

Determinación de la cantidad de agua congelable y no congelable presente en un alimento congelado

| | |
|--------------------------|--|
| Apellidos, nombre | Talens Oliag, Pau (pautalens@tal.upv.es) |
| Departamento | Tecnología de Alimentos |
| Centro | Universitat Politècnica de València |

1 Resumen de las ideas clave

La congelación de alimentos es una forma de conservación que se basa en la solidificación de parte del agua contenida en éstos [1]. Por lo tanto, cuando un alimento es congelado, parte del agua es congelada y otra parte queda formando parte de una disolución crioconcentrada. Dependiendo de la composición del alimento y a que temperatura permanezca congelado, la cantidad de hielo formado, y la cantidad de agua no congelada presente será distinta.

En este artículo vamos a ver la forma de determinar la cantidad de agua congelable y no congelable, presente en un alimento congelado.

2 Introducción

El proceso de congelación en los alimentos es más complejo que la congelación del agua pura. Los alimentos al contener otros solutos disueltos además de agua, presentan un comportamiento ante la congelación similar al de las disoluciones. La evolución de cómo cambia la temperatura de congelación del alimento en función de la fracción másica de agua o sólidos presentes en el alimento se denomina curva de enfriamiento (Figura 1).

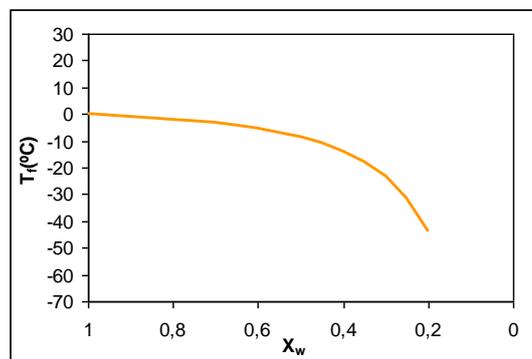


Figura 1. Curva de enfriamiento de un hipotético alimento

Como puede observarse en la figura 1, a medida que aumenta el contenido en sólidos (o disminuye el contenido en agua) del alimento, más disminuye el punto de congelación del producto.

La formación de hielo conlleva la llamada crioconcentración de solutos en la fase líquida del alimento. Este fenómeno tiene importantes repercusiones que alteran la calidad de los productos congelados. A pesar de ello, el fenómeno de crioconcentración puede utilizarse tecnológicamente para concentrar líquidos con sustancias termolábiles como por ejemplo los zumos de frutas. Por lo tanto conocer la cantidad de hielo formado, así como la cantidad de agua no congelada presente en un alimento congelado tiene interés dentro de la industria alimentaria.

3 Objetivos

Con la redacción de este artículo docente se persigue que los alumnos adquieran la capacidad de:

- Comprender que cuando un alimento es congelado, parte del agua de su composición pasa a fase hielo, pero otra parte de agua queda disponible formando una disolución crioconcentrada con los solutos presentes en el mismo.
- Determinar la cantidad de agua congelada y sin congelar cuando un alimento es sometido a un proceso de congelación.

4 Desarrollo

Para comenzar, en el punto 4.1 se van a exponer los fundamentos de cómo puede determinarse la cantidad de agua congelable y no congelable presente en un alimento almacenado a temperaturas de congelación.

Posteriormente, en el punto 4.2 se presentará un ejemplo real para el cálculo de la cantidad de hielo y agua no congelable presente en un alimento hipotético, de composición conocida, cuando es sometido a un proceso de congelación y almacenamiento a -18°C , temperatura a la que se almacenan los alimentos en las neveras de casa.

4.1 Fundamentos para determinar el agua congelable y no congelable

Podemos determinar la cantidad de hielo y agua no congelable de un alimento planteando un balance de masa, indicando que es lo que entra en el congelador y que sale, o bien mediante la regla de la palanca o del balancín, usando la curva de enfriamiento del alimento.

Para el primer caso (figura 2), se trata de un balance de materia simple, en el que lo que entra en el congelador es exactamente igual a lo que sale. Al congelador entra una fracción de agua (X_w^{FL}) y una fracción de sólidos (X_s^{FL}), mientras que sale una fracción de agua en la fase hielo (X_w^{FH}) y una fracción de agua y solutos en la fase disolución crioconcentrada, X_w^{DC} y X_s^{DC} , respectivamente. Por otro lado se sabe que la masa de fase líquida que entra en el congelador es igual a la masa de hielo y masa de disolución crioconcentrada total en el sistema.

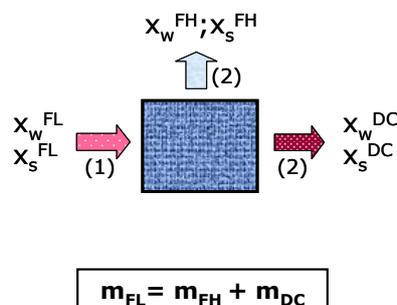


Figura 2. Esquema del balance de materia de lo que entra y sale en un congelador.

La figura 3 muestra la resolución del balance, aplicado para el disolvente (agua) y el soluto, que permite estimar la cantidad de hielo y agua no congelable de un alimento, conocida su composición.

Para el disolvente: $x_w^{FL} \cdot m_{FL} = m_H \cdot x_w^{FH} + m_{DC} \cdot x_w^{DC}$

Para el soluto: $x_s^{FL} \cdot m_{FL} = m_H \cdot x_s^{FH} + m_{DC} \cdot x_s^{DC}$

despejando m_{FL} e igualando

$$\frac{m_H + m_{DC} \cdot x_w^{DC}}{x_w^{FL}} = \frac{m_{DC} \cdot x_s^{DC}}{x_s^{FL}}$$

$$m_H \cdot x_s^{FL} + m_{DC} \cdot x_w^{DC} \cdot x_s^{FL} = m_{DC} \cdot x_s^{DC} \cdot x_w^{FL}$$

$$m_H \cdot x_s^{FL} = m_{DC} (x_s^{DC} \cdot x_w^{FL} - x_w^{DC} \cdot x_s^{FL})$$

$$m_H \cdot x_s^{FL} = m_{DC} ((1 - x_w^{DC}) x_w^{FL} - x_w^{DC} (1 - x_w^{FL}))$$

$$m_H \cdot x_s^{FL} = m_{DC} (x_w^{FL} - x_w^{DC} \cdot x_w^{FL} - x_w^{DC} + x_w^{DC} \cdot x_w^{FL})$$

$$m_H \cdot x_s^{FL} = m_{DC} (x_w^{FL} - x_w^{DC})$$

Figura 3. Resolución del balance de materia que permite determinar la cantidad de hielo y agua no congelable de un alimento congelado.

Para el segundo caso, consiste en aplicar la regla de la palanca, método empleado para conocer el porcentaje en peso de las fases "sólida y líquida" presente en una muestra de una cierta concentración cuando se encuentra a una determinada temperatura [2]. La figura 4 muestra de modo esquemático como se puede aplicar la regla de la palanca a través de la curva de enfriamiento de un alimento.

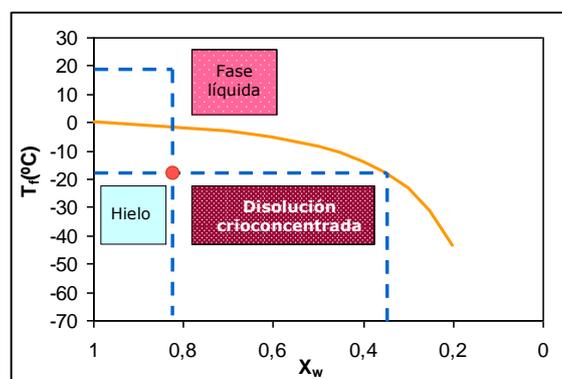


Figura 4. Aplicación de la regla de la palanca

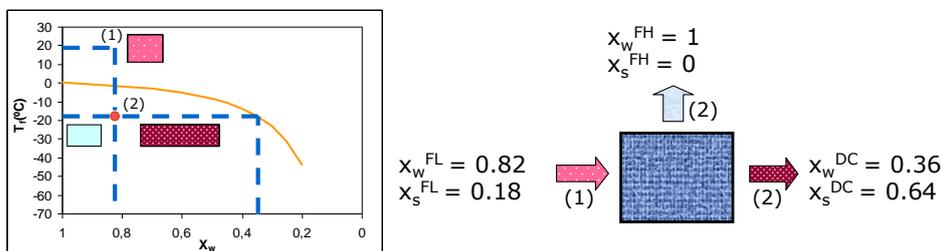
Sabemos que la masa de hielo por la distancia del extremo al centro, tiene que ser igual que la masa de disolución crioconcentrada por la distancia entre el extremo y el centro. Aplicando la regla de la palanca, se llega a la misma expresión que al resolver el balance de materia, es decir:

$$m_H \cdot x_s^{FL} = m_{DC} (x_w^{FL} - x_w^{DC})$$

4.2 Ejemplo real para determinar el agua congelable y no congelable

Imaginar que congelamos a -18°C , 1kg de un alimento cuya curva de enfriamiento coincide con la curva presentada en la figura 4. Se observa que la composición inicial tiene un 82% de agua en su fase líquida, mientras que cuando el alimento es congelado queda una disolución residual donde aproximadamente hay una fracción másica de agua en la disolución de 0.36.

Si se aplica, bien el balance de masa bien la regla de la palanca (figura 5) se puede estimar fácilmente la cantidad de hielo y agua no congelable presente en el alimento. Para el ejemplo presentado se tiene que por kg de alimento 0.72 kg son hielo y 0.1 kg es agua líquida, siendo 0.18 kg los sólidos presentes en el alimento.



$$m_H \cdot x_s^{FL} = m_{DC} (x_w^{FL} - x_w^{DC})$$

$$m_{FL} = m_{FH} + m_{DC} = 1\text{kg}$$



$$m_{FH} = 0.72 \text{ kg hielo/kg disolución}$$

$$m_{DC} = 0.28 \text{ kg DC/kg disolución} \begin{cases} \xrightarrow{\times 0.64} 0.18 \text{ kg sólidos/kg disolución} \\ \xrightarrow{\times 0.36} 0.1 \text{ kg agua/kg disolución} \end{cases}$$

Figura 5. Calculo de la cantidad de hielo y disolución crioconcentrada del ejemplo real planteado

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto los fundamentos que permiten determinar la cantidad de agua congelable y no congelable presente en un alimento almacenado a temperaturas de congelación. Por otro lado, se ha presentado un ejemplo real que permite ver las cantidades de hielo y agua no congelable presentes en un hipotético alimento, de composición conocida, y almacenado a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, temperatura a la que generalmente se almacenan los alimentos congelados en las neveras de casa.

6 Bibliografía

- [1] <http://es.wikipedia.org/wiki/Congelación>
- [2] https://es.wikipedia.org/wiki/Regla_de_la_palanca