana del mundo con una gran diferencia respecto al segundo mayor consumidor. China consume un 48% de las manzanas producidas, lo que supone casi la mitad del total en el mercado mundial. Además, el consumo en China se ha mantenido en crecimiento, aumentado en un 5,4% entre 2007 y 2016. En Europa, el país con mayor crecimiento en el consumo de manzanas es también el país con mayor producción, Polonia, que creció un 15,2% entre 2007 y 2016. Además, Polonia también es el país con mayor consumo per cápita con 67,5 kg/año, mientras que Turquía e Irán cuentan con un 35,4 kg/año y 34,7 kg/año respectivamente en 2016 y China se queda en unos 31,4 kg/año. China no es el país con mayor consumo

per cápita, pese a ser el país con más producción. Sin embargo, se encuentra muy por encima de la media mundial, que se sitúa en 12,2 kg/año (IndexBox, 2018 citado en ICEX España Exportación e Inversiones 2018).

Estos países son también los principales exportadores de manzanas. A China, Estados Unidos y Polonia se une Italia, Chile, Francia y Sudáfrica, llegando al 70% de las exportaciones totales. En el caso de las importaciones, Rusia es el país con mayor importación de manzana, seguido de Alemania, Bielorrusia, Reino Unido, Egipto, Estados Unidos y España (IndexBox, 2018 citado en ICEX España Exportación e Inversiones 2018).

Según los analistas el rendimiento del mercado seguirá su tendencia al alza y se expandirá con una tasa de crecimiento anual superior al 2% entre 2016 y 2025, llegando a superar los 107 millones de toneladas en 2025 (IndexBox, 2018 citado en ICEX España Exportación e Inversiones 2018). Las manzanas son un producto muy comercializado en los mercados internacionales debido en buena medida a la necesidad de productos importados ante situaciones de producción local insuficiente y finales de temporadas. El volumen de importaciones mundiales ascendió en 2016 a unos nueve millones de toneladas y Rusia fue el principal comprador, con 790.000 toneladas, seguida por Alemania, con unas 602.000 toneladas, y Bielorrusia, con casi 600.000 toneladas. Estos países, junto con el Reino Unido, Egipto, Estados Unidos y España, representaron el 36% de las compras mundiales en ese año (ICEX España Exportación e Inversiones 2018, Fresh Plaza 2018).

El consumo de frutas y verduras es fundamental para una dieta saludable. La ingesta de al menos 400 g diarios de frutas y verduras (excluyendo patatas y otros tubérculos feculentos) puede ayudar en la prevención de enfermedades crónicas (cardiovasculares, cáncer...), además de aportar micronutrientes, que pueden ser de gran importancia en los países menos desarrollados, o fibra dietética. El consumo actual estimado de frutas y verduras es muy variable en todo el mundo, oscilando entre 100 g/día en los países menos desarrollados y aproximadamente 450 g/día en Europa Occidental (Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud, 2004, citado en OMS). Según el Informe sobre la salud en el mundo (OMS, 2002, citado en OMS, 2004), una ingesta insuficiente de frutas y verduras es uno de los 10 factores de riesgo principales que contribuyen a la mortalidad atribuible, siendo posible ayudar a salvar hasta 1,7 millones de vidas con un consumo de frutas y verduras adecuado e integrándolas en la dieta. Según

la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004), las dietas malsanas y la inactividad física son importantes factores de riesgo de enfermedades crónicas. Los informes de expertos nacionales e internacionales y las revisiones de la bibliografía científica actual hacen recomendaciones sobre la ingesta de nutrientes para prevenir las enfermedades crónicas.

Con respecto a la dieta, las recomendaciones, tanto poblacionales como individuales, deben consistir en (OMS, 2004):

- Lograr un equilibrio calórico y un peso saludables.
- Reducir la ingesta calórica procedente de las grasas, cambiar las grasas saturadas por las insaturadas y eliminar los ácidos grasos trans.
- Aumentar el consumo de frutas, verduras, legumbres, cereales integrales y frutos secos.
- Reducir la ingesta de azúcares libres.
- Reducir el consumo de sal (sodio), cualquiera que sea su fuente, y garantizar que la sal consumida esté yodada.

Al elaborar las políticas y directrices dietéticas nacionales deben tenerse en cuenta estas recomendaciones y la situación local. La mejora de los hábitos dietéticos es un problema de toda la sociedad, y no solo de cada uno de los individuos que la componen. Por consiguiente, requiere un enfoque poblacional, multisectorial, multidisciplinar y adaptado a las circunstancias culturales. Aproximadamente un 19% de los cánceres gastrointestinales, un 31% de las cardiopatías isquémicas y un 11% de los accidentes vasculares cerebrales están relacionados con una ingesta insuficiente de frutas y verduras, siendo la principal causa de muerte por esta insuficiencia producida por enfermedades cardiovasculares (85%) y por cáncer (15%). Una revisión internacional (IARC, 2003, citada en OMS, 2004) de alto nivel sobre el consumo de frutas y verduras y el riesgo de cáncer coordinada por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) concluyó que el consumo de frutas y verduras puede reducir el riesgo de cáncer, y en particular de cánceres gastrointestinales. El CIIC calcula que la fracción prevenible de cánceres debidos a una ingesta insuficiente de frutas y verduras oscila en todo el mundo entre el 5% y el 12%, y entre el 20% y el 30% en el caso de los cánceres gastrointestinales. Por estas razones, la OMS y la FAO lanzaron una iniciativa conjunta de promoción de las

frutas y verduras integrada en la Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud. Mediante esta iniciativa se promueve el consumo de estos alimentos y su inclusión en las políticas dietéticas nacionales. En septiembre de 2004 se celebró en el Centro de la OMS para la Salud y el Desarrollo, en Kobe (Japón), el primer taller conjunto OMS/FAO sobre las frutas, las verduras y la salud y elaboraron un marco para la promoción de las frutas y verduras en los países (OMS, 2004).

Dentro de las frutas y verduras promocionadas por la OMS se encuentran las manzanas. Las manzanas son frutas climatéricas procedentes del manzano, el árbol frutal más cultivado del mundo. Destacan por sus características organolépticas en relación con otros frutos, y hay más de 7500 variedades de manzanas.

- **Forma:** son pomos por lo general de forma ovoide, a veces alargados o redondos, que esconden numerosas semillas de color pardo en su interior. Su piel es casi siempre brillante y lisa.
- **Tamaño y peso:** las manzanas más comercializadas son aquellas cuyo calibre va desde los 75 mm hasta los 85 mm o más. Y su peso oscila entre los 170 y 250 gramos.
- **Color:** los diferentes colores de la piel hacen que se diferencien las frutas en cuatro grupos: verdes, rojas, amarillas y bicolors. Todas ellas con sabores, aromas y calidad de su carne diferentes.
- **Sabor:** la pulpa puede ser dura o blanda, pero siempre refrescante y jugosa, y su sabor va desde el muy dulce al muy ácido pasando por toda una mezcla de gustos acidulados y azucarados. La carne es más o menos aromática según la variedad.

De la misma manera que otros tipos de frutas, las manzanas ayudan a reducir el colesterol alto, los niveles de azúcar en sangre y el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, combaten el estreñimiento y la diarrea, y eliminan toxinas al estimular al hígado y riñones (EcuRed 2019, Eroski consumer n.d.).

La venta de la manzana se realiza en diferentes formatos dependiendo de su finalidad. Se pueden encontrar manzanas frescas con o sin piel, en formato de dulces como los caramelos de manzana o en golosinas...

Las manzanas también se pueden vender congeladas, siendo su principal finalidad la del empleo de las manzanas para preparar postres, helados o zumos. El empleo de

alimentos congelados debe procurar conservar en la medida de lo posible las características propias de los alimentos frescos. Las ventajas de los alimentos congelados se encuentran en la facilidad del manejo y el aumento de la durabilidad. De esta forma se consiguen alimentos inocuos y de fácil distribución durante todo el año. Además, se mejora la rotación de mercancías, se disminuyen los riesgos y se disminuye el empleo de las cámaras de refrigeración (Manuel Domínguez, Carmen García y José M^a Arias, 2009).

La tendencia hacia una alimentación saludable y la evolución de la tecnología, así como la ventaja del tiempo ahorrado en la elaboración de comidas, hace de los vegetales congelados una opción ideal de alimentación, cuya utilización se ve reflejada, por ejemplo, en los Estados Unidos. Según el Instituto Norteamericano de Alimentos Congelados, American Frozen Food Institute (AFFI), la congelación y los procesos de enlatado inhiben el crecimiento de ciertos patógenos, lo que reduce la probabilidad de servir productos contaminados, además de proporcionar flexibilidad en su uso al poder utilizar los vegetales congelados tras varias semanas. Debido al poco tiempo entre recolección y congelación los vegetales congelados conservan sus propiedades nutricionales, sabor, textura, olor y color (Rizzato, 2017).

Sin embargo, la congelación de los alimentos también tiene desventajas, como las pérdidas de peso que ocurren en las frutas congeladas, que se encuentran en torno al 0,1%-0,2% del peso total (Manuel Domínguez, Carmen García y José M^a Arias, 2009).

A pesar de que los alimentos congelados presentan una posibilidad interesante para la industria y los consumidores, los productos requieren de consideraciones de envasado especiales para garantizar que los alimentos mantengan las características de los alimentos frescos y sean seguros. Algunas de estas consideraciones son:

- Seguridad alimenticia. Cuando los alimentos congelados están expuestos al calor o a la luz, pueden descongelarse fácilmente, lo cual puede afectar la inocuidad de los alimentos. Para que los fabricantes continúen cumpliendo las normativas de seguridad en los alimentos, estos deben escoger envases que fomenten la estabilidad térmica y ayuden a evitar su degradación.
- Durabilidad. La durabilidad es crucial. Si un envase se rasga o se abre con facilidad, el alimento en su interior se verá afectado. Los consumidores, los vendedores minoristas y los restaurantes necesitan tener la seguridad de que los

alimentos congelados no sufrirán ni provocarán daños desastrosos y desagradables.

- Calidad. Si la luz, el oxígeno o la humedad penetran en el envase, es posible que el alimento pierda sabor, textura, color o incluso valor nutritivo.
- Promoción. El envase de los alimentos congelados constituye una gran oportunidad para atraer la atención de los consumidores. Los factores clave a tener en cuenta en este segmento incluyen el atractivo visual y un diseño conveniente en el que se lea “fácil de cocinar”. Además, los consumidores a menudo buscan productos con un diseño de envase transparente para poder ver la calidad de los alimentos en su interior (Rizzato, 2017a).

Podemos concluir que la congelación se considera un buen método de conservación de alimentos, aunque también puede producir daños a nivel celular que empeoran la calidad del alimento. Los daños por congelación se producen por la formación de hielo. Los síntomas más comunes para determinar un daño por congelación en fruta son la apariencia externa, que se encuentra cubierta de agua, además de la pérdida de rigidez. Los daños texturales se producen por la ruptura de la membrana plasmática, ya sea debido al crecimiento de cristales de hielo, o por una ruptura de la estructura celular de la membrana. Esto conlleva una liberación de enzimas que contribuyen a la ruptura de las paredes, alteración del color, del sabor, olor o valor nutricional, formando células más grandes, pero con grandes espacios intercelulares. Por esta razón, los productos congelados pueden presentar una textura esponjosa.

Algunos de los factores más influyentes en los daños por congelación son los tipos de materiales, calidad y madurez de estos, tiempo entre recogida y procesado, y resistencia al daño por congelación. Por estos factores, las manzanas se consideran frutos de una resistencia media a los daños por congelación (Hui, Barta and Cano, 2006).

A medida que mejoran las tecnologías y crece el mercado de vegetales congelados, también lo hacen los métodos de envasado para mantener las características de los alimentos. Aunque hay diferentes formas de envasado en la actualidad, se destaca el envasado vertical debido a que ofrecen flexibilidad, sellados de alto rendimiento, diseños higiénicos y confiabilidad, incluso en entornos hostiles (Rizzato, 2017b).

Debido a los beneficios obtenidos mediante la congelación de la manzana, se estimó necesario realizar una investigación de los daños producidos en la manzana por el tratamiento de congelación en túnel de congelación. De esta forma se buscaron soluciones a los problemas derivados de la congelación variando distintos parámetros para encontrar un tratamiento óptimo o adecuado mediante la maquinaria utilizada.

3.- OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo experimental es estudiar el comportamiento de las manzanas frente a distintos tratamientos de congelación y su efecto. A continuación, indicamos los objetivos parciales que se relacionan con un parámetro en concreto del estudio.

1. Estudiar las relaciones entre el tiempo de congelación y los daños en las manzanas a través de distintos parámetros:

- a. Cambios de peso.
- b. Cambios en el diámetro horizontal.
- c. Cambios en el diámetro vertical.
- d. Cambios en el color de la pulpa.

2. Estudiar las relaciones entre la velocidad del aire del túnel de congelación y los daños en las manzanas a través de distintos parámetros:

- a. Cambios de peso.
- b. Cambios en el diámetro horizontal.
- c. Cambios en el diámetro vertical.
- d. Cambios en el color de la pulpa.

3. Determinar el tratamiento a aplicar en túnel de congelación que sea menos agresivo para las manzanas.

Para poder conseguir estos objetivos parciales hemos procedido a realizar todos los análisis expuestos en el trabajo, que se detallan en el apartado de materiales y métodos.

4.- MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección se detallan los materiales utilizados (material vegetal e instrumentación) así como los métodos utilizados para llevar a cabo el trabajo.

4.1.- MATERIALES

Para la realización de este TFG se recibieron 92 manzanas Golden Delicious procedentes del Corte Inglés en dos tandas diferentes de 40 y 52 manzanas.

Por esta razón no es posible asegurar que la totalidad de las manzanas procedan del mismo cultivo, lo que podría aportar variedad al estudio debido a las diferentes características de las manzanas, como su grado de maduración o firmeza.

Instrumentos utilizados:

- Balanza científica (PCE, Max 2100 g y $d=0,01$ g): Las balanzas son instrumentos utilizados para determinar la masa de un cuerpo. Se debe realizar una calibración con varias pesas de peso conocido, colocando la diferencia entre el valor de la pesa para determinar el valor del error, que se le restará a los valores de las pesadas. Una vez calibrada la balanza, se debe tarar previamente a cada pesada para obtener el valor más exacto del peso del objeto a pesar, evitando errores.



Ilustración 1.- Balanza utilizada en las pesadas de las manzanas.

- Pie de rey o calibre: Como dice Eduardo J. Stefanelli (n.d.) el calibre es un instrumento de medición dotado de una escala y un cursor que desliza en él y fue concebido para tomar dimensiones lineales por contacto.

Para realizar las mediciones con el calibre se han de seguir unos pasos:

1. Apertura del calibre un poco más que el objeto a ser medido.
2. Colocación del objeto en la abertura.
3. Cierre del instrumento hasta que haya contacto entre las caras y el objeto, que deben estar paralelos.
4. Hacer la lectura e interpretar la medida. Para esto se observa el lugar en el que corta la línea del 0 de la parte inferior de la imagen con respecto al cuerpo principal del calibre. De esta forma se consiguen los centímetros y milímetros, para las décimas de milímetro se observa la primera línea que se une perfectamente a la de la parte principal del calibre.
5. Abrir el calibre y retirar el objeto
6. Repetir la operación para confirmar la medida.



Ilustración 2.- Calibre o pie de rey utilizado en las medidas de los diámetros de las manzanas.

- Túnel de congelación (marca TARRE, S.A. y modelo ITA 100-SYEH): Un túnel de congelación o túnel de enfriamiento rápido es un sistema para congelar que trabaja de forma rápida y controlada en ambientes industriales y de negocios, principalmente, del sector agroalimentario (COSMOS, n.d.). Un tutorial de cómo usarlo se puede encontrar en:

https://www.youtube.com/watch?time_continue=4&v=kOISe6X7Wk&feature=emb_logo

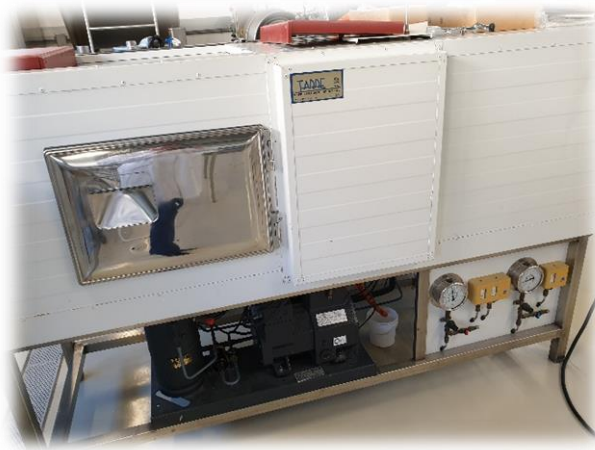


Ilustración 3.- Túnel de congelación utilizado para congelar las manzanas.

- Sonda de temperatura de punción (Pt100): Realiza la punción hasta el centro de la manzana, obteniendo el valor de temperatura es ese punto.
- Data logger (ALMEMO): Se conecta con la sonda de temperatura y apunta los valores de tiempo y temperatura.
- Nevera: Es un equipo utilizado en cocina y en trabajo de laboratorio que consiste en un armario aislado térmicamente, con un compartimento principal en el que se mantiene una temperatura de entre 2 y 6 °C (Wikipedia, n.d.).



Ilustración 4.- Nevera utilizada para descongelar en refrigeración(2°C) las manzanas.

- Refractómetro: El Refractómetro es un instrumento óptico que estudia la refracción de la luz para medir el índice de refracción de líquidos y sólidos translúcidos y de ahí obtener una medida de cantidad de sólidos solubles.



Ilustración 5.- Refractómetro utilizado para obtener los grados Brix de las manzanas.

Antes de llevar a cabo las mediciones se debe calibrar el refractómetro, para ello se coloca agua destilada sobre el prisma principal limpio, se cierra el cubreobjetos y se gira el tornillo de ajuste hasta que la línea de cambio de color se encuentre en el cero al mirar por el ocular.

Una vez calibrado se siguen los siguientes pasos:

1. Se colocan 1 o 2 gotas de la muestra sobre el prisma principal.
 2. Se cierra el cubreobjetos evitando la formación de burbujas.
 3. Se obtiene un valor en grados Brix al observar la línea de frontera a través de la lente ocular.
 4. Se lava con agua destilada y se seca con papel (Laboratorio Químico, n.d.).
- Penetrómetro: Se utilizan para medir la firmeza o dureza en todo tipo de frutas. Los penetrómetros son ideales para determinar el momento óptimo de recolección o para controlar la evolución de la maduración de gran cantidad de frutas. La firmeza de la fruta es uno de los parámetros más utilizados en el control de su maduración junto al control de sólidos solubles mediante refractómetros (PCL Ibérica S.L., n.d.).

Se coloca contra la fruta aplicando fuerza hasta que la punta del penetrómetro penetra en la fruta hasta el nivel marcado y se lee el valor.



Ilustración 6.- Penetrómetro utilizado para las medidas de firmeza de las manzanas.

- Escáner (marca HP y modelo SCaniet G4010): con una resolución de 1200 pp y calibrado en color. Se utilizó para obtener las imágenes de la pulpa de las manzanas una vez abiertas.



Ilustración 7.- Escáner utilizado para obtener las imágenes de la pulpa de las manzanas que luego se analizan en ordenador.

- Película de plástico: su objetivo es evitar el contacto entre la manzana y el escáner.
- Ordenador: se utilizó un ordenador en el que se emplearon varios programas:
 1. Excel: programa en el que se realizaron las tablas y gráficas.
 2. Matrox: programa utilizado para el análisis del color de las manzanas.
 3. SPSS Statistics v.25: programa en el que se realizaron los análisis estadísticos de los resultados.

4.2.- MÉTODOS

El procedimiento empleado se muestra de forma simplificada en el siguiente diagrama de flujo, comenzando con la recepción de las manzanas y terminando con la medición del color. Una vez terminado el procedimiento establecido en el diagrama se realizaron las tablas y análisis estadísticos de los datos obtenidos.

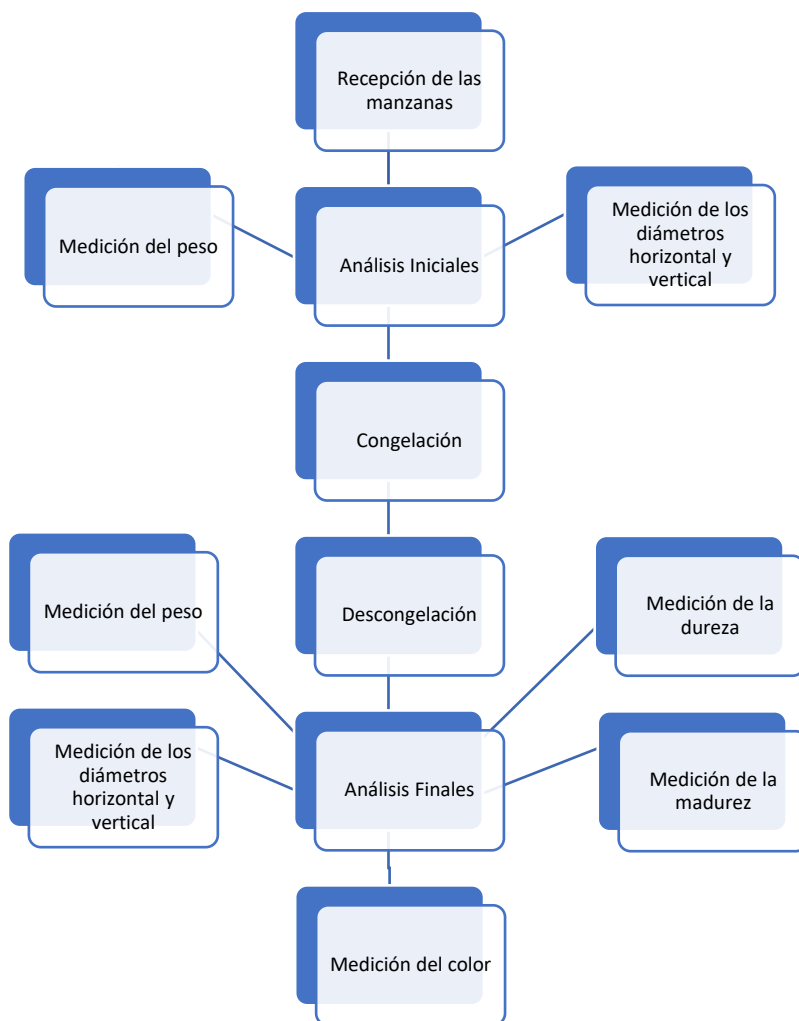


Ilustración 3.-Diagrama de flujo del proceso realizado en este Trabajo de Fin de Grado.

Lo primero fue seleccionar grupos de manzanas para realizar las pruebas, se dividieron en grupos de entre 8 y 14 manzanas y se llevaron al laboratorio.

Una vez en el laboratorio se escogió un grupo de manzanas y se le realizaron los análisis previos a la congelación:

- Peso inicial: se obtenía el valor del peso de cada manzana utilizando una balanza científica. Los resultados se encontraron expresados en gramos.
- Diámetro horizontal inicial: se medía mediante el uso de un pie de rey a lo ancho de la manzana. Los resultados se expresaron en milímetros.
- Diámetro vertical inicial: se medía mediante el uso de un pie de rey a lo largo de la manzana. Los resultados se expresaron en milímetros.

Posteriormente se encendía el túnel de congelación y se establecían los distintos parámetros de temperatura del aire y velocidad del aire. La temperatura del aire se estableció como fija en $-24,5^{\circ}\text{C}$, mientras que la velocidad del aire y tiempo de congelación se variaron.

Tras unos minutos con el túnel de congelación encendido se introducían las manzanas de un mismo grupo, repartiéndolas homogéneamente por el suelo del túnel.

Para las primeras 40 manzanas se escogieron 4 grupos de 10 manzanas cada uno, empleando 1 grupo para establecer el control y los otros 3 para determinar la relación entre tiempo de tratamiento y los daños en la manzana. Para las primeras 40 manzanas se mantuvieron temperatura y velocidad del aire constantes. De esta forma se obtuvo el tiempo en el que se producían menos daños texturales, con menos mermas, de entre los tres estudiados.

1. Se varió el tiempo en el túnel de congelación de las manzanas, manteniendo la temperatura del aire ($-24,5^{\circ}\text{C}$) y velocidad del aire fijas (60 unidades en la ruleta de velocidad del aire del túnel de congelación).

- Tiempo en el túnel: 2 horas
- Tiempo en el túnel: 2 horas y media
- Tiempo en el túnel: 3 horas

Posteriormente se emplearon las siguientes 52 manzanas y se dividieron en 4 grupos de unas 14 manzanas, procurando que en cada grupo se encontraran únicamente las manzanas procedentes de la misma bolsa. De esta forma se intentó que hubiera la menor variabilidad posible.

Cada grupo de manzanas contaba con el tiempo de tratamiento determinado anteriormente y distintas velocidades del aire en el túnel de congelación. De esta forma

se obtuvieron las relaciones de la velocidad del aire y los daños en las manzanas, así como la velocidad del aire más adecuada para la congelación de las manzanas.

2. Se varió la velocidad del aire, manteniendo el tiempo en el túnel (2h30min.) y la temperatura del aire constantes (-24,5°C).

- Velocidad del aire: 60 unidades.
- Velocidad del aire: 120 unidades.
- Velocidad del aire: 180 unidades.
- Velocidad del aire: 210 unidades.
- Velocidad del aire: 240 unidades.

Tras apagar el equipo y llevar las manzanas congeladas al laboratorio las manzanas se dejaron descongelar al aire libre en una primera tanda de manzanas, para después pasar a descongelar en refrigeración. Se pasó a descongelar en refrigeración tras observar los grandes daños producidos en la manzana durante la descongelación a temperatura ambiente. Las manzanas se dejaron descongelar en refrigeración durante 24 horas aproximadamente, tras lo cual se realizaban los análisis posteriores a la congelación. Debido a la disparidad de las manzanas de diferentes lotes se analizó el grado de maduración y la firmeza de todas las manzanas tras el tratamiento. Se midieron los siguientes parámetros:

- Peso final: se obtenía el valor del peso de cada manzana utilizando una balanza científica. Los resultados se encontraron expresados en gramos.
- Diámetro horizontal final: se medía mediante el uso de un pie de rey a lo ancho de la manzana. Los resultados se expresaron en milímetros.
- Diámetro vertical final: se medía mediante el uso de un pie de rey a lo largo de la manzana. Los resultados se expresaron en milímetros.
- Madurez: se medía mediante el uso de un refractómetro con una gota de líquido de cada manzana, obteniendo los resultados en grados Brix.
- Dureza: se medía mediante un penetrómetro manual, dando los resultados en kg.

En este caso se realizaban los mismos análisis que previamente a la congelación, pero añadiendo los análisis de madurez en grados Brix y de dureza con el penetrómetro manual.

Una vez realizadas estas mediciones y recogidos los resultados se partieron las manzanas por la mitad y se llevaron a un escáner. Se utilizó una película plástica para evitar el contacto de la manzana con la superficie de cristal del escáner, debido a la cantidad de agua perdida por la manzana al presionarlas con la tapa del escáner.

Las imágenes obtenidas con el escáner se analizaban entonces en el ordenador con el programa Matrox, así se obtenían los datos de área de píxeles medidos, media de cantidad de color en esa área, máximo de color en esa área y total de cada uno de los tres colores empleados en el sistema RGB. Estos datos se obtienen con el gráfico de picos de color en el área elegida de la manzana.

Con los datos de colores obtenidos se realizaron gráficas de variación de color con respecto al tiempo de congelación y con respecto a la velocidad del aire.

Tal y como se ha mencionado, se realizaron análisis para obtener los datos de peso antes y después del tratamiento, las variaciones en el diámetro horizontal y vertical antes y después del tratamiento, y las variaciones de color. Se obtuvieron datos de madurez en grados Brix con el refractómetro y de firmeza con el penetrómetro para comprobar la homogeneidad de las manzanas.

Una vez tomados todos los datos (nombrados anteriormente) de las manzanas, se llevaron a cabo diversos análisis estadísticos para tratar de encontrar relaciones entre los mismos, además de verificar la congruencia de éstos. Para dichos análisis estadísticos se utilizó el programa SPSS Statistics v.25. Los parámetros analizados en las manzanas fueron pesos, diámetro horizontal y vertical antes y después del tratamiento de congelación, así como los incrementos de dichos parámetros. El procedimiento fue el siguiente:

1. Se ordenaron los datos en una hoja de Excel.
2. Se abrió esa hoja de Excel con el programa SPSS Statistics v.25.
3. Se nombraron los datos, poniendo etiquetas en los tratamientos.
4. Se analizaron los datos para test descriptivos y de normalidad.

De esta forma se obtuvieron las medias, desviaciones y el valor de la normalidad, entre otros.

5. En caso de que el resultado de las pruebas de normalidad fueran $P < 0,05$ se establece una diferencia significativa, indicando que hay que transformar los datos. Esto se puede hacer mediante raíz, inversa, logaritmo neperiano, ...
6. Si el valor de normalidad da lugar a diferencias no significativas, se continúa con la prueba ANOVA (análisis de varianza). Previo al análisis de varianza se realiza la prueba de Levene para determinar homogeneidad de varianza, y se realizan pruebas post-hoc, Tuckey y Duncan.

Si los resultados de la prueba de Levene salen significativos ($P > 0,05$), las varianzas no son homogéneas, se debe realizar transformación de los valores iniciales.

7. Con estas pruebas, en el caso de que el ANOVA sea significativo, se pueden establecer la presencia de diferentes grupos en una misma medida según la separación de medias.

5.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a través de las pruebas experimentales que se detallan en el capítulo de Materiales y Métodos.

La desviación estándar en los valores de grados Brix caso es de 1,36, lo que equivale a un 9,64% del valor medio de grados Brix analizados en las manzanas.

En términos generales, podemos resaltar que, debido a la variedad de maduración de las manzanas procedentes del Corte Inglés, no es posible establecer una relación entre los daños por la congelación y la madurez de las manzanas.

Por otro lado, el valor de dureza ha sido difícil de valorar, ya que las manzanas descongeladas se encontraban en una situación tal que era prácticamente imposible obtener un valor en el penetrómetro si se les quitaba la piel a las manzanas. Por esta razón se deduce que la piel es una gran barrera protectora de las manzanas y que las consecuencias de la congelación son menores en la piel.

Respecto a las dos pruebas experimentales realizadas, pasamos a detallar los resultados obtenidos.

1.- Estudiar las relaciones entre el tiempo de congelación y los daños en las manzanas a través de distintos parámetros.

Nota: Se produjo una caída al suelo de dos de las manzanas congeladas 2 horas y media, por lo que no se han tomado en cuenta sus valores finales, aunque se encuentren anotados los iniciales.

1.1.- Cambios de peso.

Los resultados obtenidos en los análisis del peso antes y después del tratamiento de congelación se representan en la tabla 1 del anexo, donde PO es el peso antes de la congelación y PF es el peso después de congelación, ambos en gramos.

Las manzanas del grupo 1-10 son las manzanas control sin congelación, las manzanas 11-20 son las manzanas congeladas 3 horas, las manzanas 21-30 son las congeladas 2 horas y media, y las manzanas 31-40 son las manzanas congeladas 2 horas.

Con los resultados anteriores, lo primero que se detecta es que tanto las manzanas con congelación como las manzanas control sin congelación pierden peso. También se pueden observar pequeñas diferencias en la pérdida de peso dependiendo del tiempo de congelación, resultando mayor la pérdida en tiempo de congelación de 2 horas y media con un total de 35,4 g de pérdida y una media de 4,43 g perdidos en cada manzana, y menor con tiempo de congelación de 3 horas con un total de 16,27 g de pérdida y una media de 1,63 g perdidos por manzana. Esto puede ocurrir debido al menor tiempo de almacenamiento sufrido por las manzanas congeladas 3 horas, que fueron las primeras en congelarse, ocurriendo de forma similar con las manzanas control, es decir, las manzanas congeladas 2 horas y 2 horas y media sufrieron pérdidas de peso antes de producirse la congelación. Esto se observa en la tabla 1 del anexo y el gráfico 1. Además, todas estas pérdidas se encuentran dentro del rango de pérdidas descrito por Manuel Domínguez, Carmen García y José M^a Arias en 2009.

Debido a que en todas las manzanas la congelación es lenta, los cristales de hielo son grandes en los tres casos. Sin embargo, debido a la menor temperatura alcanzada con más tiempo de congelación las manzanas 11-20 son más esponjosas, pero han mantenido mejor el agua, que podría haberse perdido en los transportes de las manzanas y en la descongelación. Sin embargo, se puede observar que la pérdida de peso es mayor en las manzanas conservadas sin congelación.

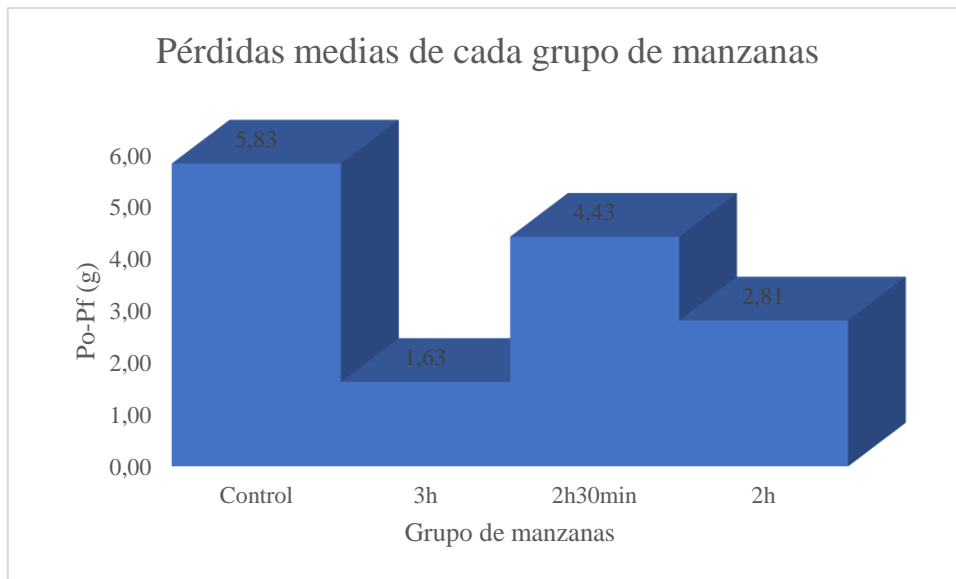


Gráfico 1.- Pérdidas medias de cada grupo de manzanas utilizadas en el objetivo 1.

1.2.- Cambios en el diámetro horizontal

Los resultados obtenidos en los análisis del diámetro horizontal antes y después del tratamiento de congelación se representan en la tabla 2 del anexo, donde DHO es el diámetro horizontal antes de la congelación y DHF es el diámetro horizontal después de congelación, ambos en milímetros. Los resultados para los tres tiempos se muestran en el Gráfico 2.

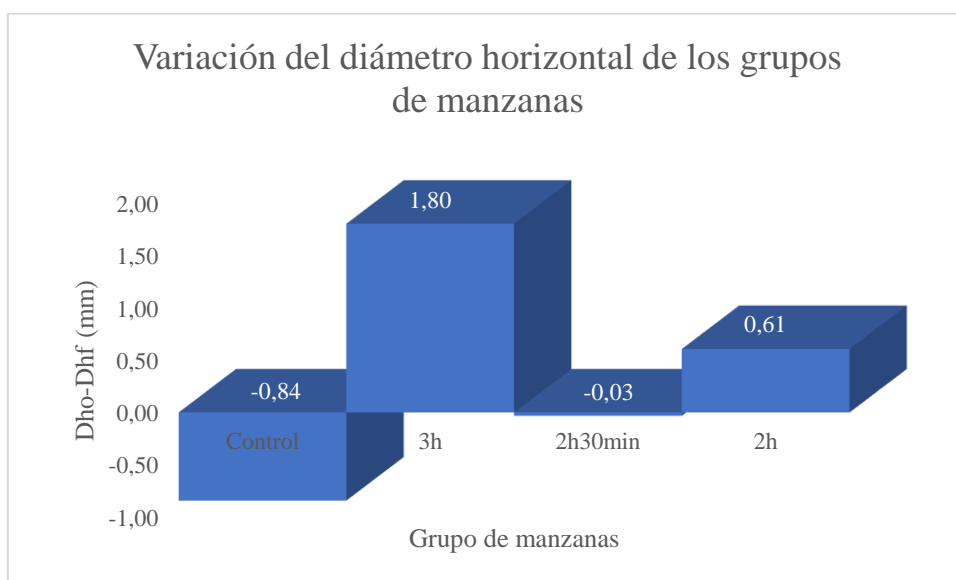


Gráfico 2.- Variación del diámetro horizontal de las manzanas estudiadas en el objetivo 1.

Para realizar este gráfico se han sumado los valores tanto en negativo como en positivo para evitar la mayor cantidad de errores.

En este caso, lo primero que se observa es que los resultados son positivos y negativos, es decir, hay manzanas que tienen un diámetro horizontal mayor tras la congelación y otras cuyo diámetro horizontal inicial es mayor al final. Esto puede ocurrir debido al hinchamiento de las manzanas con la salida del contenido intracelular al espacio intercelular, en cuyo caso aumentaría el tamaño, además del mayor espacio que ha ocupado el agua sólida. También pueden producirse modificaciones del peso durante el manejo de las manzanas una vez descongeladas. Además, las diferencias son grandes entre los tres grupos de manzanas con diferentes tiempos de congelación. Las manzanas que se congelaron más tiempo (3 horas) son las que más deformación muestran, con un total de 18 mm y una media de 1,8 mm por manzana, mientras que las que se congelaron un tiempo intermedio (2 horas y media) prácticamente no tuvieron ninguna alteración con un total de -0,25 mm y una media de -0,03 mm cada manzana. Esto significa que en la mayoría de las manzanas que se congelaron se produjo una disminución del diámetro horizontal, mientras que en las manzanas control se produjo un aumento. La razón de la disminución del diámetro horizontal en las manzanas congeladas parece ser la esponjosidad, que las hace más proclives a deformarse, mientras que las manzanas control tienden al crecimiento con la maduración.

Debido a los cristales de hielo de mayor tamaño las manzanas con mayor tiempo de congelación resultaron más esponjosas y susceptibles de ser alteradas durante el manejo posterior a la congelación, por lo que, durante el transporte, almacenamiento y manipulación se vieron más alteradas.

Por otro lado, debido al mayor tiempo de congelación lenta, los cristales de hielo formados entre las células de las manzanas fueron más grandes. Esto produjo fracturas en las células que fueron incluso mayores que en el resto de las manzanas con congelación lenta. Por esta razón las manzanas eran muy esponjosas y se alteraban fácilmente al tacto.

1.3.- Cambios en el diámetro vertical

Los resultados obtenidos en los análisis del diámetro vertical antes y después del tratamiento de congelación se representan en la tabla 3 del anexo, donde DVO es el diámetro vertical antes de la congelación y DVF es el diámetro vertical después de la congelación, ambos en milímetros. Los datos pueden observarse en el Gráfico 3.

Se nota una mayor deformación vertical, probablemente debido a la colocación de las manzanas en la nevera durante la descongelación.

Se destaca la deformación general de las manzanas 11-20, que alcanzaron temperaturas más bajas que el resto (-10°C), y estuvieron más tiempo en congelación (3 horas).

En este caso sigue la línea del diámetro horizontal, ya que son las manzanas más esponjosas y blandas las que sufren mayores deformaciones.

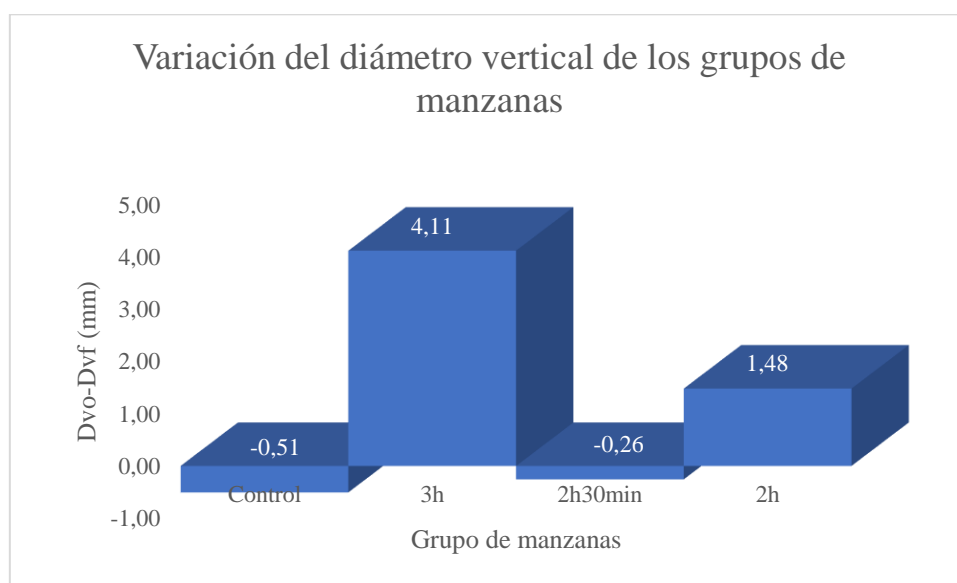


Gráfico 3.- Variación del de las manzanas estudiadas en el objetivo 1.

1.4.- Cambios en el color de la pulpa

Para el análisis del color se estudiaron los tres colores del sistema RGB. Los resultados obtenidos en los análisis del color antes y después del tratamiento de congelación de cada manzana se representan en la tabla 4 del anexo, donde media es la media de cada color entre todos los puntos del área de la pulpa, el máximo es el color máximo encontrado en la pulpa, y la cantidad es la cantidad total de color en toda el área de la pulpa.

En relación con el tiempo de congelación de las manzanas no se observan grandes diferencias en la cantidad de color entre los 3 grupos congelados, tanto de rojo, como de verde o azul. Sin embargo, la cantidad de color observada parece seguir una tendencia ascendente proporcional al aumento del tiempo de congelación, que se observa principalmente en la cantidad de color verde y rojo (pardeamiento). Esto se observa en los Gráficos 4, 5 y 6. La cantidad de color es mucho mayor en las manzanas control que

no han sido congeladas (1-10), con unas cantidades medias de 20706,8 en rojo, 20358,8 en verde, y 12714,8 en azul. Estos valores son superiores a los obtenidos en los otros tres grupos:

- 3 horas: La cantidad media de color rojo es de 20488,5, la de verde es de 14850,4 y la de azul es de 11189,9
- 2 horas y media: El color rojo se encuentra en una cantidad media de 16986,9, el color verde en 14032,6 y el azul en 9053,8.
- 2 horas: 16534 es la cantidad media del color rojo, 12800,7 es la cantidad media de color verde y 9620,3 es la del color azul.

Se puede observar que la variación de la cantidad de color en las manzanas congeladas 3 horas es menor que en de los otros 2 grupos.

Sin embargo, los máximos de color son muy distintos entre las manzanas congeladas 3 horas y las que se congelan por 2 horas y 2 horas y media. Estos dos últimos grupos muestran máximos superiores a los del primer grupo. Las manzanas control sin congelar también mostraron valores máximos mucho mayores a los del resto de manzanas. En la media ocurre lo mismo que en los máximos de color, siendo mucho mayores en las manzanas control sin congelar, menores en las manzanas congeladas 2 horas y 2 horas y media, y mucho menores en las manzanas congeladas 3 horas. Esto significa que al aumentar el tiempo de congelación se produce más pardeamiento, por lo que aumenta el color, pero siempre se pierde algo de color al congelar con respecto a las manzanas no congeladas maduras.

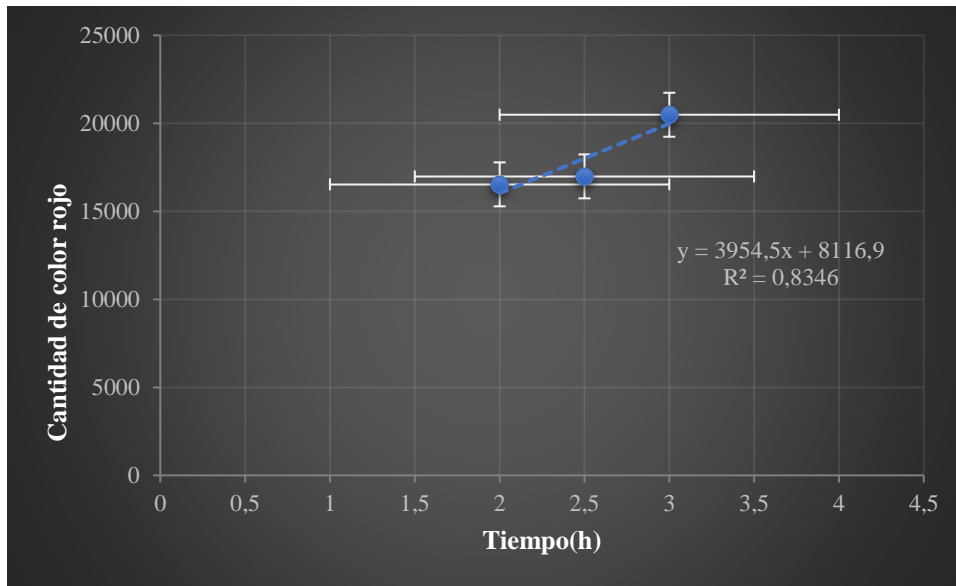


Gráfico 4.- Relación entre la cantidad de color rojo y el tiempo de congelación expresado en horas de las manzanas congeladas del objetivo 1.

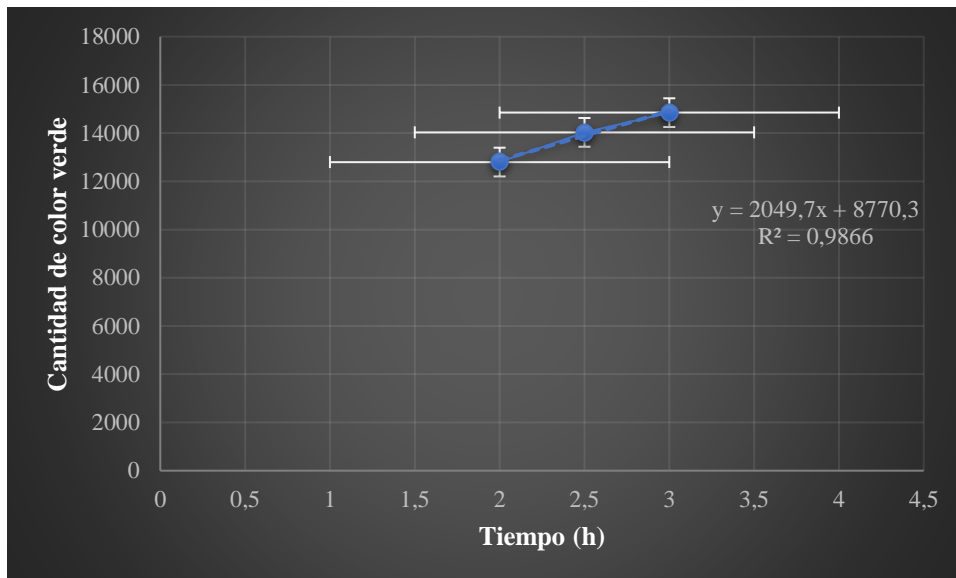


Gráfico 5.- Relación entre la cantidad de color verde y el tiempo de congelación expresado en horas de las manzanas congeladas del objetivo 1.

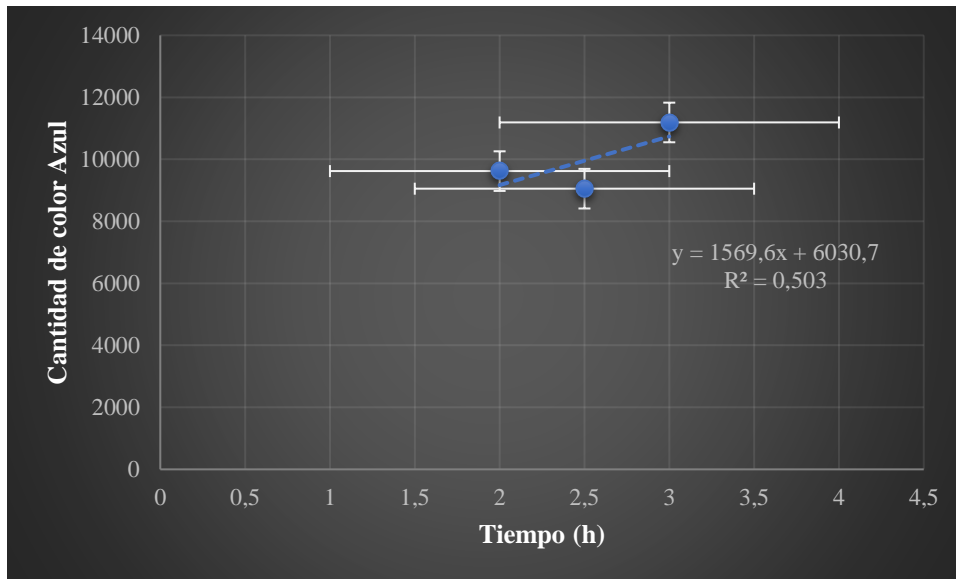


Gráfico 6.- Relación entre la cantidad de color azul y el tiempo de congelación expresado en horas de las manzanas congeladas del objetivo 1.

2.- Estudiar las relaciones entre la velocidad del aire del túnel de congelación y los daños en las manzanas a través de distintos parámetros.

2.1.- Cambios de peso.

Los resultados obtenidos en los análisis del peso antes y después del tratamiento de congelación se representan en la tabla 5 del anexo, donde PO es el peso antes de la congelación y PF es el peso después de congelación, ambos en gramos. Además, se muestran los resultados en el Gráfico 7. Las manzanas del grupo 41-54 tuvieron una velocidad del aire en el túnel de congelación de 120 unidades, las manzanas del grupo 55-68 tuvieron una velocidad de aire de 180 unidades, en las manzanas del grupo 69-80 la velocidad del aire fue de 240 unidades en las manzanas del grupo 81-92 la velocidad del aire fue de 210 unidades. Todas las manzanas anteriores a este análisis (11-40) se habían congelado con una velocidad del aire de 60 unidades.

Tras realizar los tratamientos y análisis necesarios, se observó una diferencia de peso muy variada y elevada en velocidades de aire lentas, mientras que es homogénea y mínima en velocidades de aire rápidas.

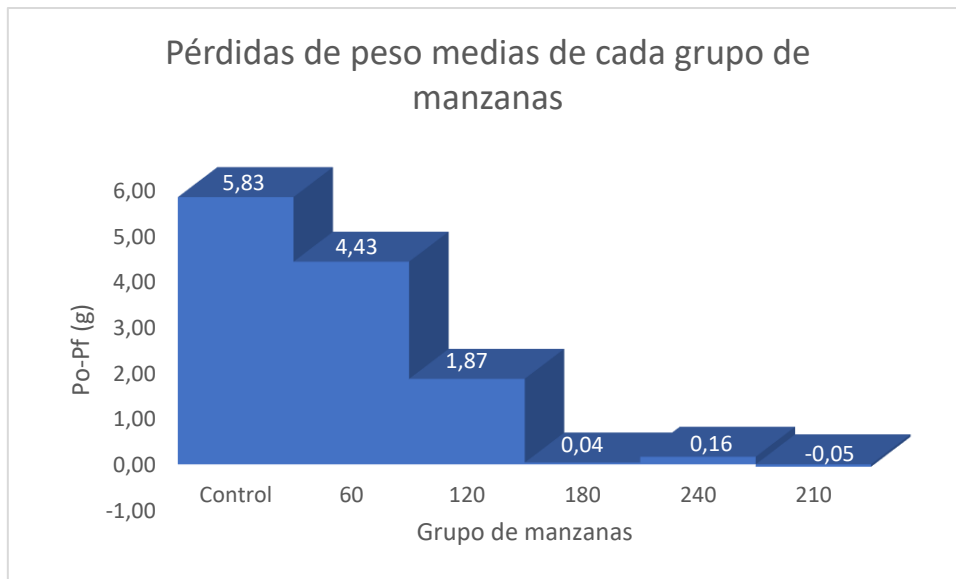


Gráfico 7.- Pérdidas medias de cada grupo de manzanas utilizadas en el objetivo 2.

La pérdida de peso se produce debido al crecimiento de cristales de hielo, o por una ruptura de la estructura celular de la membrana. Esto conlleva una liberación de enzimas que contribuyen a la ruptura de las paredes, alteración del color, del sabor, olor o valor nutricional, formando células más grandes, pero con grandes espacios intercelulares.

La diferencia de comportamiento en el peso entre manzanas con congelación rápida y manzanas con congelación lenta se produce debido al crecimiento de estos cristales de hielo. El agua que se congela primero durante el tratamiento de congelación es el agua libre intercelular, al formarse mayores cantidades de sólidos en el exterior de las células se rompe el equilibrio osmótico. Por esta razón empieza a salir agua de las células. Los cristales de hielo que se han formado se expanden con una congelación lenta, dando lugar a cristales grandes que terminan rompiendo las células.

Por estas razones se produce la diferencia en la pérdida de agua y, por tanto, de peso en las manzanas de congelación rápida y lenta.

2.2.- Cambios en el diámetro horizontal.

Los resultados obtenidos en los análisis del diámetro horizontal antes y después del tratamiento de congelación se representan en la tabla 6 del anexo, donde DHO es el diámetro horizontal antes de la congelación y DHF es el diámetro horizontal después de congelación, ambos en milímetros. Además, se muestran en el Gráfico 8.

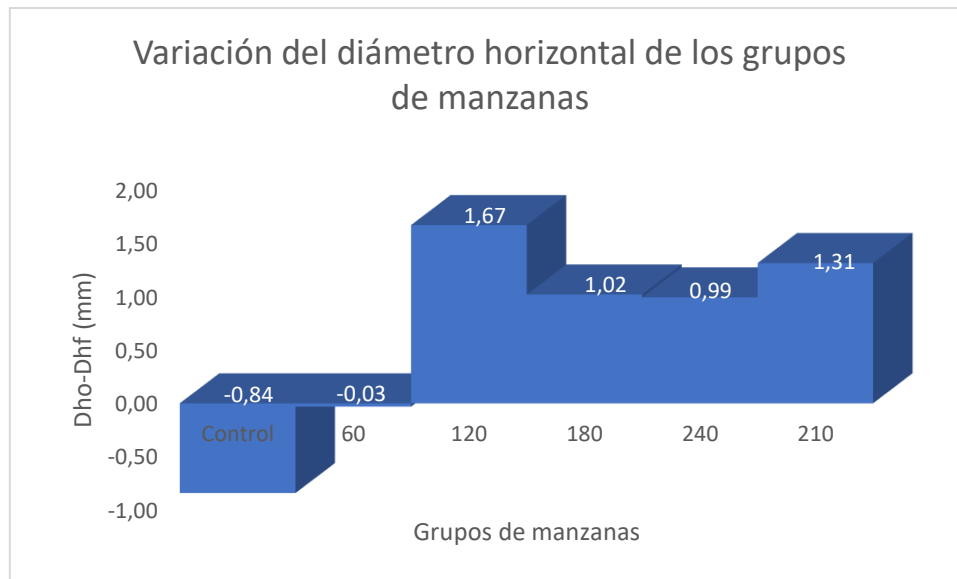


Gráfico 8.- Variación del diámetro horizontal de las manzanas estudiadas en el objetivo 2.

Se observa una deformación horizontal similar en todas las manzanas, siendo mayor en las manzanas congeladas con velocidad del aire lenta (120 unidades). Las manzanas llevadas a -10°C son las que se encontraron en peor estado, muy esponjosas y con mucha pérdida de agua con el tacto. Esta podría ser la principal razón de su mayor deformación. Comparativamente parece que las manzanas a una velocidad de aire de 60 unidades se encuentran en mejor estado, aunque las velocidades de aire altas dan valores más homogéneos.

2.3.- Cambios en el diámetro vertical.

Los resultados obtenidos en los análisis del diámetro vertical antes y después del tratamiento de congelación se representan en la tabla 7 del anexo, donde DVO es el diámetro vertical antes de la congelación y DVF es el diámetro vertical después de la congelación, ambos en milímetros. Además, se muestran en el Gráfico 9.

Aunque no son muy concluyentes, ya que son bastante heterogéneos, los resultados parecen indicar que la velocidad del aire no influye prácticamente en la alteración del diámetro vertical, sin embargo, se nota una variación menor del diámetro a velocidad del aire de 60 unidades, al igual que ocurría con el diámetro horizontal.

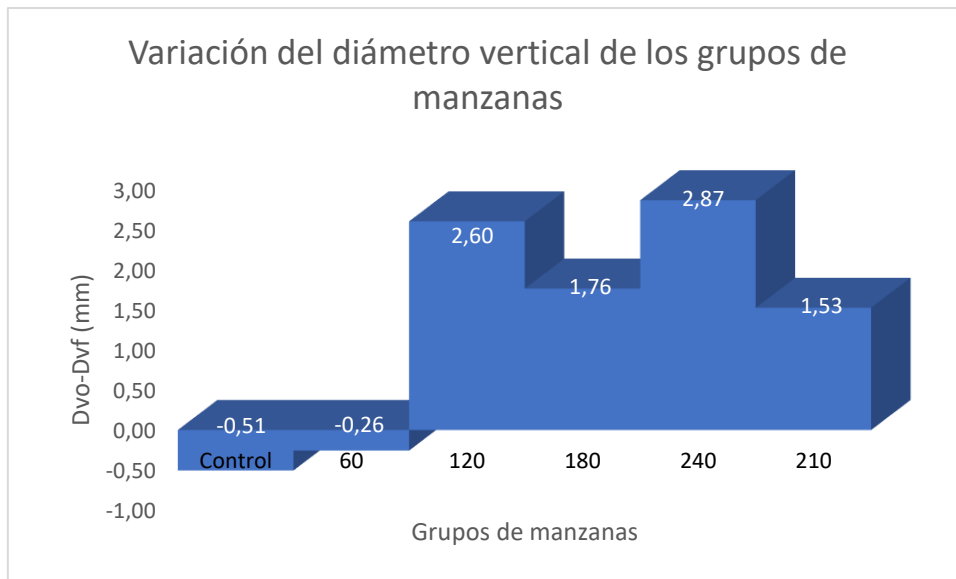


Gráfico 9.- Variación del diámetro vertical de las manzanas estudiadas en el objetivo 2.

2.4.- Cambios en el color de la pulpa.

Para representar los resultados se han relacionado en los gráficos 10, 11 y 12 las medias de la cantidad de color de cada manzana perteneciente al mismo grupo, es decir, congelada con una determinada velocidad del aire, con sus velocidades del aire correspondientes. En los gráficos 13, 14 y 15 se relaciona la cantidad de color de cada manzana con la velocidad del aire de cada manzana, con el mismo color aparecen las manzanas del mismo grupo que tienen la misma velocidad del aire.



Gráfico 10.- Relación entre la cantidad media de color rojo y la velocidad del aire de cada grupo de manzanas congeladas del objetivo 2 de este TFG.

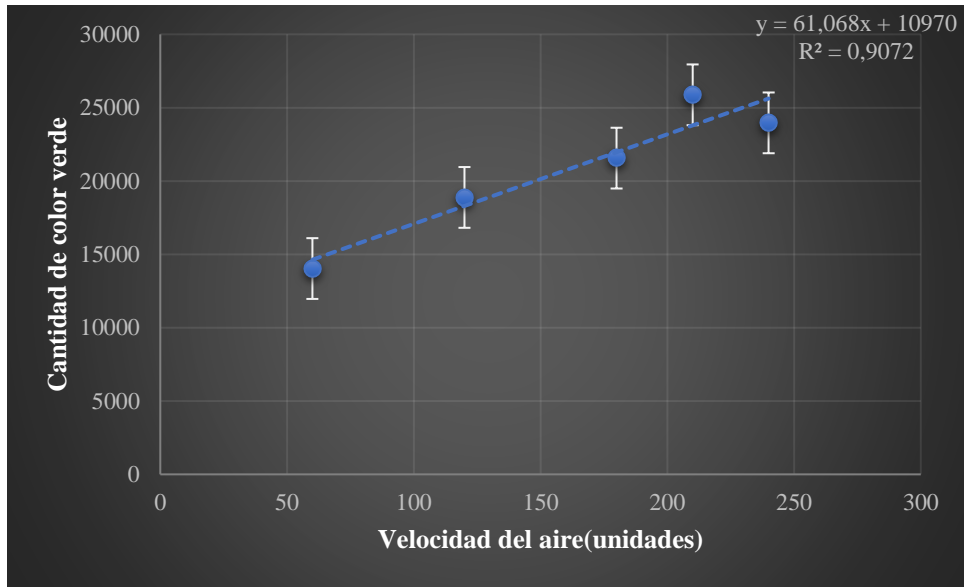


Gráfico 11.- Relación entre la cantidad media de color verde y la velocidad del aire de cada grupo de manzanas congeladas del objetivo 2 de este TFG.

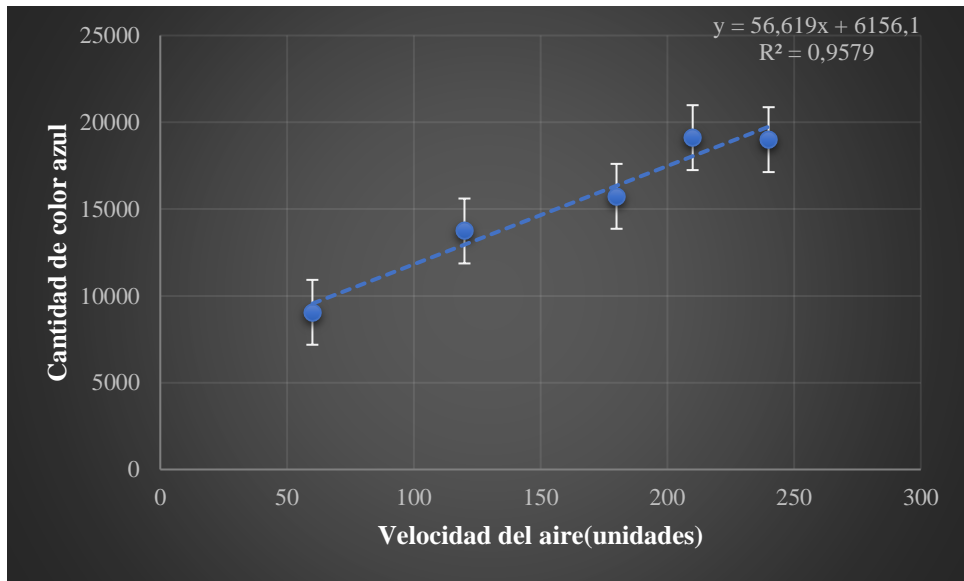


Gráfico 12.- Relación entre la cantidad media de color azul y la velocidad del aire de cada grupo de manzanas congeladas del objetivo 2 de este TFG.

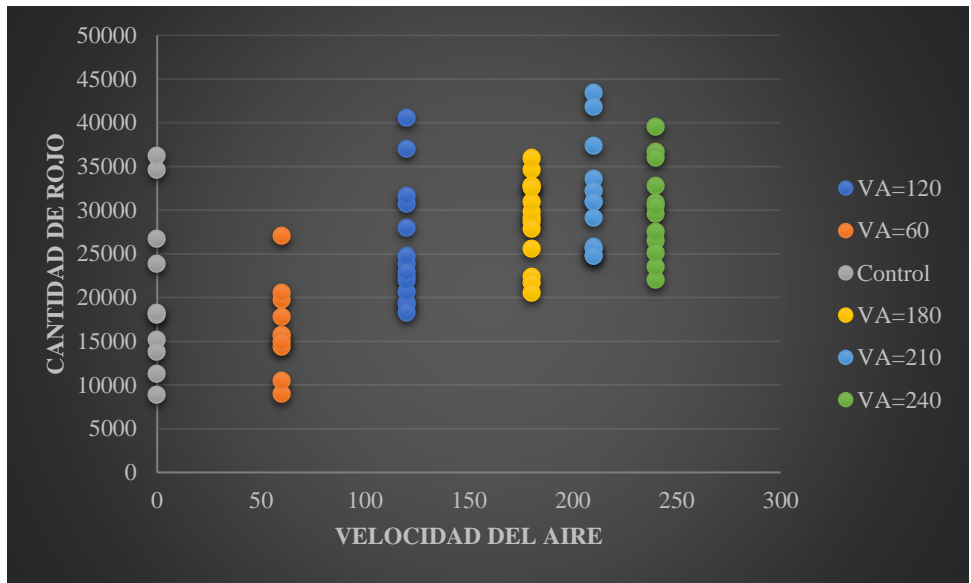


Gráfico 13.- Relación entre la cantidad de color rojo y la velocidad del aire de las manzanas congeladas del objetivo 2 de este TFG, estando en el mismo color las manzanas con la misma velocidad del aire.

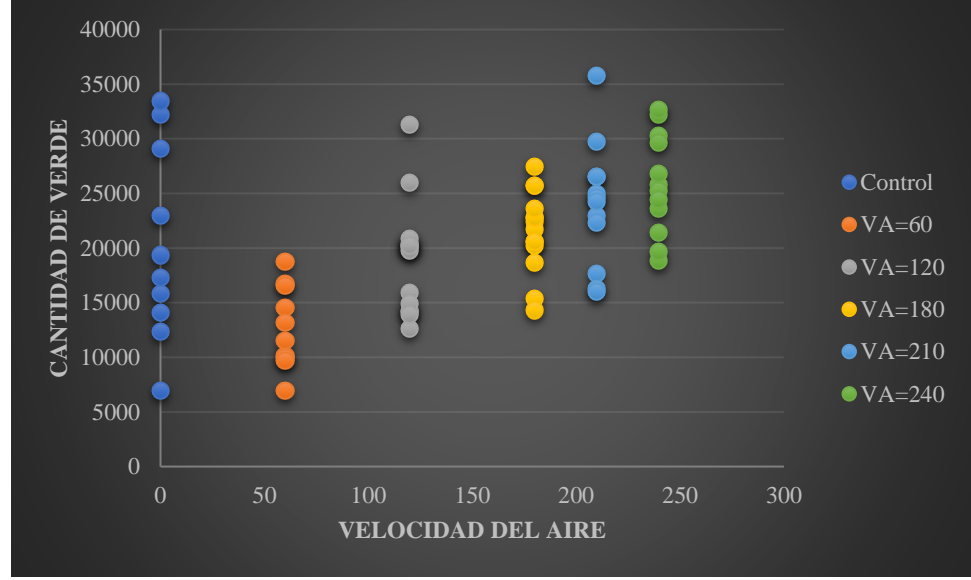


Gráfico 14.- Relación entre la cantidad de color verde y la velocidad del aire de las manzanas congeladas del objetivo 2 de este TFG, estando en el mismo color las manzanas con la misma velocidad del aire.

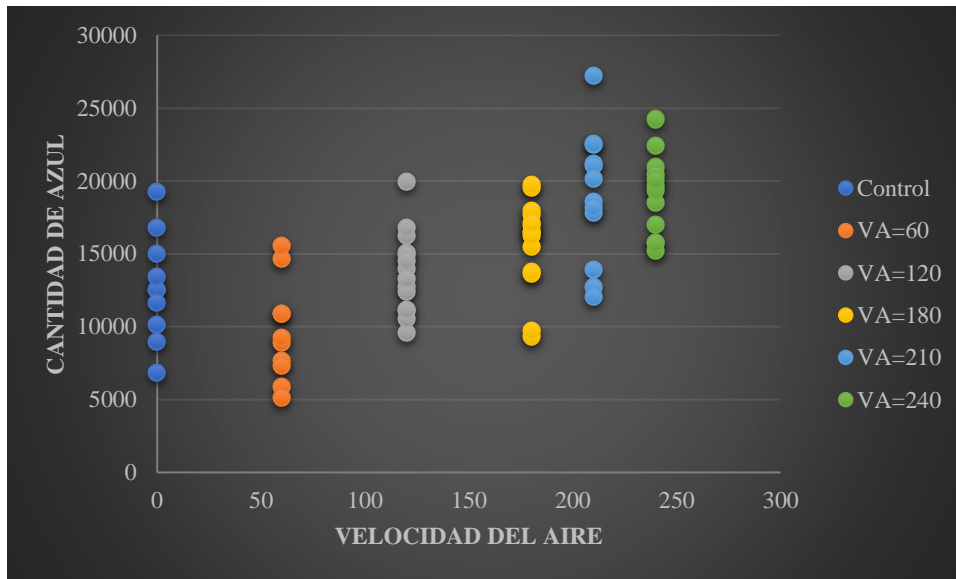


Gráfico 15.- Relación entre la cantidad de color azul y la velocidad del aire de las manzanas congeladas del objetivo 2 de este TFG, estando en el mismo color las manzanas con la misma velocidad del aire.

La cantidad de color rojo es directamente proporcional a la velocidad del aire, a mayor velocidad del aire mayor es la cantidad de color rojo presente en la manzana.

En el caso del color verde y azul ocurre el mismo fenómeno, por lo que se observa más cantidad de color con congelaciones rápidas.

Esto se puede observar en los gráficos 10-15.

3.- Determinar el tratamiento a aplicar en túnel de congelación que sea menos agresivo para las manzanas.

Tras la realización de los análisis estadísticos, que se encuentran en el anexo, se observó que únicamente salía significativa la normalidad para el incremento de pesos en el tratamiento de 2 horas. Esto significa que los datos del incremento de pesos no seguían una distribución normal. Por lo que se transformó mediante raíz cuadrada, una vez realizada la raíz cuadrada se encontró que estas raíces sí que seguían una distribución normal.

El diámetro vertical y el horizontal también mostraban problemas en la distribución y homogeneidad de los valores, dando lugar a varios grupos que seguían una distribución similar únicamente con los valores del mismo grupo.

Esto es una de las principales causas que llevaron a la elección del tiempo de congelación como 2 horas y media. Además, debido a esto el indicador principal para determinar el tratamiento más apropiado es el análisis de color y la diferencia de pesos.

Por estas razones se determina que el tratamiento más apropiado según estos resultados es el de 2 horas y media a una velocidad del aire de 210 unidades, ya que sus resultados son similares a los obtenidos con velocidad del aire de 240 unidades, pero una menor velocidad del aire implica menor coste.

Sin embargo, esto podría variar con otras velocidades del aire, tiempos de congelación e incluso con otros materiales diferentes, manzanas o equipos de congelación, que interaccionen de manera distinta a los utilizados en este trabajo.

Para poder llegar a conclusiones más generales se podría realizar un estudio similar a este con mayor cantidad de manzanas, realizando los análisis a la vez y en unos equipos que sean los más empleados en la industria.

Con estos resultados se podría mejorar la calidad de las manzanas en épocas no favorables a su producción e, incluso, se podría comparar con otras frutas para conseguir los mismos objetivos.

6.- CONCLUSIONES/CONCLUSSIONS

6.1.- CONCLUSIONES

1.- Hemos encontrado una relación entre tiempo de congelación y los daños producidos en las manzanas, a mayor tiempo de congelación mejor se conservan el peso y se mantiene el color. Pero es mejor un tiempo intermedio o bajo de congelación para evitar deformaciones debidas a la esponjosidad adquirida por la manzana.

2.- Hemos encontrado una relación entre velocidad del aire y los daños producidos en las manzanas, principalmente en el color, donde parecen seguir una relación directamente proporcional. Se producen menos pérdidas de peso a velocidades del aire altas, pero hay más deformaciones que a velocidad baja.

3.- Dependiendo de las posibilidades de equipo, material y objetivos de la producción se pueden escoger entre tiempos cortos, medios o largos de congelación y entre velocidades del aire altas o bajas.

6.2.- CONCLUSSIONS

1.- We have found a relationship between freezing time and damage to apples, the longer the freezing time, the better weight is preserved, and the color is maintained. But an intermediate or low freezing time is better to avoid deformations due to the fluffiness of the apple.

2.- We have found a relationship between air speed and the damage caused to apples, mainly in color, where they seem to follow a directly proportional relationship. Less weight loss occurs at high air speeds, but there are more deformations than at low speeds.

3.- Depending on the possibilities of equipment, material and production objectives, you can choose between short, medium or long freezing times and between high or low air speeds.

7.- VALORACIÓN PERSONAL

La realización de este trabajo me ha servido en gran medida para entender el trabajo que supone realizar trabajos de investigación, me ha enseñado a redactar informes sobre los mismos y a utilizar instrumentos y programas que prácticamente no había utilizado antes. Además, Me ha enseñado a realizar análisis estadísticos, así como a realizar búsquedas de información en páginas oficiales, ya que la mayor parte de la información utilizable para la introducción procedía de consumo y producción.

También ha sido la primera vez que he trabajado bajo la dirección de otras personas y, aunque a veces pueda haber costado entendernos en las correcciones me ha parecido interesante e importante para el trabajo futuro.

8.- BIBLIOGRAFÍA

COSMOS (n.d.). *Túneles de Congelación IQF*. [online] Tunelesdecongelacioniqf.com. Disponible en: <https://tunelesdecongelacioniqf.com/> [Acceso el 6 de septiembre de 2019].

Laboratorio Químico (n.d.). *Refractómetro*. [online] TP - Laboratorio Químico. Disponible en: <https://www.tplaboratorioquimico.com/laboratorio-quimico/materiales-e-instrumentos-de-un-laboratorio-quimico/refractometro.html> [Acceso el 7 de septiembre de 2019].

Domínguez, M., García, C. y M^a Arias, J.M. (2009). *RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN Y TRANSPORTE DE ALIMENTOS PERECEDEROS*. [en línea] Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/15514/1/RECOMENDACIONES%20PARA%20LA%20CONSERVACION%20Y%20TRANSPORTE%20DE%20ALIMENTOS%20PERECEDEROS.pdf> [Acceso el 9 de julio 2019].

EcuRed (2019). *Manzana*. [online] Disponible en: <https://www.ecured.cu/Manzana> [Acceso el 8 julio de 2019].

EFEAgro Información agroalimentaria. (2016). *España, primer productor de frutas de la UE*. [online] Disponible en: <https://www.efeagro.com/noticia/espana-frutas/> [Acceso el 4 agosto de 2019].

Eroski consumer (n.d.). *Manzana*. [online] Frutas.consumer.es. Disponible en: <https://frutas.consumer.es/manzana/propiedades> [Acceso el 9 de julio 2019].

EUROSTAT. (2019). *Apples and tomatoes were the top fruit and vegetable produced in the EU in 2015*. [online] Disponible en: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/7517627/5-22062016-AP-EN.pdf/8247b23e-f7fd-4094-81ec-df1b87f2f0bb> [Acceso el 8 julio de 2019].

FAO (2019). *FAOSTAT*. [online] Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> [Acceso el 3 de julio de 2019].

Freshplaza (2018). *El consumo mundial de manzanas sigue aumentando*. [online] Freshplaza.es. Disponible en: <https://www.freshplaza.es/article/3117116/el-consumo-mundial-de-manzanas-sigue-aumentando/> [Acceso el 8 julio de 2019].

GOBIERNO DE ARAGÓN. (2019). *Información sobre el sector hortofrutícola. Organizaciones de Productores de frutas y hortalizas. Ayudas y otros trámites*. [online] Disponible en: <https://www.aragon.es/-/frutas-y-hortalizas> [Acceso el 6 julio de 2019].

Hortoinfo (2016). *Producción mundial hortalizas y frutas*. [online] Hortoinfo.es. Disponible en: <http://www.hortoinfo.es/index.php/noticias-3/noticias/977-> [Acceso el 3 de julio de 2019].

Hui, Y., Barta, J. and Cano, M. (2006). *Handbook of Fruits and Fruit Processing*. 1st ed. Hoboken: John Wiley & Sons, pp.62-76.

ICEX España Exportación e Inversiones (2018). *El consumo mundial de manzanas crece gracias al apetito asiático*. [online] Icx.es. Disponible en: <https://www.icex.es/icex/es/Navegacion-zona-contacto/revista-el-exportador/noticias/NEW2018792728.html> [Acceso el 7 julio de 2019].

Iglesias Castellarnau, I. and Carbó Pericay, J. (2018). *El cultivo del manzano en España: situación actual e innovación varietal*. [online] Interempresas. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/208474-El-cultivo-del-manzano-en-Espana-situacion-actual-e-innovacion-varietal.html> [Acceso el 4 julio de 2019].

OMS (2004). *Fomento del consumo mundial de frutas y verduras*. [online] Who.int. Disponible en: <https://www.who.int/dietphysicalactivity/fruit/es/index1.html> [Acceso el 6 de agosto de 2019].

PCE (n.d.). *Penetrómetros*. [online] Pce-iberica.es. Disponible en: <https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/metros/penetrometros.htm> [Acceso el 7 de septiembre de 2019].

Rizzato, S. (2017a). *Aumenta la demanda mundial de alimentos congelados*. [online] TNA Australia. Disponible en: <https://www.tnasolutions.es/news-media/tna-blog/aumenta-la-demanda-mundial-de-alimentos-congelados/> [Acceso el 7 de agosto de 2019].

Rizzato, S. (2017b). *Principales consideraciones sobre los equipos de envasado de alimentos congelados*. [online] TNA Australia. Disponible en: <https://www.tnasolutions.es/news-media/tna-blog/aumenta-la-demanda-mundial-de-alimentos-congelados/> [Acceso el 10 de agosto de 2019].

Stefanelli, E. (n.d.). *Uso del calibre, calibrador o pie de rey* / Prof. Eduardo J. Stefanelli. [online] Prof. Eduardo J. Stefanelli. Disponible en: <https://www.stefanelli.eng.br/es/uso-calibre-pie-rey/> [Acceso el 3 de septiembre de 2019].

Wikipedia (n.d.). *Refrigerador*. [online] Es.wikipedia.org. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Refrigerador> [Acceso el 10 de septiembre de 2019].

9.- ANEXO

Tabla 1.- Resultados de pesos antes de la congelación (PO), pesos después de la descongelación (PF) y diferencia de ambos pesos (PO-PF) de las manzanas utilizadas en el objetivo 1 de este TFG en gramos.

N°MANZANA	PO(g)	PF(g)	PO-PF(g)
1	206,78	201,74	5,04
2	236,61	232,98	3,63
3	233,45	223,99	9,46
4	202,22	201,34	0,88
5	230,02	221,15	8,87
6	201,41	196,77	4,64
7	208,38	201,94	6,44
8	199,99	193,03	6,96
9	208,09	200,64	7,45
10	249,45	244,48	4,97
11	237,75	237,46	0,29
12	237,57	235,34	2,23
13	212,91	212,6	0,31
14	189,05	187,53	1,52
15	207,67	200,07	7,6
16	190,62	189,12	1,5
17	237,21	235,85	1,36
18	201,08	200,13	0,95
19	211,79	211,38	0,41
20	183,54	183,44	0,1
21	204,69	201,27	3,42
22	223,15	218,92	4,23
23	206,49		
24	205,26	201,32	3,94
25	191,7	187,42	4,28
26	197,22	193,19	4,03
27	251,19	245,18	6,01
28	251,32		
29	253,75	248,83	4,92

30	223,01	218,44	4,57
31	198,82	195,35	3,47
32	241,13	236,4	4,73
33	209,17	207,34	1,83
34	221,86	219	2,86
35	220,3	218,15	2,15
36	217,62	215,63	1,99
37	193,43	192,29	1,14
38	211,71	209,84	1,87
39	221,16	217,73	3,43
40	228,48	223,83	4,65

Tabla 2.- Resultados de diámetros horizontales medidos antes de la congelación (DHO), diámetros medidos tras la descongelación (DHF) y diferencia de diámetros (DHO-DHF) de las manzanas utilizadas en el objetivo 1 de este TFG en mm.

NºManzana	DHO (mm)	DHF(mm)	DHO-DHF(mm)
1	74,70	76,90	-2,20
2	73,90	76,45	-2,55
3	75,50	76,00	-0,50
4	75,25	77,20	-1,95
5	76,10	77,30	-1,20
6	76,40	77,30	-0,90
7	75,05	74,90	0,15
8	74,30	73,85	0,45
9	75,00	75,50	-0,50
10	79,00	78,20	0,80
11	79,30	75,80	3,50
12	74,50	75,90	-1,40
13	77,60	73,65	3,95
14	75,90	72,45	3,45
15	74,40	71,25	3,15
16	71,90	70,65	1,25
17	72,45	73,50	-1,05
18	74,90	72,95	1,95

19	77,80	76,30	1,50
20	73,20	71,50	1,70
21	74,90	76,60	-1,70
22	80,10	80,80	-0,70
23	79,50		
24	75,95	75,35	0,60
25	77,00	75,60	1,40
26	76,85	76,00	0,85
27	81,35	78,00	3,35
28	77,95		
29	74,65	79,30	-4,65
30	77,55	76,95	0,60
31	74,15	75,50	-1,35
32	80,80	76,50	4,30
33	80,55	79,65	0,90
34	78,05	80,05	-2,00
35	75,95	73,80	2,15
36	74,55	74,70	-0,15
37	76,75	76,00	0,75
38	75,50	74,00	1,50
39	77,65	75,35	2,30
40	77,05	79,40	-2,35

Tabla 3.- Resultados de diámetros verticales medidos antes de la congelación (DHO), diámetros medidos tras la descongelación (DHF) y diferencia de diámetros (DHO-DHF) de las manzanas utilizadas en el objetivo 1 de este TFG en mm.

NºManzana	DVO(mm)	DVF(mm)	DVO-DVF(mm)
1	73,55	76,20	-2,65
2	81,05	81,90	-0,85
3	86,10	85,10	1,00
4	79,15	79,70	-0,55
5	89,15	88,15	1,00
6	72,00	73,50	-1,50
7	78,80	77,60	1,20

8	79,50	78,70	0,80
9	82,15	80,10	2,05
10	83,55	89,10	-5,55
11	86,55	83,85	2,70
12	89,30	84,10	5,20
13	82,65	77,75	4,90
14	80,90	75,55	5,35
15	80,40	73,60	6,80
16	75,90	73,60	2,30
17	87,30	82,85	4,45
18	74,15	70,15	4,00
19	78,60	77,05	1,55
20	81,90	78,10	3,80
21	80,90	80,40	0,50
22	84,60	83,90	0,70
23	70,60		
24	80,50	79,90	0,60
25	72,80	73,80	-1,00
26	70,35	73,15	-2,80
27	88,00	87,30	0,70
28	86,95		
29	88,75	87,40	1,35
30	82,10	84,20	-2,10
31	73,60	75,40	-1,80
32	86,25	83,80	2,45
33	79,80	78,90	0,90
34	82,05	79,35	2,70
35	84,35	81,50	2,85
36	84,40	82,75	1,65
37	76,70	72,95	3,75
38	79,20	78,20	1,00
39	83,60	81,30	2,30
40	83,95	84,25	-0,30

Tabla 4.- Valores medios (MEDIA), máximos (MÁXIMO) y cantidad total (CANTIDAD) de color expresados en el sistema RGB (Rojo, verde y azul) de las manzanas estudiadas en el objetivo 1 de este TFG..

NºMANZANA	MEDIA			MÁXIMO			CANTIDAD			
	<u>COLOR</u>	<u>Rojo</u>	<u>Verde</u>	<u>Azul</u>	<u>Rojo</u>	<u>Verde</u>	<u>Azul</u>	<u>Rojo</u>	<u>Verde</u>	<u>Azul</u>
1		206,81	203,35	152,92	208	202	151	15206	15827	12549
2		218,19	213,84	160,55	213	208	155	13819	14052	10147
3		229,51	220,96	157,43	228	220	157	34660	32240	16771
4		242,57	235,34	174,72	239	232	175	18056	17325	12556
5		229,58	222,33	162,49	232	222	162	26795	29133	19238
6		236,76	231,02	180,68	237	230	179	18200	19346	11643
7		235,74	229,35	174,75	240	231	175	11277	12363	8989
8		228,84	221,99	164,15	228	221	164	36273	33429	15000
9		235,03	225,5	161,54	236	225	160	23908	22913	13422
10		209,6	199,74	157,16	197	233	167	8874	6960	6833
11		183,6	153,56	100,19	182	153	104	15926	10548	7219
12		179,58	142,23	82,65	179	142	78	27680	20283	14735
13		172,28	137,16	79,65	172	136	82	20155	12909	9171
14		171,78	140,3	84,62	170	138	80	17913	14562	11890
15		175,62	150,95	101,8	175	152	104	12593	8812	7300
16		174,88	143,65	92,37	174	143	88	17143	12316	8757
17		169,1	137,25	83,47	165	132	79	22904	18030	13939
18		187,68	157,77	101,61	188	158	99	26576	20751	15810
19		173,72	140,55	84,53	177	147	90	24893	17229	13181
20		183,91	149,19	91,85	186	160	103	19102	13064	9897
21		199	186,75	133,69	199	191	137	21395	14103	10011
22		206,02	187,03	122,83	195	169	146	26060	18362	11669
23										
24		214,27	198,72	141,97	232	220	165	14989	12439	9226
25		237,68	232,31	179,6	237	232	177	16375	15539	10168
26		199,64	185,18	127,16	209	197	137	12165	11000	9970
27		222,36	208,03	136,31	227	217	150	19034	14620	9222
28										
29		190,79	175,32	114,69	183	162	101	27321	22386	12266
30		217,56	209,35	149,4	222	214	153	32530	31877	18006

31	202,62	180,45	118,11	200	176	113	14363	10183	5875
32	206,72	186,23	114,87	218	201	125	8954	6932	5137
33	204,27	193,03	134	199	186	127	17865	16699	10914
34	183,23	168,73	103,71	171	154	84	19783	14511	10887
35	190,18	163,27	93,48	184	174	83	15530	9951	8895
36	179,25	163,68	114,36	170	147	97	15796	13183	9252
37	195,7	171,17	103,31	200	185	118	20506	11516	7659
38	212,46	200,85	139,43	229	224	170	10444	9713	7332
39	174,87	149,56	92,95	176	145	89	27132	18789	14668
40	215,58	210,61	153,79	217	210	147	14967	16530	15584

Tabla 5.- Resultados de pesos antes de la congelación (PO), pesos después de la descongelación (PF) y diferencia de ambos pesos (PO-PF) de las manzanas utilizadas en el objetivo 2 de este TFG en gramos.

NºMANZANA	PO(g)	PF(g)	PO-PF(g)
41	178,69	178,02	0,67
42	214,86	214,21	0,65
43	207,17	207,06	0,11
44	185,98	184,16	1,82
45	200,15	199,74	0,41
46	189,44	188,53	0,91
47	211,58	210,61	0,97
48	191,28	189,73	1,55
49	214,39	211,41	2,98
50	201,11	197,39	3,72
51	216,56	213,86	2,70
52	207,78	204,73	3,05
53	215,91	211,91	4,00
54	201,24	198,64	2,60
55	200,38	200,51	-0,13
56	188,26	188,07	0,19
57	193,47	193,37	0,10
58	217,66	217,53	0,13
59	207,21	207,16	0,05
60	212,60	212,29	0,31

61	214,50	214,18	0,32
62	210,51	210,66	-0,15
63	184,18	184,25	-0,07
64	180,47	180,20	0,27
65	203,36	203,47	-0,11
66	205,66	205,89	-0,23
67	204,26	204,50	-0,24
68	186,65	186,54	0,11
69	205,29	205,05	0,24
70	214,75	214,61	0,14
71	212,56	211,97	0,59
72	207,38	207,04	0,34
73	231,55	231,58	-0,03
74	247,85	247,90	-0,05
75	205,39	205,30	0,09
76	231,12	231,33	-0,21
77	227,92	227,83	0,09
78	206,16	205,12	1,04
79	224,83	225,07	-0,24
80	236,96	236,98	-0,02
81	219,78	219,48	0,30
82	189,85	189,94	-0,09
83	209,73	210,00	-0,27
84	201,14	201,09	0,05
85	203,38	203,34	0,04
86	185,24	185,27	-0,03
87	208,70	208,72	-0,02
88	202,40	202,78	-0,38
89	210,08	210,20	-0,12
90	196,24	196,19	0,05
91	223,86	223,93	-0,07
92	213,63	213,72	-0,09

Tabla 6.- Resultados de diámetros horizontales medidos antes de la congelación (DHO), diámetros medidos tras la descongelación (DHF) y diferencia de diámetros (DHO-DHF) de las manzanas utilizadas en el objetivo 2 de este TFG en mm.

NºMANZANA	DHO(mm)	DHF(mm)	DHO-DHF(mm)
41	73,85	73,10	0,75
42	79,20	76,90	2,30
43	76,80	75,60	1,20
44	76,90	72,55	4,35
45	74,80	74,05	0,75
46	74,60	73,60	1,00
47	78,10	78,10	0,00
48	75,50	74,00	1,50
49	78,05	76,60	1,45
50	74,60	72,90	1,70
51	78,80	75,00	3,80
52	78,45	76,80	1,65
53	77,50	75,70	1,80
54	76,25	75,15	1,10
55	75,75	74,40	1,35
56	75,70	73,95	1,75
57	77,95	76,60	1,35
58	77,90	76,25	1,65
59	76,10	75,80	0,30
60	75,40	75,30	0,10
61	80,25	78,70	1,55
62	75,10	74,90	0,20
63	76,60	75,40	1,20
64	77,20	76,50	0,70
65	76,10	74,20	1,90
66	75,50	75,15	0,35
67	77,35	76,80	0,55
68	74,55	73,25	1,30
69	77,10	77,20	-0,10

70	79,00	77,50	1,50
71	78,50	77,60	0,90
72	76,45	76,65	-0,20
73	76,60	75,20	1,40
74	77,35	75,70	1,65
75	76,80	76,40	0,40
76	79,20	76,40	2,80
77	77,30	76,15	1,15
78	75,40	73,55	1,85
79	77,80	77,25	0,55
80	79,10	79,10	0,00
81	79,00	76,70	2,30
82	74,00	73,10	0,90
83	77,70	76,35	1,35
84	76,10	74,50	1,60
85	78,15	76,95	1,20
86	75,05	73,35	1,70
87	76,20	75,60	0,60
88	76,75	74,65	2,10
89	76,35	73,85	2,50
90	78,35	76,70	1,65
91	77,20	77,90	-0,70
92	80,05	79,50	0,55

Tabla 7.- Resultados de diámetros verticales medidos antes de la congelación (DHO), diámetros medidos tras la descongelación (DHF) y diferencia de diámetros (DHO-DHF) de las manzanas utilizadas en el objetivo 2 de este TFG en mm.

NºMANZANA	DVO(mm)	DVF(mm)	DVO- DVF(mm)
41	73,55	71,75	1,80
42	79,35	76,10	3,25
43	76,75	74,65	2,10
44	76,80	72,45	4,35
45	79,30	76,80	2,50

46	79,10	75,55	3,55
47	81,05	74,75	6,30
48	80,60	78,90	1,70
49	80,55	80,20	0,35
50	76,10	74,30	1,80
51	84,40	81,65	2,75
52	76,40	75,50	0,90
53	82,20	79,90	2,30
54	81,95	79,15	2,80
55	77,30	74,30	3,00
56	78,60	75,80	2,80
57	74,40	72,80	1,60
58	81,60	79,00	2,60
59	79,35	77,30	2,05
60	80,95	77,40	3,55
61	75,70	74,15	1,55
62	82,85	81,45	1,40
63	74,50	72,80	1,70
64	75,00	74,60	0,40
65	75,45	74,70	0,75
66	76,35	76,10	0,25
67	79,60	78,90	0,70
68	73,00	70,65	2,35
69	80,20	77,95	2,25
70	80,30	77,20	3,10
71	73,90	72,90	1,00
72	78,15	74,50	3,65
73	90,15	88,05	2,10
74	88,10	87,90	0,20
75	80,05	76,35	3,70
76	86,30	80,30	6,00
77	88,20	84,95	3,25
78	82,70	78,95	3,75

79	80,75	78,70	2,05
80	86,90	83,55	3,35
81	81,45	79,40	2,05
82	80,70	79,95	0,75
83	79,65	78,40	1,25
84	75,20	73,90	1,30
85	81,10	80,80	0,30
86	71,90	69,85	2,05
87	80,80	80,00	0,80
88	79,55	77,75	1,80
89	78,75	78,55	0,20
90	76,80	73,05	3,75
91	81,80	79,40	2,40
92	76,25	74,60	1,65

Tabla 8.- Valores medios (MEDIA), máximos (MÁXIMO) y cantidad total (CANTIDAD) de color expresados en el sistema RGB (Rojo, verde y azul de las manzanas estudiadas en el objetivo 2 de este TFG).

Manzana	MEDIA			MÁXIMOS			CANTIDAD		
	Rojo	Verde	Azul	Rojo	Verde	Azul	Rojo	Verde	Azul
41	183,19	159,25	100,58	184	170	110	22410	14203	9565
42	156,03	126,46	75,65	154	124	70	40578	31264	19950
43	169,43	139,62	86,45	172	140	87	19412	15905	12738
44	167,01	133,91	82,16	166	134	80	30697	20392	15061
45	179,18	155,24	99,54	177	155	100	37025	25940	14971
46	176,76	142,3	88,59	174	140	84	27946	20873	16253
47	164,05	130,87	75,4	169	139	79	19258	12598	10556
48	183,29	156,78	103,8	179	154	101	23859	20256	13957
49	172,22	134,39	74,38	170	129	65	20675	14135	11083
50	171,35	138,57	86,45	169	138	82	22001	20004	16809
51	197,58	173,07	114,49	197	172	112	24720	19729	14555
52	179,33	142,72	82,2	176	142	76	22939	14916	12375
53	162,87	132,47	83,72	163	133	84	31614	20236	13297
54	173,84	137,64	80,74	166	131	74	18328	13881	11172

55	167,41	143,16	94,94	167	145	94	28638	20532	16502
56	189,86	167,62	112,64	191	169	118	22365	15401	9357
57	175,72	149,21	93,23	176	149	92	29143	22426	15524
58	174,41	137,04	78,45	175	136	75	29874	20226	16438
59	176,01	146,97	93,11	178	149	93	25564	21709	17719
60	169,84	144,29	93,51	170	143	92	27878	22768	16930
61	170,68	140,4	84,41	177	145	90	21731	18683	16266
62	181,87	159,85	112,62	183	159	106	30926	20603	13637
63	182,52	152,17	92,41	183	153	94	34635	25739	17983
64	175,53	146,96	92,5	175	146	92	35953	27427	19560
65	179,92	146,26	88,19	179	147	86	32780	25720	19725
66	181,76	153,89	98,37	182	155	100	32825	22731	13794
67	175,28	143	86,79	173	140	85	32595	23590	17119
68	183	151,83	96,1	178	151	96	20542	14292	9727
69	182,62	152,97	99,87	187	154	98	22079	18825	15771
70	177,02	151,39	100,5	169	146	97	23513	25828	19659
71	175,04	152,17	99,54	175	150	95	26534	26828	18496
72	180,59	151,98	99,65	181	152	100	27569	21405	15247
73	184,57	160,24	110,3	186	165	114	30865	23630	16977
74	177,83	150,01	98,68	180	151	97	36679	30314	20959
75	176,19	144,74	94,01	176	146	94	32827	25201	19365
76	196,18	184,4	137,07	200	186	139	29614	29645	22399
77	198,78	189,8	128,74	198	190	129	35980	32201	20432
78	180,47	149,07	95,96	181	149	95	39515	32609	24239
79	184,26	160,16	108,18	183	159	105	25104	19652	15734
80	161,72	132,71	77,29	159	137	77	30469	24385	20100
81	190,32	174,47	120,54	186	170	116	30916	24982	21183
82	181,97	159,05	110,98	181	166	114	25524	17632	13936
83	189,27	165,88	110,7	191	168	116	37387	29746	21078
84	182,11	155,69	103,28	187	162	106	43478	35798	27219
85	159,82	137,92	90,99	157	141	93	33609	26483	22484
86	173,07	147,71	101,63	173	149	100	25749	22974	20186
87	158,51	136,32	92,75	158	136	92	41821	26552	17862

88	189,55	164,57	111,81	196	172	122	32190	24608	18598
89	162,97	135,25	81,51	163	134	81	24795	16287	12718
90	175,21	146,73	89,69	179	150	92	30992	24255	22524
91	185,36	162,19	110,89	181	154	126	24778	15995	12073
92	165,67	139,23	88,19	167	143	91	29078	22262	18136

Tabla 9.- Pruebas de normalidad de las manzanas del objetivo 1, donde se ven varias irregularidades que pueden afectar al resultado final. En rojo están los valores que no siguen una distribución normal (<0,05) y en amarillo los valores que se encuentran en el límite entre distribución normal y no normal (≈0,05).

Pruebas de normalidad^{a,d,e,f,g,h,i,j,k}

Duración del tiempo		Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pf(g)	2h	0,163	10	,200 [*]	0,954	10	0,716
	2h 30m	0,214	8	,200 [*]	0,901	8	0,294
	3h	0,194	10	,200 [*]	0,884	10	0,144
	Control	0,313	10	0,006	0,865	10	0,086
Pog	2h	0,197	10	,200 [*]	0,889	10	0,163
	2h 30m	0,289	8	0,048	0,836	8	0,068
	3h	0,214	10	,200 [*]	0,951	10	0,683
	Control	0,298	10	0,012	0,851	10	0,059
Dhf	2h	0,181	10	,200 [*]	0,919	10	0,349
	2h 30m	0,203	8	,200 [*]	0,910	8	0,352
	3h	0,199	10	,200 [*]	0,870	10	0,099
	Control	0,160	10	,200 [*]	0,952	10	0,693
Dho	2h	0,148	10	,200 [*]	0,955	10	0,732
	2h 30m	0,207	8	,200 [*]	0,914	8	0,386
	3h	0,137	10	,200 [*]	0,934	10	0,491
	Control	0,206	10	,200 [*]	0,856	10	0,068
AP	2h	0,319	10	0,005	0,652	10	0,000
	2h 30m	0,199	8	,200 [*]	0,920	8	0,428
	3h	0,205	10	,200 [*]	0,917	10	0,331
	Control	0,122	10	,200 [*]	0,969	10	0,881
ADh	2h	0,183	10	,200 [*]	0,894	10	0,187
	2h 30m	0,230	8	,200 [*]	0,937	8	0,580

	3h	0,128	10	,200*	0,964	10	0,830
	Control	0,135	10	,200*	0,956	10	0,745
ADv	2h	0,124	10	,200*	0,978	10	0,954
	2h 30m	0,316	8	0,018	0,848	8	0,092
	3h	0,175	10	,200*	0,940	10	0,558
	Control	0,216	10	,200*	0,887	10	0,155
	Dvo	2h	0,136	10	,200*	0,968	10
	2h 30m	0,220	8	,200*	0,920	8	0,429
	3h	0,210	10	,200*	0,917	10	0,335
	Control	0,172	10	,200*	0,971	10	0,900
Dvf	2h	0,164	10	,200*	0,933	10	0,479
	2h 30m	0,184	8	,200*	0,896	8	0,267
	3h	0,156	10	,200*	0,944	10	0,596
	Control	0,171	10	,200*	0,953	10	0,699

Tabla 10.- Pruebas de homogeneidad de las varianzas basándose en diferentes parámetros. En este caso todos los resultados son superiores a 0,05 y no hay problemas con la varianza.

Prueba de homogeneidad de varianzas

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Pog	Se basa en la media	0,542	3	34	0,657
	Se basa en la mediana	0,167	3	34	0,918
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,167	3	28,743	0,918
	Se basa en la media recortada	0,507	3	34	0,680
Pf(g)	Se basa en la media	1,587	3	34	0,211
	Se basa en la mediana	1,092	3	34	0,366
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	1,092	3	29,734	0,368
	Se basa en la media recortada	1,553	3	34	0,219
Dho	Se basa en la media	1,160	3	34	0,339
	Se basa en la mediana	0,977	3	34	0,415

	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,977	3	32,314	0,415
	Se basa en la media recortada	1,156	3	34	0,341
Dhf	Se basa en la media	1,300	3	34	0,290
	Se basa en la mediana	0,789	3	34	0,508
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,789	3	28,106	0,510
	Se basa en la media recortada	1,261	3	34	0,303
AP	Se basa en la media	2,268	3	34	0,098
	Se basa en la mediana	2,086	3	34	0,120
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2,086	3	21,258	0,132
	Se basa en la media recortada	2,142	3	34	0,113
ADh	Se basa en la media	1,035	3	34	0,389
	Se basa en la mediana	0,672	3	34	0,575
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,672	3	23,740	0,578
	Se basa en la media recortada	1,016	3	34	0,398
ADv	Se basa en la media	0,475	3	34	0,702
	Se basa en la mediana	0,457	3	34	0,714
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,457	3	29,391	0,714
	Se basa en la media recortada	0,479	3	34	0,699
DVo	Se basa en la media	0,418	3	34	0,741
	Se basa en la mediana	0,438	3	34	0,727

	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,438	3	30,640	0,727
	Se basa en la media recortada	0,430	3	34	0,733
DVf	Se basa en la media	0,613	3	34	0,611
	Se basa en la mediana	0,490	3	34	0,692
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0,490	3	31,101	0,692
	Se basa en la media recortada	0,608	3	34	0,614

Tabla 11.- Test ANOVA. En esta prueba se comparan las varianzas de los grupos de forma cuantitativa.

ANOVA

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Pog	Entre grupos	381,056	3	127,019	0,320	0,811
	Dentro de grupos	13504,574	34	397,193		
	Total	13885,630	37			
Pf(g)	Entre grupos	140,339	3	46,780	0,134	0,939
	Dentro de grupos	11900,381	34	350,011		
	Total	12040,719	37			
Dho	Entre grupos	32,373	3	10,791	2,333	0,091
	Dentro de grupos	157,275	34	4,626		
	Total	189,649	37			
Dhf	Entre grupos	84,399	3	28,133	7,422	0,001
	Dentro de grupos	128,869	34	3,790		

	Total	213,267	37			
AP	Entre grupos	100,443	3	33,481	9,437	0,000
	Dentro de grupos	120,620	34	3,548		
	Total	221,063	37			
ADh	Entre grupos	36,883	3	12,294	3,429	0,028
	Dentro de grupos	121,901	34	3,585		
	Total	158,784	37			
ADv	Entre grupos	131,261	3	43,754	13,499	0,000
	Dentro de grupos	110,202	34	3,241		
	Total	241,462	37			

Tabla 12.- Comparaciones múltiples tras el resto de las pruebas, que demuestran los errores en las medidas o el manejo en las manzanas congeladas 2 horas.

Comparaciones múltiples

Variable dependiente				Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Pog	HSD Tukey	Control	2h	6,72100	8,91284	0,874	-17,3508	30,7928
			2h 30m	1,26250	9,45349	0,999	-24,2695	26,7945
			3h	-1,44000	8,91284	0,998	-25,5118	22,6318
		2h	Control	-6,72100	8,91284	0,874	-30,7928	17,3508
			2h 30m	-5,45850	9,45349	0,938	-30,9905	20,0735
			3h	-8,16100	8,91284	0,797	-32,2328	15,9108
		2h 30m	Control	-1,26250	9,45349	0,999	-26,7945	24,2695

			2h	5,45850	9,45349	0,938	-20,0735	30,9905
			3h	-2,70250	9,45349	0,992	-28,2345	22,8295
		3h	Control	1,44000	8,91284	0,998	-22,6318	25,5118
			2h	8,16100	8,91284	0,797	-15,9108	32,2328
			2h 30m	2,70250	9,45349	0,992	-22,8295	28,2345
Pf(g)	HSD Tukey	Control	2h	-1,75000	8,36673	0,997	-24,3469	20,8469
			2h 30m	-2,51525	8,87426	0,992	-26,4829	21,4524
			3h	2,51400	8,36673	0,990	-20,0829	25,1109
		2h	Control	1,75000	8,36673	0,997	-20,8469	24,3469
			2h 30m	-0,76525	8,87426	1,000	-24,7329	23,2024
			3h	4,26400	8,36673	0,956	-18,3329	26,8609
		2h 30m	Control	2,51525	8,87426	0,992	-21,4524	26,4829
			2h	0,76525	8,87426	1,000	-23,2024	24,7329
			3h	5,02925	8,87426	0,941	-18,9384	28,9969
		3h	Control	-2,51400	8,36673	0,990	-25,1109	20,0829
			2h	-4,26400	8,36673	0,956	-26,8609	18,3329
			2h 30m	-5,02925	8,87426	0,941	-28,9969	18,9384
Dho	HSD Tukey	Control	2h	0,32500	0,96185	0,986	-2,2728	2,9228
			2h 30m	-1,77375	1,02019	0,320	-4,5291	0,9816
			3h	-1,58000	0,96185	0,369	-4,1778	1,0178
		2h	Control	-0,32500	0,96185	0,986	-2,9228	2,2728
			2h 30m	-2,09875	1,02019	0,188	-4,8541	0,6566
			3h	-1,90500	0,96185	0,215	-4,5028	0,6928
		2h 30m	Control	1,77375	1,02019	0,320	-0,9816	4,5291
			2h	2,09875	1,02019	0,188	-0,6566	4,8541
			3h	0,19375	1,02019	0,998	-2,5616	2,9491
		3h	Control	1,58000	0,96185	0,369	-1,0178	4,1778
			2h	1,90500	0,96185	0,215	-0,6928	4,5028
			2h 30m	-0,19375	1,02019	0,998	-2,9491	2,5616
Dhf	HSD Tukey	Control	2h	2,96500*	0,87066	0,009	0,6135	5,3165
			2h 30m	-0,96500	0,92348	0,725	-3,4591	1,5291
			3h	-0,13500	0,87066	0,999	-2,4865	2,2165
		2h	Control	-2,96500*	0,87066	0,009	-5,3165	-0,6135
			2h 30m	-3,93000*	0,92348	0,001	-6,4241	-1,4359
			3h	-3,10000*	0,87066	0,006	-5,4515	-0,7485
		2h 30m	Control	0,96500	0,92348	0,725	-1,5291	3,4591
			2h	3,93000*	0,92348	0,001	1,4359	6,4241
			3h	0,83000	0,92348	0,806	-1,6641	3,3241
		3h	Control	0,13500	0,87066	0,999	-2,2165	2,4865
			2h	3,10000*	0,87066	0,006	0,7485	5,4515

			2h 30m	-0,83000	0,92348	0,806	-3,3241	1,6641
AP	HSD Tukey	Control	2h	4,20700*	0,84234	0,000	1,9320	6,4820
			2h 30m	1,40900	0,89343	0,405	-1,0040	3,8220
			3h	3,02200*	0,84234	0,005	0,7470	5,2970
		2h	Control	-4,20700*	0,84234	0,000	-6,4820	-1,9320
			2h 30m	-2,79800*	0,89343	0,018	-5,2110	-0,3850
			3h	-1,18500	0,84234	0,504	-3,4600	1,0900
		2h 30m	Control	-1,40900	0,89343	0,405	-3,8220	1,0040
			2h	2,79800*	0,89343	0,018	0,3850	5,2110
			3h	1,61300	0,89343	0,288	-0,8000	4,0260
		3h	Control	-3,02200*	0,84234	0,005	-5,2970	-0,7470
			2h	1,18500	0,84234	0,504	-1,0900	3,4600
			2h 30m	-1,61300	0,89343	0,288	-4,0260	0,8000
ADh	HSD Tukey	Control	2h	-2,64000*	0,84680	0,018	-4,9270	-0,3530
			2h 30m	-0,80875	0,89816	0,805	-3,2345	1,6170
			3h	-1,44500	0,84680	0,336	-3,7320	0,8420
		2h	Control	2,64000*	0,84680	0,018	0,3530	4,9270
			2h 30m	1,83125	0,89816	0,194	-0,5945	4,2570
			3h	1,19500	0,84680	0,501	-1,0920	3,4820
		2h 30m	Control	0,80875	0,89816	0,805	-1,6170	3,2345
			2h	-1,83125	0,89816	0,194	-4,2570	0,5945
			3h	-0,63625	0,89816	0,893	-3,0620	1,7895
		3h	Control	1,44500	0,84680	0,336	-0,8420	3,7320
			2h	-1,19500	0,84680	0,501	-3,4820	1,0920
			2h 30m	0,63625	0,89816	0,893	-1,7895	3,0620
ADv	HSD Tukey	Control	2h	-4,61000*	0,80514	0,000	-6,7845	-2,4355
			2h 30m	-0,24875	0,85398	0,991	-2,5552	2,0577
			3h	-2,05500	0,80514	0,070	-4,2295	0,1195
		2h	Control	4,61000*	0,80514	0,000	2,4355	6,7845
			2h 30m	4,36125*	0,85398	0,000	2,0548	6,6677
			3h	2,55500*	0,80514	0,016	0,3805	4,7295
		2h 30m	Control	0,24875	0,85398	0,991	-2,0577	2,5552
			2h	-4,36125*	0,85398	0,000	-6,6677	-2,0548
			3h	-1,80625	0,85398	0,169	-4,1127	0,5002
		3h	Control	2,05500	0,80514	0,070	-0,1195	4,2295
			2h	-2,55500*	0,80514	0,016	-4,7295	-0,3805
			2h 30m	1,80625	0,85398	0,169	-0,5002	4,1127
DVo	HSD Tukey	Control	2h	-1,26500	2,31157	0,947	-7,5081	4,9781
			2h30m	-0,50000	2,45180	0,997	-7,1218	6,1218
			3h	-0,89000	2,31157	0,980	-7,1331	5,3531
		2h	Control	1,26500	2,31157	0,947	-4,9781	7,5081

			2h30m	0,76500	2,45180	0,989	-5,8568	7,3868
			3h	0,37500	2,31157	0,998	-5,8681	6,6181
		2h30m	Control	0,50000	2,45180	0,997	-6,1218	7,1218
			2h	-0,76500	2,45180	0,989	-7,3868	5,8568
			3h	-0,39000	2,45180	0,999	-7,0118	6,2318
		3h	Control	0,89000	2,31157	0,980	-5,3531	7,1331
			2h	-0,37500	2,31157	0,998	-6,6181	5,8681
			2h30m	0,39000	2,45180	0,999	-6,2318	7,0118
DVf	HSD Tukey	Control	2h	3,34500	2,12465	0,406	-2,3933	9,0833
			2h30m	-0,25125	2,25353	0,999	-6,3376	5,8351
			3h	1,16500	2,12465	0,946	-4,5733	6,9033
		2h	Control	-3,34500	2,12465	0,406	-9,0833	2,3933
			2h30m	-3,59625	2,25353	0,394	-9,6826	2,4901
			3h	-2,18000	2,12465	0,735	-7,9183	3,5583
		2h30m	Control	0,25125	2,25353	0,999	-5,8351	6,3376
			2h	3,59625	2,25353	0,394	-2,4901	9,6826
			3h	1,41625	2,25353	0,922	-4,6701	7,5026
		3h	Control	-1,16500	2,12465	0,946	-6,9033	4,5733
			2h	2,18000	2,12465	0,735	-3,5583	7,9183
			2h30m	-1,41625	2,25353	0,922	-7,5026	4,6701