

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACAP – EAP DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
CURSO: OPERACIONES UNITARIAS II
CATEDRATICO: ING. MIGUEL ANGEL QUISPE SOLANO

LABORATORIO N° 5
CURVAS DE CONGELACION

I. OBJETIVO:

El presente laboratorio busca alcanzar los siguientes objetivos:

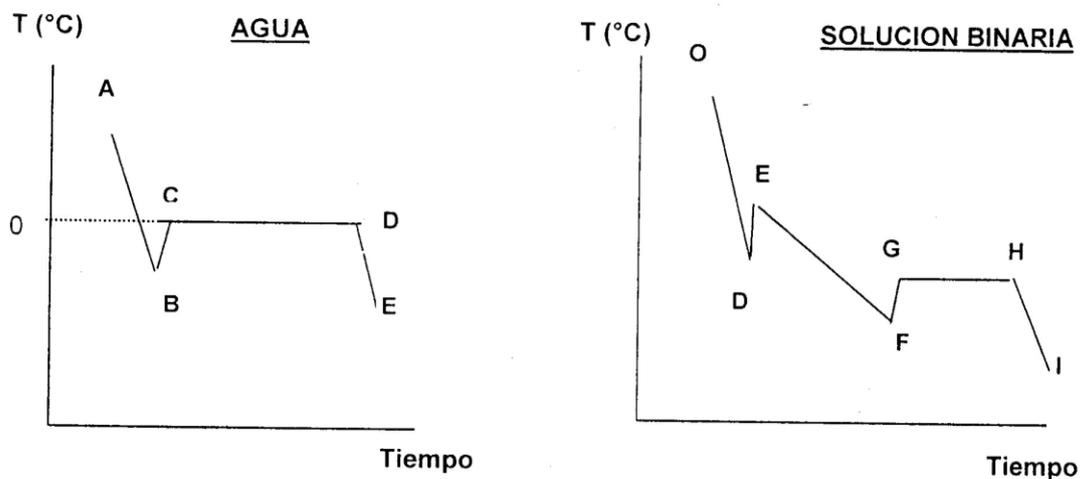
1. Obtener las curvas de congelación de alimentos líquidos
2. Distinguir y diferenciar las fases y partes de las curvas de congelación obtenidas

II. FUNDAMENTO:

Las curvas de congelación proporcionan información útil acerca de proceso de congelación relacionando temperaturas del producto con el calor extraído o tiempo de congelación.

Si se representan las variaciones que sufren durante la congelación, las temperaturas del agua y de una solución binaria donde se obtienen curvas como las de la **Figura 1**.

Figura 1: Curvas de congelación del agua y de una solución binaria



Curva de congelación:

- OD** Extracción de calor sensible, desde el origen de la curva al punto D lo que producirá un descenso uniforme de la temperatura.
- D** punto de sobre - enfriamiento necesario para la nucleación
- DE** Calentamiento producido por la liberación de calor del núcleo lo cual contribuye al crecimiento de cristales

EF Cambio de estado (liquido a solido)

No se realiza a temperatura constante debido a que conforme se va cristalizando el agua, la concentración de la solución va incrementándose con el consiguiente decrecimiento del punto de congelación.

F La fase liquida se satura con el soluto y empieza la nucleación de la solución sobresaturada

FG Calentamiento producido por la liberación de calor por cristalización del soluto

G Temperatura eutéctica

Se define el punto eutéctico como la temperatura mas alta a la que una máxima cristalización de agua y soluto puede ocurrir, en un sistema acuoso.

El termino criohídrico se aplica solo cuando el solvente es agua, siendo el termino mas general el de eutéctico, que es aplicable a cualquier solvente.

GH Cambio de estado de la solución sobresaturada en donde la cristalización de agua y soluto es proporcional por lo que la concentración no variara siendo por lo tanto un proceso a temperatura constante. Se realiza la concentración correspondiente al punto eutéctico.

H La cristalización de la solución sobresaturada es completa

HI Al ser todo solido, y seguir extrayendo calor, solo se producirá una disminución de la temperatura, por liberación de calor sensible.

En el caso del agua pura, después de la sobrefusión (S) ocurre la formación de los cristales de hielo y liberación de calor, la temperatura sube a 0°C (punto crioscópico) y permanece constante durante toda la cristalización. Cuando toda el agua se transformo en hielo se inicia el descenso de la temperatura a una marcha mas rápida porque el calor especifico del hielo es inferior al del agua.

Se define al punto crioscópico como el punto en el cual el agua de un alimento comienza a cambiar de estado.

Como los alimentos son sistemas heterogéneas desde el punto de vista químico y físico: el fenómeno de congelación esta caracterizado por una temperatura a la que aparecen los primeros cristales de hielo y de un intervalo de temperatura para que el hielo se forme. Mientras que el hielo se encuentra localizado en el exterior de las células, no se produce una lesión grave o irreversible.

A medida que el producto se enfría más, por debajo de su punto de congelación inicial, el agua se congela cada vez más, de tal forma que las soluciones residuales son cada vez más concentradas. En los alimentos congelados, la relación de hielo formado con la disolución residual es función de la temperatura y de la concentración inicial de solutos.

Si la congelación es muy rápida, el fenómeno de la concentración de las disoluciones que está ligado al movimiento de los solutos es muy reducido. Una vez que el agua ha comenzado a congelar la cristalización es función de la velocidad de enfriamiento, al mismo tiempo que la velocidad de difusión del agua a partir de las disoluciones o geles que bañan la superficie de cristales de hielo. Si la velocidad de congelación es débil, se forman pocos núcleos de cristalización y los cristales crecen ampliamente. Como el agua comenzó a congelarse fuera de las células, estas están sometidas a una presión osmótica y pierden agua por difusión a través de las membranas plasmáticas, en consecuencia, se colapsan parcialmente o totalmente. Si la velocidad de congelación aumenta el número de cristales de hielo crece, mientras que su tamaño disminuye.

Todos los alimentos naturales y la mayoría de los alimentos manufacturados poseen muchos constituyentes en solución y los puntos eutécticos de los diferentes solutos cubren un amplio rango de temperaturas.

Las soluciones alimenticias deben lógicamente producir complicadas curvas de congelación, con pequeñas interrupciones que aparecen cada vez que pasa por un punto eutéctico, esto sin embargo generalmente no ocurre, las razones son bien explicadas por Sommer (1974): en una solución que contiene varias sustancias disueltas se puede presagiar lo siguiente: cuando un punto de saturación (debido a la extracción de agua como hielo) ha sido alcanzado con respecto a la sustancia A en la porción no congelada la concentración permanecerá constante pero aumentará las concentraciones de B y C, etc. Por lo tanto la temperatura no permanecerá constante en el congelamiento ulterior como lo fue en la solución con un solo componente. Habrá solamente un descenso en la velocidad de cambio de temperatura después que A ha alcanzado su punto de saturación. Lo mismo ocurrirá cuando los puntos de saturación de B y C etc. Son alcanzados en la porción excedente sin congelar.

Lógicamente la forma exacta de las curvas de congelación en una solución mezclada estará influenciada por las cantidades de los diversos componentes, sus solubilidades en presencia de los otros y sus efectos sobre el punto de congelación.

El punto eutéctico final es alcanzado solo cuando la última de las sustancias disueltas alcanza su punto de saturación y en mezcla de soluciones la porción sin congelar en ese punto, también estará saturada con respecto a todos los otros componentes. Por lo tanto, el punto eutéctico de la mezcla deberá ser menor al del componente de más bajo punto eutéctico.

A medida que la velocidad de congelación aumento las diferentes etapas que constituyen la congelación van siendo menos aparentes, hasta que al llegar a las velocidades mas altas de extracción de calor donde ellas no se distinguen.

III. MATERIALES Y MÉTODOS:

Materiales

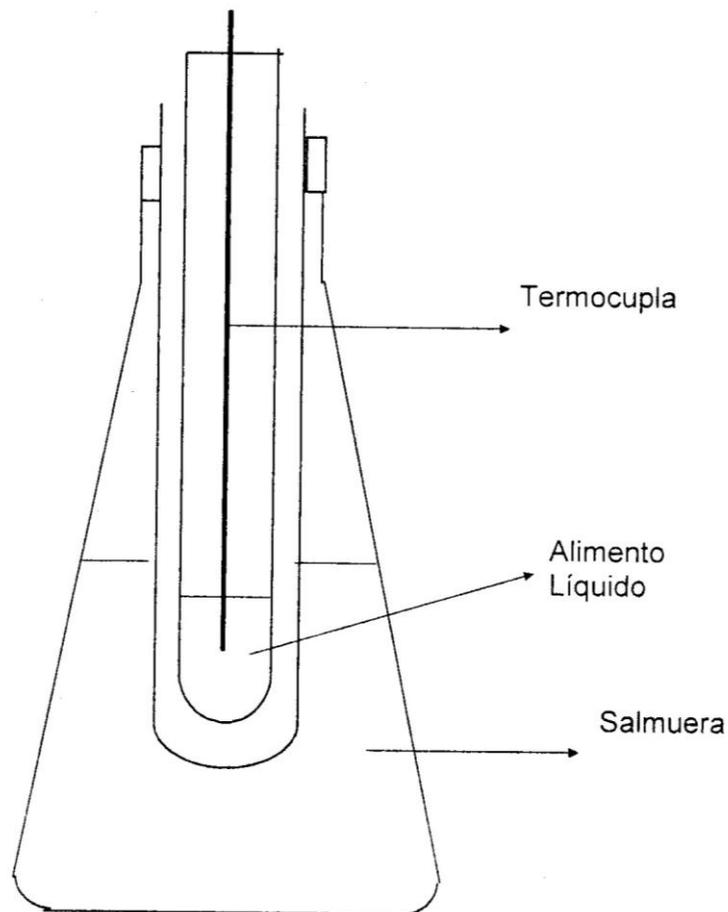
- Alimento liquido
- Sal
- Agua
- Hielo
- Termómetros o termocuplas
- Beaker de 600ml
- Tubo de ensayo

Métodos

1) Elaboración de curvas de congelación de alimentos líquidos:

- a) Armar la disposición que se muestra en la Figura 2. El tubo de ensayo debe contener aproximadamente 2 ml del alimento líquido, colocar los termómetros o termocuplas.

Figura 2: Esquema experimental



b) Registrar el descenso de a temperatura a intervalos de 10 segundos.

AGUA		ALIMENTO:		ALIMENTO:	
Lectura (min)	Temp.	Lectura (min)	Temp.	Lectura (min)	Temp.

c) Observar los cambios de estado :

Anote los cambios de estado del agua y alimentos líquidos originados en el tubo de ensayo:

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dado lo indicado determine:

1. Realice la grafica de la Temperatura Versus Tiempo transcurrido para la solución simple, binaria y alimento liquido y compararlas
2. Determine las zonas típicas de una curva de congelación señalando los tiempos de cada zona y el tiempo total de congelación
3. La velocidad de congelación utilizando el siguiente concepto:

La velocidad media de congelación de una masa liquida es la razón entre la mínima distancia desde la superficie hasta el centro geométrico y el tiempo transcurrido desde la superficie alcanzando 0°C hasta que el centro térmico alcance 5°C por debajo de la temperatura inicial de formación de hielo; donde la profundidad es medida en cm y el tiempo en horas, expresándose la velocidad media de congelación en cm/h

V. BIBLIOGRAFÍA

- FELLOWS, P. (1994) “Tecnología del procesado de alimentos” Editorial Acribia. Zaragoza. España
- LEWIS, M. (1993) “Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado” Editorial Acribia. Zaragoza. España
- Plank, R. (1963) “El empleo de frio en la industria de alimentos” Editorial Reverte S.A. Barcelona. España

CUESTIONARIO

1. Elegir 2 modelos para estimar el tiempo de congelación del artículo:
“Evaluation of semi analytical/empirical freezing time estimation methods
Parte I: Regularly Shaped food items”
2. Aplicar los 4 modelos a dos alimentos
3. Elegir un modelo y estudiarlo haciendo variar el tamaño, el coeficiente convectivo, la forma u otro parámetro que crea conveniente.