

Unos tiempos de congelación más rápidos, los cuales se pueden alcanzar mediante el uso de procesos de congelación criogénica, ofrecen unas mejores características organolépticas, con una capacidad de retención de agua que está estrechamente relacionada con otros descriptores cualitativos de la carne como su ternura y jugosidad.

En la Tabla 3 se cuantifican las pérdidas en la congelación y descongelación según la técnica de congelación empleada. Aquí, existen pérdidas notablemente mayores al utilizar un túnel de congelación mecánica (+625% a -20 °C y +300% a -40 °C) en comparación con la prueba llevada a cabo con un proceso de congelación criogénica.

• **Deshidratación**

Durante el proceso de congelación, los productos pueden sufrir altos niveles de deshidratación debido a la sublimación del agua de superficie. Esta deshidratación puede ocasionar una importante pérdida de peso, de hasta el 10% en algunos casos, y también puede afectar al sabor del producto. Al utilizar procesos de congelación criogénica se consigue una importante reducción de esta deshidratación (hasta 10 veces menos) (Löndahl et al., 1195) si se compara con procesos de congelación mecánica.

El nivel de deshidratación está directamente relacionado con la velocidad tangencial del gas (aire, N2 o CO2) que entra en contacto con el producto. La congelación mecánica requiere una velocidad tangencial alta a fin de limitar el período de tiempo necesario para el proceso de congelación, lo que ocasiona una importante deshidratación en determinados productos alimentarios.

Tabla 3: Pérdida de peso (en porcentaje) con diferentes procesos de congelación/descongelación para el jamón

Congelación x descongelación	Pérdida en la congelación	Pérdida en la descongelación (microondas)
Túnel a -20°C x microondas	0,50	0,80
Túnel a -40°C x microondas	0,24	0,70
Nitrógeno líquido x microondas	0,08	0,58

(1) De Jacquet et al. (1976)

La eficacia de la transferencia térmica también depende de la diferencia de temperatura entre la superficie del producto y el gas de congelación. Dado que los congeladores criogénicos funcionan a temperaturas más bajas, una velocidad tangencial alta no es la única manera de lograr una congelación rápida.

Asimismo, la presión del vapor saturado (presión a la que la fase gaseosa y la fase sólida entran en equilibrio) se reduce aproximadamente a la mitad por cada descenso de 10°C en la temperatura. Puesto que los congeladores criogénicos funcionan a temperaturas más bajas, la presión del vapor saturado a estas temperaturas es menor y, en consecuencia, la deshidratación también es menor.

4. Conclusión

Diversos estudios sobre los cambios en el estado de los productos alimentarios han demostrado el impacto de la calidad de los métodos de congelación y almacenamiento en las propiedades organolépticas de los productos tras su descongelación. La velocidad de congelación es el parámetro fundamental para garantizar una congelación óptima. La congelación criogénica es una manera particularmente positiva de evitar el deterioro organoléptico (pérdida de textura y deshidratación) en productos alimentarios delicados como el marisco, la fruta y carne. En la Tabla 4 se resume la eficacia de las diferentes técnicas de congelación para distintos tipos de productos cárnicos:

5. tell me more

Acerca del autor

Licenciado en la ENSIA (École Nationale Supérieure des Industries Alimentaires), Adrien Agoulon es director de Agro-Hall desde 2010, tras dirigir la división de I+D en el centro tecnológico durante ocho años.

Con sede en Evreux (Francia), Agro-Hall se estableció en 1986 para proporcionar a las empresas asistencia adaptada a sus proyectos I+D+i.

Para obtener más información sobre Air Products o acerca de tecnologías de congelación

Con el fin de abordar la mejor tecnología de congelación para su unidad industrial, o con miras a pedir un examen sin compromiso de su proceso de congelación actual, póngase en contacto con uno de los expertos de Carbueros Metalicos:

Carbueros Metálicos S.A.
 c/ Aragón, 300
 08009 Barcelona
 España
 Oferta@carbueros.com
 902 13 02 02

Impacto de los parámetros de congelación en las características de los alimentos

Adrien Agoulon
 Director, Agro-Hall

Resumen:

Diversos estudios sobre los cambios en el estado de los productos alimentarios han demostrado el impacto de la calidad de los métodos de congelación y almacenamiento en las propiedades organolépticas de los productos tras su descongelación. La velocidad de congelación es el parámetro fundamental para garantizar una congelación óptima. La congelación criogénica es una manera particularmente positiva de evitar el deterioro organoléptico (pérdida de textura y deshidratación) en productos alimentarios delicados como el marisco, la fruta y carne.

1. Introducción

La venta de alimentos congelados está aumentando a escala mundial. La congelación permite conservar la calidad de los alimentos y mantener un precio competitivo. La propia técnica de congelación, al igual que el mercado de los alimentos congelados, se está desarrollando para aumentar la rapidez, eficacia y rentabilidad. Con el fin de continuar atendiendo los intereses de los consumidores, quienes exigen productos de alta calidad, tanto en términos de sabor como de nutrición, pero que desean emplear cada vez menos tiempo en preparar la comida, necesitamos conocer mejor los fundamentos de este proceso y su efecto en los alimentos. Con este artículo se pretende mostrar los datos científicos existentes acerca del impacto de las tecnologías de congelación en las características organolépticas (por ejemplo, sabor, textura, olor y aspecto) de productos alimentarios delicados como la carne, la fruta, las verduras e incluso el marisco.

2. El proceso de congelación

Al contrario de lo que mucha gente piensa, los alimentos congelados no están en estado sólido por completo. Aunque son sólidos a nivel microbiológico, el producto es susceptible a las reacciones físicas y bioquímicas, lo cual puede poner en peligro sus cualidades organolépticas. Esto se entiende más fácilmente si nos fijamos en la proporción de agua congelada que encontramos en diversos alimentos congelados. Tomemos como ejemplo productos animales, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1: Influencia de la temperatura en el porcentaje de agua congelada en la carne

	Agua congelada (%)		
Temperatura (°C)	Carne de ave (músculo) ¹	Carne de ternera magra ^{1,2}	Pescado (bacalao) ^{1,2}
-5	74	74	77
-10	83	82	84
-15		85	87
-20	88	87	89
-25			
-30	89	88	91

(1) De Reidel (1957), citado por Desrosier y Tressler en Fundamentals of Food Freezing, ix, 629p., AVI Pub. Co. (1977).

(2) IIF (1986)

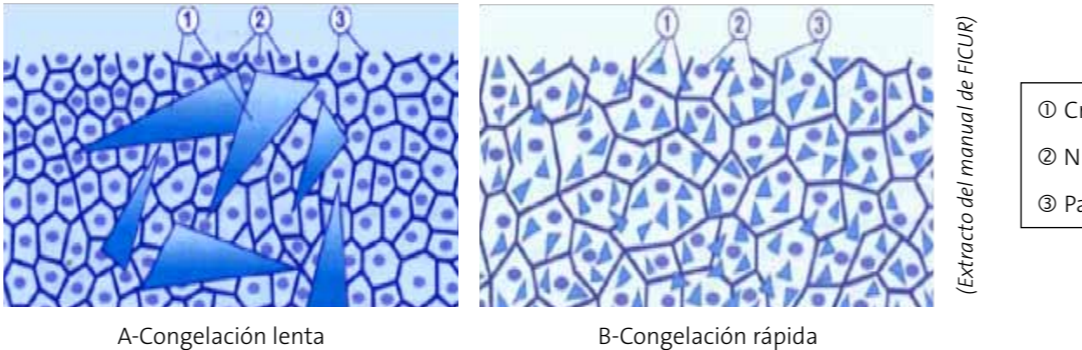
(3) Leistner y Rodel (1976), citado por Daudin en Technologie de la viande et des produits carnés, Chapitre 1 (1988)

En un producto como la carne, a una temperatura estabilizada de -20 °C, el porcentaje de agua no congelada sigue estando por encima del 10% del contenido de agua total del producto. Esta parte líquida posee características específicas y se enriquece progresivamente con diversas sustancias disueltas a medida que más agua forma cristales de hielo. A esto se le denomina la fase de concentración por congelación, durante la cual se produce un gran número de cambios a medida que el producto congelado madura. Básicamente, esta fase permite la reagrupación de los enzimas y sus sustratos en un volumen de líquido limitado, el cual puede acelerar ciertas reacciones a pesar del efecto retardante de las bajas temperaturas.

La cinética del descenso de temperatura durante el proceso de congelación (y, por consiguiente, la técnica de congelación empleada) influye en las características (número y tamaño) así como en el crecimiento de cristales:

- Tasa de nucleación. Se trata del número de núcleos que se forman por unidad de tiempo. Este parámetro aumenta con mayores velocidades de refrigeración. Por ejemplo, cada grado de subrefrigeración multiplica la tasa de nucleación por 10.
- Índice de crecimiento de cristales. El crecimiento de los cristales está relacionado con la capacidad de eliminar el calor donde se estén formando los cristales de hielo (relativo a las características del producto y a la temperatura del medio).
- Tamaño de los cristales. Este depende de los dos factores citados anteriormente. La formación de un gran número de núcleos, así como un índice de crecimiento rápido, fomenta la formación de cristales pequeños.

En muchos casos, el deterioro causado por el hielo se explica por la rigidez y el tamaño de los cristales del interior de la estructura celular de los alimentos. El resultado de esto es una presión mecánica que puede dañar la estructura celular de productos como la carne, la fruta y las verduras. En la Figura 1 se muestra el tamaño y la distribución de los cristales en función de la cinética de congelación.


Figura 1: Ilustración de la formación de cristales según la cinética de congelación

3. Impacto de la congelación en la estructura de los alimentos

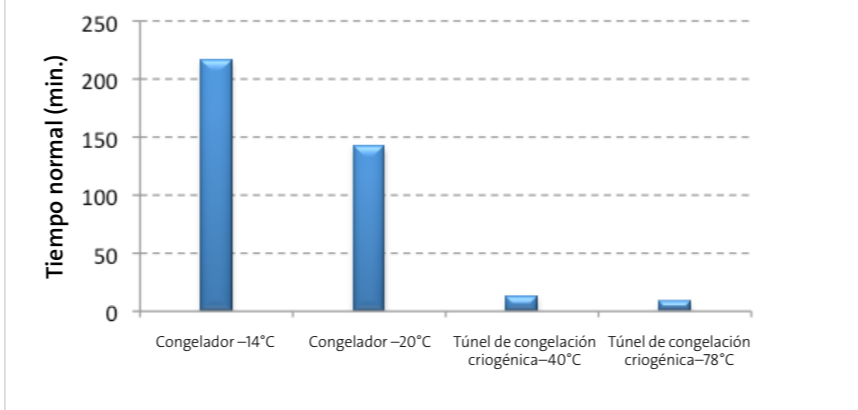
3.1.Características de las diferentes tecnologías de congelación

Antes de profundizar en el impacto de las tecnologías de congelación en la estructura de los alimentos, es necesario recordar las características principales de las tecnologías empleadas a nivel industrial.

- Refrigeración mecánica: este término se utiliza para describir a los congeladores tradicionales con ciclos de refrigeración por compresión de vapor, los cuales suelen funcionar a una temperatura que oscila entre los -20 °C y los -50 °C.
- La congelación criogénica se consigue al utilizar líquidos criogénicos como el nitrógeno o el dióxido de carbono, y suele funcionar por debajo de los -70 °C.

Estas importantes diferencias de temperatura producen cinéticas de congelación muy distintas entre las dos tecnologías. En la Figura 2 se muestra el tiempo de congelación normal (el tiempo necesario para que la temperatura del centro del producto se reduzca hasta el intervalo entre -1°C y -7°C) de un filete de ternera (de 200g y 2cm de grosor) en función de la técnica de congelación empleada.

La gran diferencia de temperatura entre el producto y el medio de congelación de la técnica criogénica permite tiempos de congelación mucho más cortos que los de los procesos de congelación mecánica. Estas cinéticas de refrigeración son en gran medida las responsables de las diferencias en los niveles de deterioro observados en el producto finalizado cuando comparamos el impacto de la tecnología de congelación con la calidad de los alimentos.


Figura 2: Tiempo normal de congelación de un filete de ternera según la técnica de congelación

3.2.Impacto de la congelación en la calidad de los alimentos

- Concentración por congelación**

La congelación lenta (avances hacia delante de la congelación a una velocidad inferior a 0,2cm/h) provoca la formación de cristales de hielo en menos espacio extracelular concentrado. La concentración progresiva del espacio extracelular (concentración por congelación) produce la deshidratación de las células a través de la ósmosis. La fuga de líquidos intracelulares provoca un debilitamiento del tejido y una pérdida de turgencia en el tejido vegetal. En la Tabla 2 se presentan las diferencias cualitativas observadas entre la congelación criogénica con nitrógeno líquido, la congelación mecánica ventilada y la congelación mecánica no ventilada.

En el caso de las judías verdes, el deterioro, el cual fue mucho menor con la congelación criogénica, era más notorio cuando el tiempo necesario para que el centro del producto alcanzara los -20 °C superaba los 30 minutos.

Tabla 2: Efecto de la velocidad de congelación en las propiedades sensoriales de las judías verdes

Tiempo necesario para que la temperatura del centro alcance los -20°C	Características sensoriales del producto cocinado	Tipo de congelación
Menos de 30 minutos	No hay pérdida de firmeza; el color y el sabor son normales	Congelación criogénica (con nitrógeno líquido)
De 30 minutos a 2 horas	Hay pérdida de firmeza; el color y el sabor son normales	Congelación mecánica ventilada
Más de 12 horas	Hay pérdida de textura; el color y el sabor se deterioran	Congelación mecánica no ventilada

CJ Kennedy, GP Archer, 1999. Maximising Quality and Stability of Frozen Foods, Report 2, 14.

Primero se produce una pérdida de textura, producto de la pérdida de turgencia de las células. Debido a la rapidez de la refrigeración en la congelación criogénica, la concentración por congelación se limita y se forman cristales de hielo tanto en los espacios intracelulares como en los extracelulares. Esto se debe a que la cantidad de frío transferido no lo absorbe únicamente la formación de cristales en los espacios extracelulares, por lo que los núcleos se forman de manera homogénea por toda la matriz (consulte la Figura 1). La homogeneidad de los sitios de nucleación limita por tanto los efectos de la presión osmótica, la cual podría producir pérdida de textura.

El deterioro del color y el sabor varía extensamente en función de las condiciones de almacenamiento y de la naturaleza del producto congelado. No obstante, queda claro que la presencia de enzimas y sus sustratos en un volumen confinado de líquido crea las condiciones propensas para que tengan lugar reacciones dañinas y de rápida actuación a pesar de las bajas temperaturas. La congelación rápida (por ejemplo, la congelación criogénica) estabiliza el entorno mediante la limitación del flujo de materia a través del tejido. Las fases líquidas retienen por lo tanto menores concentraciones de sustancias disueltas, por lo que se produce un menor deterioro enzimático (a saber, oxidación, hidrólisis y descarboxilación).

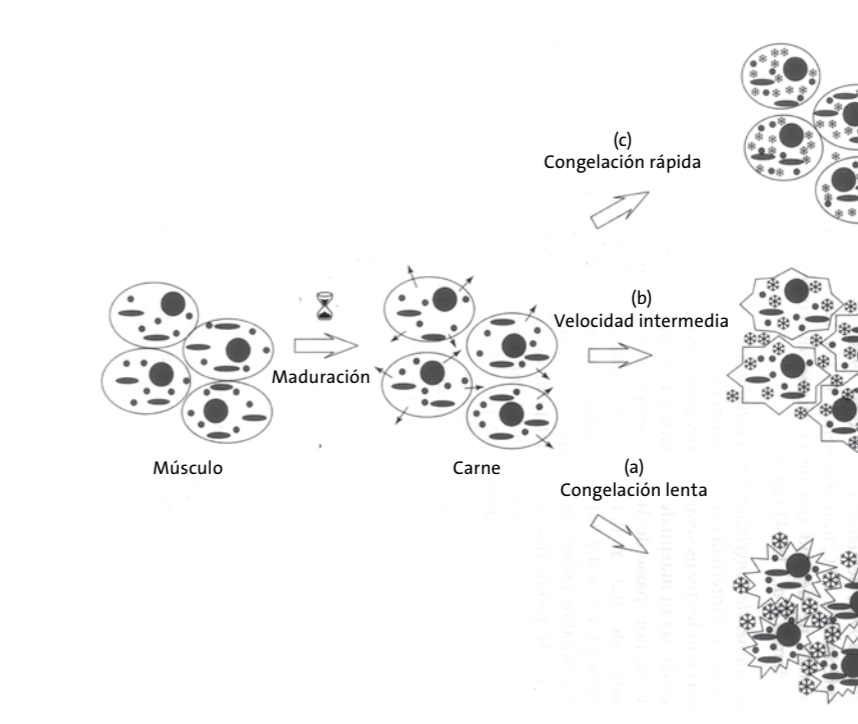

Figura 3: Ilustración del impacto de la velocidad de congelación en la calidad de la carne

Ilustración tomada de Congélation et Qualité de la Viande, Claude Genot, INRA Edition, 2000.

La aceleración de estas reacciones enzimáticas en una refrigeración lenta también provoca un segundo mecanismo de alteración basado en las presiones mecánicas ocasionadas por los cristales de hielo.

- Alteración mecánica**

Las técnicas de congelación lenta, en las que los avances hacia delante de la congelación se producen a una velocidad inferior a 0,2 cm/h, influyen en el tamaño y el número de cristales. En la Figura 3 se ilustra el impacto de la velocidad de congelación en las células y, consecuentemente, en las propiedades organolépticas.

Los cristales grandes que se forman en condiciones de congelación más lenta generan presión mecánica y crean bordes afilados que dañan todos los componentes celulares (los orgánulos y las membranas celulares, entre otros). Este daño provoca la unión de las enzimas y los sustratos que se habían separado previamente y, por lo tanto, produce diferentes reacciones enzimáticas. Las cualidades organolépticas de la carne que se ven afectadas por los métodos de congelación son básicamente la ternura, la jugosidad y la capacidad de retención de agua.