

REVISION BIBLIOGRAFICA

Escaldado

El escaldado es un proceso térmico corto aplicado a frutas y hortalizas, antes de ser congelados, deshidratados o enlatados (Lund, 1977; IFT, 1986). Los alimentos pueden ser escaldados poniéndolos en contacto ya sea con agua, vapor, aire caliente o con microondas, por aproximadamente de 1 a 3 minutos, dependiendo de la naturaleza y el tamaño del producto concerniente (Steinbuch, 1984; IFT, 1986; Rosenberg y Bolg, 1987).

Efectos del Escaldado

Los tejidos vegetales son materiales vivos y manifiestan frescura dependiendo en gran cantidad de la ordenación estructural y composición química de la pared celular de los espacios intercelulares donde las sustancias pécticas son las principales constituyentes. El calentamiento dado durante el escaldado ocasiona rompimiento de la célula y reducción de sustancias pécticas y además causa cambios irreversibles en la estructura celular y en las características físicas del tejido vegetal (Katsaboxakis, 1985). Los múltiples efectos del escaldado en una célula vegetal son señaladas en la Figura 1.

El rompimiento de la membrana citoplasmática incrementa su permeabilidad penetrando agua a la célula y a los espacios intercelulares donde son expelidos los gases y otros productos volátiles. Las proteínas se desnaturalizan y existe pérdida de nutrimentos hidrosolubles como vitaminas, azúcares, minerales, clorofila y carotenos (Zeuthen, 1984).

Dependiendo del uso final de conservación de los productos escaldados pueden observarse uno o varios de los siguientes efectos (Poulsen, 1986):

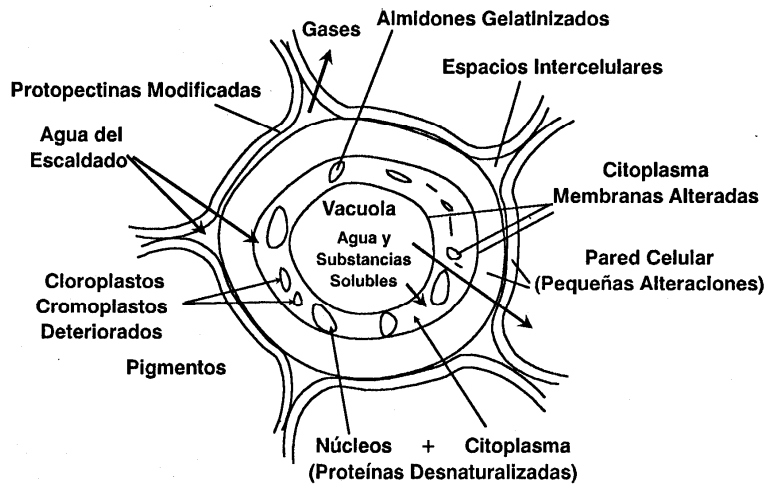


Figura 1. Ilustración de los Efectos del Escaldado en una Célula Vegetal.

Fuente: Katsaboxakis, 1984.

1. Inactivación de enzimas para prevenir el desarrollo de sabor desagradable y la decoloración, causados por la presencia de clorofilas y carotenos.
 2. Coagulación de las proteínas son forzadas a encogimiento por la liberación de agua, aunque esta merma sucede durante la esterilización de productos enlatados.
 3. Lixiviación de almidón, lo que evitará productos con aspecto turbio.
 4. Remoción del aire atrapado inter o intracelular, con lo cual el producto es más fácil de enlatar. Por otro lado, se previene la oxidación de compuestos durante el almacenamiento de productos congelados.
 5. Mejoramiento del color en el producto, aunque algunos obtienen una disminución del mismo.
 6. Mayor control de calidad, ya que las partes defectuosas se hacen más visibles y por lo tanto el producto puede ser separado más eficientemente.
 7. Disminución de la contaminación microbiana, ya que las células vegetativas, levaduras y mohos son destruidos.
 8. Reducción del tiempo de cocinado, al igual que la homogeneización para mezcla de productos, al ser tratados individualmente.
 9. Con el tratamiento térmico en un producto se puede desarrollar un sabor amargo, el cual se encuentra incluido cuando llega al consumidor (esto sucede aunque no esté escaldado dicho producto).
 10. En el escaldado cuando el agua o vapor es usado para el calentamiento, existen pérdidas de vitaminas, sabor, color, carbohidratos, por lixiviación así como otros componentes solubles en agua (Poulsen, 1986).
-

Color

El color es la parte de la energía radiante que el humano percibe a través de sensaciones visuales que se generan por la estimulación de la retina del ojo (Badui, 1991).

El color es muy importante ya que es el primer contacto que se tiene con los alimentos; ya que primeramente se busca una buena apariencia (color, forma, etc). La mayoría de los alimentos, tanto en forma natural como procesada, tienen un color característico y bien definido por el cual se identifica. Normalmente, cuando se habla del color de los alimentos, nos referimos a frutas y verduras que son los productos que contienen la mayor concentración de pigmentos (Badui, 1991). En general, se puede clasificar a los pigmentos en siete grupos, que son los de mayor interés para el tecnólogo de alimentos (Badui, 1991):

- 1) Carotenoides.
- 2) Clorofilas.
- 3) Antocianinas.
- 4) Flavonoides.
- 5) Taninos.
- 6) Betalainas
- 7) Mioglobina y hemoglobina.

Los alimentos pueden adquirir su color de varias fuentes. Una fuente principal es la de los pigmentos vegetales. Los pigmentos y precursores del color en vegetales se encuentran en el plasto celular, y en menor cantidad disueltos en agua o grasa dentro de los protoplastos y vacuolas de la célula.

La separación y el aislamiento de los pigmentos naturales se facilita considerablemente debido a que algunos son hidrosolubles, mientras que otros son solubles en disolventes orgánicos como hexano, éter, alcohol, etc. La medición de color se puede efectuar aprovechando la propiedad de cada pigmento de absorber una cierta longitud de onda del espectro visible.

La identificación de los pigmentos se efectúa con diferentes técnicas cromatográficas; también se emplean métodos espectroscópicos en el ultravioleta y el infrarrojo.

Cuando los alimentos se someten a tratamientos térmicos, estos desarrollan diferentes tonalidades de color debido a cambios químicos inducidos por las diferentes condiciones de procesamiento, principalmente por las altas temperaturas (Badui, 1991).

El análisis de los cambios que sufren las hortalizas en su color se utiliza como índice de calidad. La determinación se puede llevar a cabo en forma subjetiva o sensorial.

Los estudios dirigidos a la preservación de color verde de los vegetales procesados por calentamiento ha sido muy amplia. Desafortunadamente ninguno de los métodos propuestos han sido realmente suficientes.

Actualmente se utilizan los procesos térmicos de temperatura alta tiempo corto (TATC), ya que son los más favorables para la preservación del color verde en los vegetales. (Badui, 1991).

Ahora, el mejor camino para mantener la estabilidad de la clorofila en varios productos es usar materiales crudos de alta calidad, manejar los productos con mayor cuidado, emplear condiciones óptimas de almacenamiento y usar procesos de máxima calidad para crear el producto final.

Tipos de Escaldado

Existen varias formas de escaldado, pero los tipos más usados son: El escaldado con vapor de agua y el escaldado por inmersión en agua, siendo este último el tradicional usado en la industria alimenticia (Poulsen, 1986).

Inmersión en Agua

Industrialmente, el escaldado tipo inmersión en agua consiste en pasar el alimento a velocidades controladas a través de un tambor perforado que gira en un depósito de agua a la temperatura del escaldado (75 °C a 100 °C), controlada.

En este tipo de escaldadores la instalación y el costo son relativamente bajos, debido a que la transferencia de calor es mejor, pero las pérdidas a causa de lixiviación y el volumen de afluente de adentro hacia afuera de las células, son considerablemente mayor en éstos que en los de vapor de agua (Poulsen, 1986).

Vapor de Agua

En este tipo de escaldadores se utiliza vapor de agua saturado a presión atmosférica o mayor; se arrastra el alimento a través de una cámara de vapor sobre una cinta de rejilla o por medio de un tornillo helicoidal, estando el tiempo de residencia en ambos casos controlado por la velocidad del mecanismo de transferencia.

En este tipo de escaldadores el mecanismo de transferencia de calor está caracterizado por baja lixiviación de solubles y bajo potencial de contaminación, debido al pequeño volumen del afluente. En este tipo el costo es mayor que en los escaldadores de agua (Poulsen, 1986).

Enzimas Responsables del Deterioro de la Calidad en Hortalizas sin Escaldar

Las enzimas son proteínas capaces de catalizar reacciones bioquímicas específicas. Resulta difícil y a menudo sin sentido, definir la cantidad de enzimas presentes en

una preparación en base a la concentración. Esta cantidad se expresa como actividad, relaciona directamente la velocidad a la que ocurren las reacciones específicas en presencia de la preparación enzimática bajo condiciones establecidas.

La importancia de las reacciones enzimáticas en la tecnología de alimentos constituyen una parte fundamental y muy extensa. En general, en el procesamiento de frutas y hortalizas se pretende minimizar los cambios enzimáticos, de tal forma que se pueden conservar por largos periodos en almacenamiento (Braverman, 1980).

Son varios los grupos de enzimas responsables del deterioro de la calidad de hortalizas sin escaldar, dentro de las cuales tenemos las siguientes (Williams, et. al., 1986):

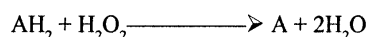
1. Las lipoxigenasas, lipasas y proteasas, que ocasionan pérdida de sabor.
2. Las pectinasas y celulasas, que causan cambios en la textura.
3. La polifenoloxidasas, clorofilasa y peroxidasa que ocasionan cambios de color.
4. La ácido ascórbico oxidasa y la tiaminasa que causan cambios nutricionales.
5. En las reacciones secundarias, los hidroperóxidos producidos por las lipoxigenasas, causan pérdida de color, debido a que reaccionan con clorofilas y carotenoides. Las benzoquinonas y melaninas, producidas por la polifenoloxidasas, reaccionan con el grupo ξ -amino de los residuos de lisina de las proteínas, afectando así, la calidad nutricional y solubilidad de las proteínas (Williams, et. al., 1986).

Peroxidasas

Se tiene conocimiento de que las peroxidasas son enzimas ubicuas y que efectúan diversas funciones bioquímicas en las plantas superiores. Se involucran en la biogénesis del etileno, en la oxidación del ácido inol- ξ -acético, la degradación de clorofilas, la lignificación, la obscuridad de los tejidos y en las respuestas a los

esfuerzos a que son sometidas las planas (Gaspar, et. al., 1980, Hinman y Lang, 1965; Smith y Stanley, 1989; Walker, 1964; Yang, 1967). La actividad de este grupo de enzimas es estimuladas por la exposición de etileno y por perturbaciones mecánicas (Miller y Kelley, 1989).

Las peroxidasas pertenecen a la clasificación enzimática de las oxidoreductasas. Generalmente, el peróxido de hidrógeno (H_2O_2), es utilizado como agente oxidante en una reacción conocida como la función peroxidática de la peroxidasa:



El donador de hidrógenos, AH_2 , puede ser ácido ascórbico, un fenol, una amina y otro compuesto orgánico (Badui, 1991). Otra reacción catalizada por la peroxidasa es la oxidativa, que requiere oxígeno molecular como agente oxidante McLellan y Robinson, 1984; Hulme, 1970; Fennema, 1976).

El color de aspecto pardusco, obtenido del producto de oxidación (A) en las reacciones antes mencionadas, sirve como base para la estimación colorimétrica de la actividad enzimática de la peroxidasa. Se emplea comúnmente en estos métodos orto-dianisimina y guayacol como donadores de hidrógeno.

La actividad de la peroxida, es ampliamente utilizada como indicador "universal" en un escaldado adecuado para frutas y hortalizas, debido a que es la enzima más estable térmicamente en las plantas (Fennema, 1976; Burnette, 1977; McLellan y Robinson, 1984; Powers, et. al., 1984; Williams, et. al., 1986; Ganthavorn y Powers, 1988).

Las enzimas varían ampliamente en cuanto a su resistencia a la inactivación térmica. Las peroxidasas en los vegetales son particularmente estables y pueden llegar a soportar por algunos minutos altas temperaturas hasta de 120 °C, sin perder por completo su actividad. La velocidad de inactivación térmica depende también del

PH, la fuerza iónica y el estado físico de la enzima en el alimento (Winter, 1969; Bottcher, 1975; Delincée y Schaefer, 1975).

El calentamiento para completar la destrucción de peroxidasas es más que suficiente para destruir la(s) enzima(s) directamente responsable(s) de la pérdida de calidad en los productos, tales como las mencionadas anteriormente. Sin embargo, hay estudios que demuestran que se obtienen hortalizas escaldadas de mejor calidad si se les deja algo de actividad residual de peroxidasa (Winter, 1969-, Bottcher, 1975; Delincée y Schaefer, 1975). Concluyendo Bottcher (1975), que la completa ausencia de actividad de peroxidasa indicaba sobre-escaldado y, que para obtener productos de mejor calidad, recomendaba escaldar hasta los siguientes porcentajes de actividad de peroxidasa residual: chícharos de 2.0 a 6.3%, dependiendo de la variedad; ejotes de 0.7 a 3.2%, coliflor de 2.9 a 8.2% y col de Bruselas de 7.5 a 11.5%.

Las peroxidasas consisten de un grupo proteico heme-adherido a una glicoproteína. La inactivación de estas enzimas consisten en la disociación de estos dos componentes, mientras que en la regeneración ocurre la reasociación de ellos. Esta regeneración es una capacidad que presentan estas enzimas, después de un tratamiento térmico, resultando así, un incremento de su actividad durante su almacenamiento de las frutas y hortalizas que han sido tratadas térmicamente, como es el caso de chícharos. La aplicación de tratamientos térmicos, más de lo necesario para inactivar la actividad enzimática de peroxidasa, pueden resultar en la modificación del grupo heme o de la glicoproteína, previniendo así, sus reasociaciones (McLellan y Robinson, 1984), como en chícharos (Pinsent, 1962).

Las peroxidasas consisten en un grupo de isoenzimas que contienen grupos heme- idénticos, pero diferentes tipos de glicoproteínas, y catalizan las mismas reacciones mencionadas anteriormente o similares (McLellan y Robinson, 1984).

Congelación de Alimentos

Los alimentos se han conservado mediante la congelación desde tiempos inmemoriales en los lugares que tienen temperaturas ambientales suficientemente reducidas (congelación climática). Desde la antigüedad las temperaturas de congelación, temidas una vez por la humanidad, han sido transformadas en un beneficio debido a su investigación dentro del problema. Mientras los sistemas hielo-sal fueron usados para congelar alimentos en la mitad del año 1800. Durante la segunda mitad del siglo XIX se desarrollaron equipos frigoríficos mecánicos y se establecieron las bases de las actuales industrias de almacenamiento de productos refrigerados y congelados (Desrosier, 1990; Brennan, et. al., 1980).

La congelación de hortalizas se desarrolló a partir de 1930, Clarence Birdseye apadrinó esta innovación como tecnólogo. Este investigador estableció que la velocidad de congelación (tiempo de congelación) determinaba la calidad del producto, una vez descongelado, e introdujo el concepto de la “congelación rápida”, desarrollando un proceso y equipo para esta operación, promovió exitosamente el consumo de alimentos congelados (Brennan et. al., 1980; Desrosier, 1980).

Trabajos más recientes rectifican que la calidad de los alimentos van a depender de la velocidad de congelación, la cual proporciona diferentes tamaños de cristales (Brennan et. al., 1980).

Efectos de la Congelación en Procesos de Hortalizas

Actualmente se cuentan con investigaciones de los efectos de la congelación en hortalizas como la zanahoria (Oliveira y Silva, 1992), ejotes (Aparicio, Ateos, Rivas y Gonzalo, 1992) y chícharos (Taiwan, National Bureau of Standards, 1985) con respecto a los cambios de color y sabor. Sin embargo a la fecha se cuenta con

investigaciones poco existentes en la congelación de calabacita italiana a pesar que ya se encuentra comercializada en figura de rebanadas.

Punto de Congelación

Las células vivas contienen bastante agua, a veces $\frac{2}{3}$ parte de su peso o más. Las células contienen sustancias orgánicas, ácidos en soluciones acuosas y moléculas orgánicas más complejas, tales como proteínas, las cuales están en suspensión coloidal. También en algún grado se encuentran gases disueltos en solución acuosa (Desrosier, 1980).

Los cambios físicos, químicos y biológicos que ocurren durante la congelación y la subsecuente descongelación de los alimentos son complejos y no completamente entendidos. Sin embargo, es útil estudiar la naturaleza de estos cambios que han sido admitidos con el propósito de diseñar un buen proceso de congelación para un alimento (Desrosier, 1980).

El punto de congelación de un líquido es aquella temperatura a la cual el líquido está en equilibrio con el sólido. Una solución con una presión de vapor menor que la del solvente puro no están en equilibrio con el solvente sólido en su punto de congelación normal, mientras que el punto de congelación de una solución es más bajo que el de un solvente puro. Así mismo, el punto de congelación de un alimento es más bajo que el del agua pura (Desrosier, 1980).

Debido al contenido de agua de la mayoría de los alimentos, la mayor parte de ellos congelan a temperaturas entre 0°C y -3.8°C . La congelación rápida ha sido definida, por aquellos que se adhieren a la teoría de la cristalización rápida, como el proceso donde la temperatura del alimento pasa a través de la zona de máxima formación de hielo cristalino (0°C a -3.8°C) en 30 minutos o menos (Desrosier, 1980).

Tamaños de Cristales

La manera en que los cristales de hielo se forman durante la congelación de un producto es muy interesante y su configuración nos dará la calidad del producto (Heldman, 1981).

Si se permite que los cristales de hielo se formen lentamente; se producen cristales relativamente grandes; si el agua es congelada rápidamente, debido a la pronta eliminación del calor del sistema, el hielo formado tendrá una textura fina. Observando el hielo formado, en primer lugar hay grandes estructuras como forma de agujas, y en último lugar, hay demasiados y más pequeños cristales de hielo (Desrosier, 1980).

Por lo anterior, es importante la velocidad de congelación para la calidad del producto. Los fenómenos físicos asociados a la formación de los cristales de hielo fueron demostrados por Meryman (1956) y Fennema (1976) donde el proceso de cristalización ocurre en dos etapas: a) nucleación o formación del cristal y b) desarrollo del cristal.

La nucleación es la que ocurre al inicio de la congelación, desarrollándose la formación de pequeños núcleos, los cuales serán los centros de los cristales. El desarrollo del cristal puede ocurrir solo después de la nucleación y exceder el tamaño del cristal. El rango en el cual se desarrollan los cristales es en función de severos factores que incluyen: a) el rango en el cual las moléculas reaccionan en la superficie del cristal; b) el rango de difusión de las moléculas de agua después de la descongelación en la superficie del cristal y, c) el rango en el cual el calor es removido, observándose esto al llevar a cabo una supercongelación (Heldman, 1981).

La velocidad de congelación debe ser tal que los diminutos cristales se desarrollen uniformemente por todos los tejidos. Si un tejido congelado con rapidez es descongelado inmediatamente, el agua es reabsorbida por los tejidos a medida que

los cristales de hielo piquen las células y no puedan volver al ser descongeladas a su estado original. Algo del fluido resultante de la descongelación no es reabsorbido y aparece como líquido libre. Sin embargo, como se hizo notar antes, el crecimiento de los cristales de hielo es sólo uno de los factores que ejercen influencia sobre la calidad de los alimentos congelados.

En la medida que progresa la congelación en un substrato aumenta la concentración de electrolitos que pueden causar cambios irreversibles en las estructuras coloidales. El daño de la estructura de los tejidos puede resultar del crecimiento de los cristales de hielo. Ambos fenómenos ocurren simultáneamente, y tienen la misma importancia.

Tiempo de Congelación

La definición del término "Tiempo de Congelación" presenta algunas dificultades. Hay que definir dos puntos, el momento en que inicia la congelación y el momento en que termina. Desafortunadamente la congelación se puede producir a distintas velocidades, en diferentes partes de una pieza o paquete de alimento y la temperatura más elevada a la que los cristales tienen una existencia estable en un producto alimenticio se denomina convencionalmente "punto de congelación". La formación de los primeros cristales de hielo, en la superficie del alimento sometido a congelación, puede utilizarse para señalar el inicio del "Tiempo de Congelación" (Brennan et. al., 1980). Podemos citar otra definición de "Tiempo de Congelación" en la que se advierten: a). "Tiempo Efectivo de Congelación", es el tiempo necesario para que la temperatura del alimento en su centro térmico descienda desde un valor original, hasta una temperatura predeterminada y b). "Tiempo de Congelación Nominal" que es el tiempo transcurrido desde que la superficie del alimento alcanza 0°C hasta que su centro térmico se halla a 10°C por debajo de su temperatura de congelación. (P. Fellows, 1994). Conociendo así el tiempo de congelación será útil para el diseño de equipos de congelación.

Estimación del Tiempo de Congelación

Los cálculos de la transferencia de calor en situaciones en que hay cambios de fase no son fáciles, debido a la dificultad de definir el momento en que inicia y termina la producción de cristales por enfriamiento. Sin embargo, si se quiere estimar el tiempo de congelación

a partir de datos físicos en lugar de hacerlo experimentalmente, existen dos posibilidades. En un primer caso se hace uso de un modelo matemático global y simplificado del que se deriva una ecuación que puede emplearse para calcular el tiempo de congelación en una gran diversidad de situaciones con bastante aproximación. Por otro lado, con la actual tecnología cibernética, es posible adoptar un modelo más real y en consecuencia más complicado y resolver ecuaciones diferenciales para el flujo de calor mediante métodos numéricos en lugar de utilizar métodos analíticos (Heldman, 1981).

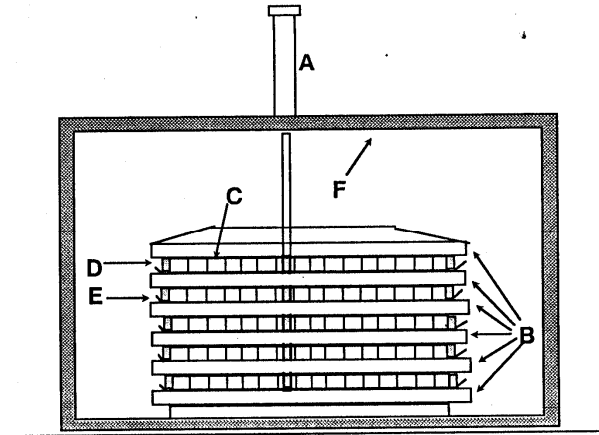
Equipos de Congelación

El principio básico de todos los métodos de congelación es la velocidad para eliminar el calor del alimento, entre los más utilizados se tienen:

- a. Congelación por contacto con un sólido frío.
- b. Congelación por contacto con un líquido frío.
- c. Congelación mediante gases fríos.
- d. Sistemas de congelación de dos fases.

Congelación por Contacto con un Sólido Frío. Los congeladores de este tipo, consisten en una serie de placas metálicas que se montan en paralelo en un sentido vertical u horizontal (Figura 2 y 3). Los espacios entre las placas son variables, se abren para cargarlas y se cierra antes de proceder a la congelación, de forma que la superficie de las placas esté en íntimo contacto con el alimento envasado o sin envasar. Las placas metálicas refrigeradas pueden moverse como lo hace una banda o ser estacionaria. Los sistemas continuos de congelación son más convenientes comercialmente.

Congelación por Contacto con un Líquido Frío. La congelación de alimentos sólidos por inmersión en líquidos fríos tiene tres grandes ventajas sobre la congelación por



Claves

- A.- Vástago para subir o bajar las placas de congelación.
- B.- Placas de congelación refrigeradas y huecas.
- C.- Paquetes de alimentos.
- D.- Barras de separación.
- E.- Bandeja de congelación.
- F.- Envoltura aislada.

Figura 2. Diagrama de un Congelador Horizontal de Placas.

Fuente: Brennan (1980).

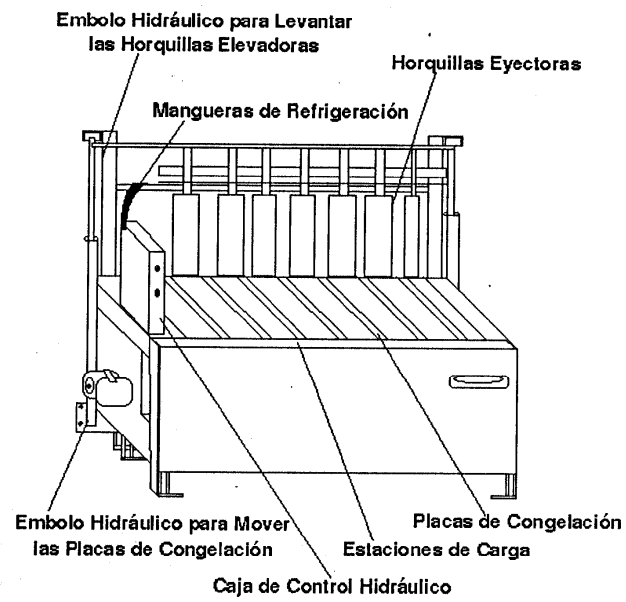


Figura 3. Congelador Vertical por Contacto de Placas Tipo Jackstone.

Fuente: Brennan, 1980.

contacto de placas: a) puede obtenerse elevados coeficientes de transmisión de calor entre el sólido y el líquido, b) los cuerpos irregulares pueden congelarse con la misma facilidad que los bloques rectangulares, c) se pueden congelar individualmente o por separado en lugar de bloques compactos.

La producción de alimentos congelados de manera individual y con rapidez presenta grandes ventajas ya que permite consumir artículos o porciones individuales de un paquete, dejando el resto almacenado hasta que se necesite; las frutas y las hortalizas pueden ser congeladas en pocos minutos, utilizando las temperaturas adecuadas.

Congelación Mediante Gases Fríos. La congelación con aire frío, dió inicio a la congelación de los alimentos, y tienen varias ventajas: pueden congelarse con esta técnica, los alimentos de formas irregulares y alimentos congelados individualmente. Además, los problemas de transferencia de masa entre el fluido refrigerante y el alimento quedan limitados a la evaporación de humedad en los productos sin envasar. Sin embargo, los coeficientes de transferencia de calor en la superficie de los alimentos, en los congeladores de aire forzado, son menores que en los congeladores por inmersión en líquidos.

A pesar de todo ello, y dada las demás ventajas, la congelación por aire forzado se usa ampliamente en las industrias de congelación de alimentos. Los congeladores de aire forzado pueden funcionar de dos formas, discontinua y continua. Las temperaturas del aire están generalmente alrededor de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una velocidad del aire de 0.5 a 1.8 m/s.

Los congeladores de aire forzado discontinuos se usan solo cuando la cantidad de material a congelar es pequeña.

Los congeladores continuos de aire forzado se clasifican, de acuerdo al principio utilizado en: a) túnel, por el que se transporta el alimento en carros mediante cintas

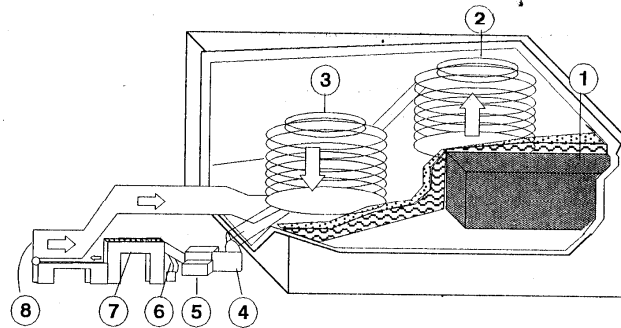
transportadoras (Figura 4) y b) lecho fluidizado (Figura 5). El aire de los congeladores de túnel pueden fluir en paralelo a la dirección del movimiento del producto o perpendicular al mismo (flujo cruzado). Este segundo sistema es el que más se utiliza con mayor frecuencia en la actualidad.

Sistemas de Congelación en dos Fases. Se han diseñado diversos sistemas congeladores en los que el medio refrigerante es un sólido sublimante, por ejemplo dióxido de carbono o un líquido en ebullición, como el nitrógeno líquido. En la mayoría de esos sistemas el efecto refrigerante no está proporcionado por un refrigerador estático, sino por el propio agente transmisor del calor, como consecuencia de su cambio de fase se eliminan a la atmósfera. Tales sistemas se conocen como congeladores criogénicos y los materiales que proporcionan el frío son los criógenos (bajas temperaturas).

El dióxido de carbono se manipula con mayor facilidad en forma líquida a presión. Al pulverizarse a presión atmosférica se produce una mezcla de dióxido de carbono gaseoso frío y nieve carbónica (sólido) el cual se pone en contacto con el alimento a congelar.

El punto de ebullición del nitrógeno líquido ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ a la presión atmosférica) es tal que los alimentos pueden congelarse a velocidades muy rápidas.

Los equipos comerciales como el representado en la Figura 6 hace uso intensivo de la capacidad refrigerante del nitrógeno. Si se aplica directamente sobre el alimento, el nitrógeno líquido se nebuliza a una velocidad controlada para regular la velocidad de congelación (Brennan, et. al., 1980; y Heldman, 1981).



Claves

- 1) Bobina de refrigeración con cubierta en posición abierta con ventiladores de bajo.
- 2) Primer Tambor en el que la cinta asciende.
- 3) Segundo Tambor con la cinta descendiente.
- 4) Descarga.
- 5) Estación de lavado automático.
- 6) Ventilador desecante.
- 7) Regulador.
- 8) Rodillo de recambio de dirección.

Figura 4. Diagrama de un Sistema Frigoscandia.
Fuente: Brennan (1980).

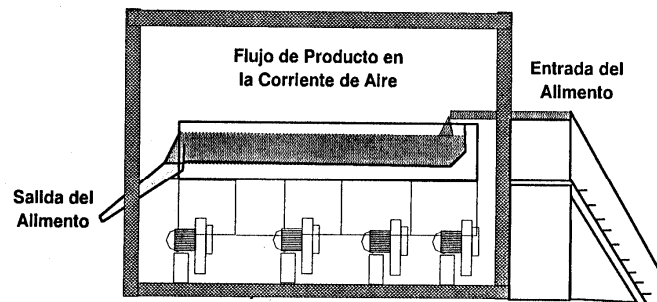
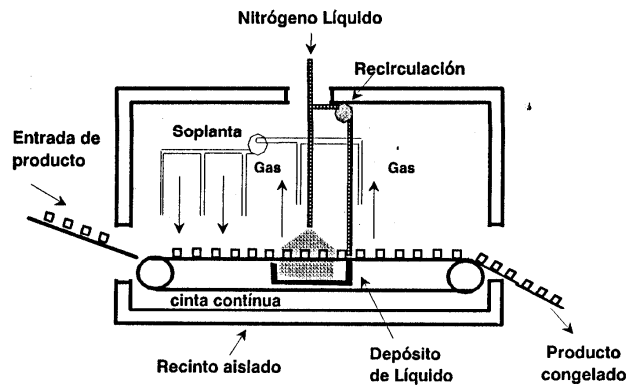
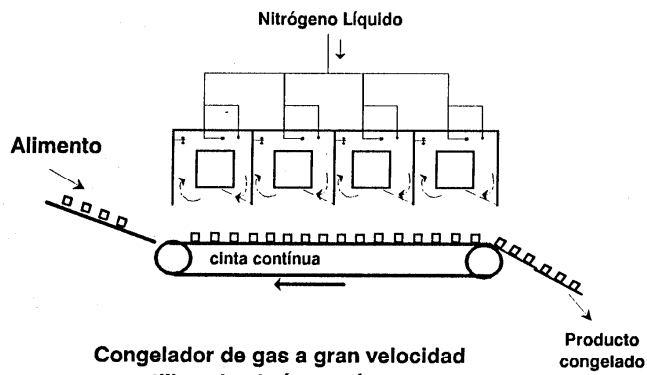


Figura 5. Diagrama de la Sección de un Congelador de Lecho Fluidizado.

Fuente: Brennan, (1980).



Congelador de cascada con recirculación de líquido



Congelador de gas a gran velocidad utilizando nitrógeno líquido

Figura 6. Equipo Comercial Utilizando Nitrógeno Gaseoso.

Fuente: Brennan, (1980).

Cambios Durante el Almacenamiento de Productos Congelado

Se recomienda que el almacenamiento de los productos congelados que se encuentre a la temperatura adecuada, con el objeto de evitar reducir en lo mínimo su calidad.

En el deterioro de calidad de los productos congelados pueden ocurrir cambios físicos y químicos. Los cambios físicos incluyen la cristalización del hielo o la desecación. La cristalización del hielo ocurre durante las temperaturas de fluctuación, resultando en el alimento una indeseable apariencia y textura. La desecación de los alimentos congelados ocurre por un inadecuado empaque y el resultado es una reducción del sabor, textura y color.

Los cambios químicos en los alimentos congelados durante su almacenamiento incluyen la oxidación de los lípidos, deterioro del sabor, insolubilización y la degradación de la clorofila y otros pigmentos (Heldman, 1981).

La temperatura usual de almacenamiento de frutas y hortalizas congeladas es a -18°C , a la cual las reacciones químicas no enzimáticas no se detienen totalmente y prosiguen en forma lenta; la mayoría de los alimentos retienen su calidad por más de un año y a veces hasta 2 ó 3 años (Potter, 1978).

Descongelación

El proceso de descongelación es contrario al de congelación, y hay importantes diferencias que deben considerarse. Si un cuerpo se descongela en una pieza, el calor de fusión tiene que transmitirse por conducción a través de una capa de producto descongelado, mientras en la congelación se transmitía a través de una capa de producto congelado. La conductividad térmica del agua es aproximadamente ocho veces menor que el hielo. Así mismo, la diferencia de temperatura entre el punto de congelación y

el medio de aporte del calor para la descongelación se encuentra muy restringida por el posible daño térmico de los productos.

Se han construido equipos de descongelación por corrientes de aire caliente, por inmersión de los productos congelados en agua o por tratamientos de la superficie con vapor a vacío (tratamiento en una cámara de vacío a 3 KN/m² con vapor saturado, que a esta presión tiene una temperatura de saturación de solo 20 °C). También se ha investigado el calentamiento dieléctrico, por microondas y por resistencia eléctrica. El primero de estos sistemas es de costo alto, y el segundo tiene una aplicación limitada debido a la escasa capacidad de penetración de las microondas entre -5 °C y -1 °C y el último método, depende de la sobreposición de la elevada difusibilidad térmica de los productos por debajo de los -10 °C y la creciente conductibilidad eléctrica por encima de esta temperatura, no se ha encontrado aún aplicación comercial (Brennan et. al., 1980).

Pruebas Mecánicas Aplicadas a Frutas y Hortalizas en los Tratamientos

Térmicos

La aceptación de un determinado alimento por el consumidor depende de varios factores, entre los cuales, los principales son el sabor, la textura, el costo, el valor nutritivo y el color del producto (Badui, 1991).

Los tratamientos térmicos a que se someten las frutas y hortalizas para su conservación en forma de congeladas, deshidratadas, o enlatadas, pueden originar cambios en la textura, que afecta de forma irreversible a la calidad del producto final (Canet y Espinoza, 1984).

La textura de un alimento se puede definir como, la forma en que los distintos componentes de un alimento están agrupados en su estructura y se pueden evaluar objetivamente, su comportamiento mecánico mediante sistemas de medidas que

registren la respuesta del producto, cuando se le aplica fuerzas externas (Canet y Espinoza, 1984). Es así, como al utilizar una Máquina Universal de Pruebas Instron (Figura 7) se puede medir la resistencia que presentan, en tres pruebas mecánicas diferentes, los productos frescos y los tratados térmicamente.

Prueba de Compresión

En la prueba de compresión se utiliza un sistema de platos paralelos, como se muestra en la Figura 8, donde se presenta también la curva típica de fuerza vs. deformación que se obtiene. Su valor máximo queda bien definido, se toma como medida de la resistencia a la compresión de cada producto, considerándose como la respuesta mecánica de la adhesión intercelular (Canet y Espinoza, 1984).

Prueba de Corte

En la prueba de resistencia al corte se utiliza una celda como se muestra en la Figura 9, que consta de dos discos planos perforados, entre los cuales se sitúa el producto que es sometido a una acción de corte al descender un pistón cilíndrico.

La curva típica, fuerza vs. deformación que se obtiene, es similar a la obtenida a la de compresión. Su valor máximo se toma como el valor de la resistencia al corte, considerándose como respuesta mecánica a la ruptura de las paredes celulares (Canet y Espinoza, 1984).

Celdas de Kramer

La prueba mecánica de resistencia con la celda de Kramer (Figura 9) consta de una caja metálica estacionaria con rejillas en el fondo como abertura, donde es colocado el producto, y de cuchillas, guiadas por estas ranuras, son introducidos en la caja. Las cuchillas primero comprimen y después cortan la muestra de prueba (DeMan et. al., 1976).

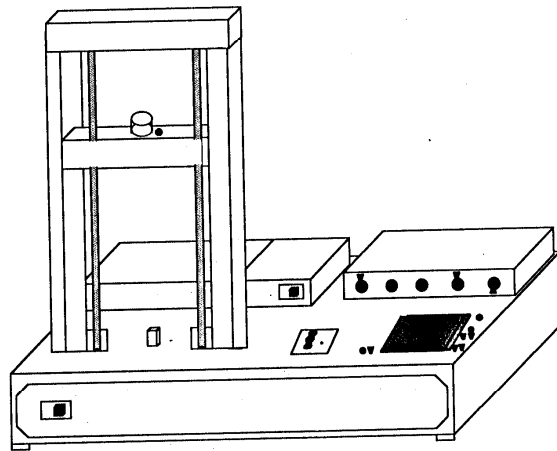


Figura 7. Máquina Universal Instron de Pruebas Físicas.

Fuente: Navarro y Nieblas, 1980.

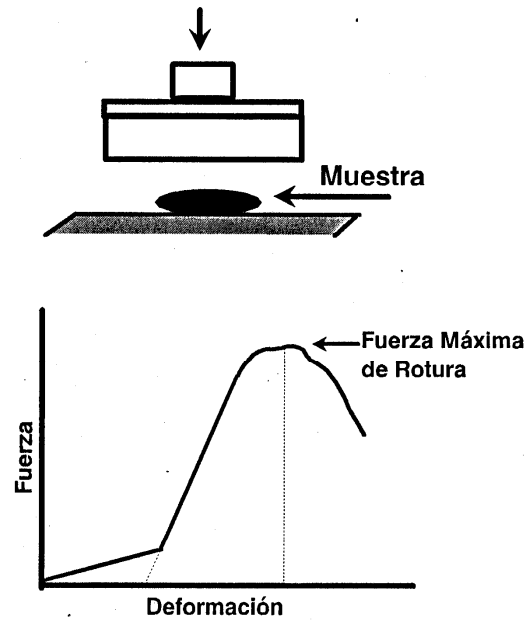


Figura 8. Celda de Compresión y Curva Tipo Fuerza vs. Deformación Obtenida de la Misma.

Fuente: Canet y Espinoza, 1983.

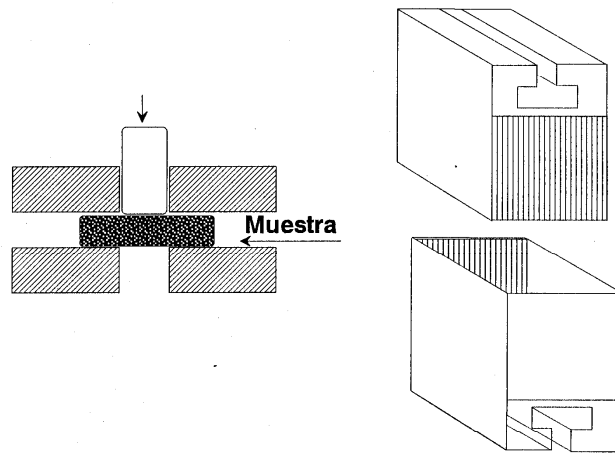


Figura 9. Celdas de Corte y Celda de Kramer.
Fuente: Navarro y Nieblas, 1989.

El diagrama de la curva típica, fuerza vs. deformación que se obtiene con la celda de Kramer, es similar en la de compresión.

El valor máximo se considera, por las características de la celda, como una respuesta conjunta de la adhesión intercelular y de la ruptura de las paredes celulares (Canet y Espinoza, 1984).
