**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE FAUSTINO SANCHEZ CARRION- HUACHO**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRARIA INDUSTRIAS ALIMENTARIAS Y AMBIENTAL**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**SILABO FISICOQUIMICA DE LOS ALIMENTOS**

1. **DATOS GENERALES**

Asignatura**: FÍSICO QUÍMICA DE ALIMENTOS**

Código : AL2001

Teoría : 3 horas semanales

Práctica :2 horas semanales

**Créditos :**4

Requisitos :Física General Y Química Orgánica

Año académico : 2014-II

Docente : Ingº. M.sc. BENIGNO FELIX, DUEÑAS SANCHEZ

Email : [bduenas50@hotmail.com](mailto:bduenas50@hotmail.com)

Administrar: 975421712 Claro: 9869750230

**II. JUSTIFICACIÓN**

Los componentes de un alimento se encuentran en continua interacción física o química entre ellos y con el medio que los rodea, proporcionándole características y propiedades que particularizan su estado. El conocimiento de estas interacciones es de relevante importancia en la aplicación de procesos de conservación y transformación de alimentos, siendo necesario el estudio de éstas y de los mecanismos internos y leyes que las rigen para comprender mejor las propiedades y características organolépticas, físicas y químicas resultantes de tales aplicaciones.

La Físico Química como ciencia estudia, en su forma general, la estructura interna, las condiciones de existencia y propiedades de las sustancias en estado de pureza o en interacción física o química con otros. En el caso de la Físico Química aplicada a alimentos y considerando que algunos temas de esta ciencia son estudiados en otras asignaturas, es que se justifica orientar el contenido de la misma a temas relacionados con sus principales propiedades físicas como las térmicas, dieléctricas, reológicas, fotoquímicas entre otras.

1. **COMPETENCIAS**

Al finalizar el curso el estudiante alcanzara las competencias:

3.1 Aplicar técnicas analíticas, experimentales y evaluativas de determinación de las características y propiedades fisicoquímicas de alimentos en sus diversos estados.

3.1 Comprender los cambios producidos en las propiedades fisicoquímicas de las sustancias alimentarias debido a procesos naturales o tecnológicos.

**IV. CONTENIDO ANALÍTICO**

**TEORÍA**

**1. CONCEPTOS BÁSICOS SOBRE FÍSICO QUÍMICA**

1.1 Concepto. Historia

1.2 Métodos (cinético y termodinámico)

**2. PROPIEDADES TERMOFÍSICAS**

2.1 Densidad real y aparente. Porosidad

2.2 Calor Específico

2.3 Conductividad Térmica

2.4 Difusividad Térmica

**3. CAMBIOS DE ESTADO DE LA MATERIA**

3.1 Calor latente de fusión, vaporización y sublimación

3.2 Puntos triple, eutéctico, crioscópico y crítico

3.3 Transición vítrea

3.4 Equilibrio de fases

3.5 Regla de Fases de Gibbs

3.6 Termodinámica de las disoluciones.- Ley de Raoult; Disoluciones Ideales; Disoluciones No Ideales;

Actividad y Coeficientes de Actividad

**4. PROPIEDADES DE SUPERFICIE Y COLOIDES**

4.1 Tensiones superficiales e interfásica. Trabajo de adhesión y cohesión

4.2 Capilaridad

4.3 Dispersiones entre fases: sólido, líquido y gas (emulsión, gelificación).

4.4 Transiciones en sistemas de un solo componente

4.5 Equilibrio entre fases: líquido-vapor en sistemas de dos componentes. Destilación. Azeótropos

4.6 Sistemas coloidales: soles liofóbicos y liofíllicos.

**5. RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y MATERIA**

5.1 Microondas

5.2 Radiación gamma

5.3 Radiación UV

5.4 Radiación IR

**6. PROPIEDADES ELÉCTRICAS**

6.1 Conductividad y resistividad eléctricas

6.2 Efectos Thomson, Peltier y Seebeck

6.3 Dieléctricidad

**PRÁCTICA**

1. Estimación de las propiedades termofísicas mediante el uso de la computadora

2. Determinación de la densidad real y aparente de partículas

3. Determinación de la difusividad térmica y calor específico

4. Punto crioscópico y eutéctico del agua y de soluciones binarias

5. Determinación de la tensión superficial del agua y del aceite

**6. Primer paso**

7. Sistemas coloidales

8. Calentamiento de alimentos por microondas

9. Efecto de la radiación infrarroja en la clorofila

10. Visita al Instituto de Energía Nuclear.

11. Conductividad eléctrica como parámetro de calidad de leche.

**12. Segundo Paso**

**V. SISTEMA DE EVALUACIÓN**

- Examen de medio curso 20%

- Examen final 40%

- Promedio de práctica 40%

**VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**BÁSICA.**

**.** M. Mautino, “Fisicoquímica III - Aula Taller”, 1991, Editorial Stella, Buenos Aires.

• A. Rolando y R. Pascualli, “Fisicoquímica”, 1990, Editorial A-Z, Buenos Aires.

• A. Rolando y M.R. Jellinek, “Química 4”, 1995. Editorial A-Z, Buenos Aires.

• F. Serventi, “Química del carbono”, 1995, El Ateneo, Buenos Aires.

• J.M. Mautino, “Química 5 - Aula Taller”, 1993, Editorial Stella, Buenos Aires.

• M.P. Alegría, A.S. Bosak, M.A. Dal-favero, R. Franco, M.B. Jaul y R.A. Rosi, “Química

I”, 1998, Ediciones Santillana S.A., Buenos Aires.

• M.P. Alegría, A.S. Bosak, A.M. Deprati, M.A. Dal-favero, R. Franco, M.B. Jaul y E.

Morales, “Química II”, 1999, Ediciones Santillana S.A., Buenos Aires.

QUÍMICA DE LOS ALIMENTOS ED. PEARSON-ADDISON

Fennema, OQUÍMICA DE LOS ALIMENTOS. 2DA. EDICIÓN ED. ACRIBIA

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P. y Brulé, G

"FOOD BIOCHEMISTRY" ELLIS HORWOODVIRTUAL

Codex Alimentario [www.fao.org](http://www.fao.org)Estadística agraria www.minag.gob.pe

REVISTAS CIENTÍFICASIFTJOURNAL OF FOOD SCIENCE

ElselvierJOURNAL OF AGRICULTURAL AND FOOD CHEMISTRY

ElselvierFOOD HYDROCOLLOIDS

Ingº. M.sc. BENIGNO FELIX, DUEÑAS SANCHEZ

DNP- 173

CIP 16868

**FISICOQUÍMICA DE ALIMENTOS**

La Fisicoquímica es un área de la Ciencia y Tecnología de Alimentos, que ha cobrado una mayor identidad en los últimos años. La mayor parte de los fenómenos que gobiernan los procesos alimentarios y los cambios en los alimentos durante su almacenamiento y conservación pueden ser abordados desde una Fisicoquímica moderna, entendida como aquella que proporciona las bases para comprender los fenómenos físicos y químicos en los alimentos, las herramientas para controlar estos fenómenos y para crear procesos y alimentos mejorados. De esta forma, será posible ajustar las condiciones de procesado o almacenamiento para optimizar la calidad y estabilidad de los productos.

Fenómenos fisicoquímicos, como la velocidad a la que ocurren las reacciones en los alimentos; los equilibrios de fases (fusión, congelación, cristalización); los procesos controlados por difusión y flujo a través de las fases vítreas o gomosas de los alimentos; el comportamiento reológico y textural de los ingredientes; las propiedades funcionales de los ingredientes alimentarios; la formación y propiedades de los geles; etc., repercuten en los atributos de calidad del producto final.

Desde la Fisicoquímica moderna, se puede dar solución a múltiples problemas de la industria alimentaria, tales como:  la distribución de tamaños de cristales de hielo durante la congelación, la estabilidad de emulsiones y espumas, la selección de los estabilizantes y emulsionantes adecuados para una formulación, la selección de solutos que proporcionen la textura deseada en un producto final, la textura de los geles, el apelmazamiento o cristalización de productos en polvo, etc.

El análisis fisicoquímico, debe contemplar la descripción de los sistemas alimentarios desde diferentes enfoques: estructural, termodinámico, molecular, cinético y hedónico-nutricional. La descripción de estos términos en los alimentos es muy compleja debido a que estos en su mayoría son sistemas coloidales.

**La Fisicoquímica moderna, se analiza desde 3 puntos de vista:**

Fenómenos fisicoquímicos asociados a las interacciones del agua en los alimentos

Aspectos fisicoquímicos relacionados con la estructura coloidal de los alimentos.

Propiedades físicas o bioingenieríles de los alimentos

En el Laboratorio de Control de Calidad de Alimentos (LabCCA) de la Universidad Nacional de Agraria, el desarrollo experimental del área de Fisicoquímica de los Alimentos, contempla el análisis termodinámico del alimento en sus fases sólidas y líquidas, las propiedades de la fase líquida del alimento (productos de alta humedad y humedad intermedia), propiedades de la fase sólida (productos de baja humedad) determinadas por los fenómenos superficiales (adsorción y desorción) y capilares, transiciones de fases (vítreo/gomoso) relacionadas con la interacción del agua con el sustrato y finalmente con las propiedades relacionadas con el transporte de la materia.

Analizar los alimentos desde un planteamiento termodinámico, en el marco de los procesos, como sistemas multifásicos, y multicomponentes, debe centrarse en el agua como componente mayoritario, ya que imparte movilidad al resto de los componentes y que actúa como disolvente de otros, jugando un papel decisivo en la definición de sus propiedades y  la estabilidad del alimento. Las interacciones del agua con el resto de componentes del alimento determinan las transiciones de fases, las propiedades difusionales del substrato, la factibilidad y cinética de las reacciones de deterioro, las características del envase adecuado, las condiciones de almacenamiento, entre otras.

Desde los aspectos fisicoquímicos relacionados con la estructura coloidal de los alimentos, debe entenderse los alimentos como sistemas coloidales muy frecuentes, donde la estructura del mismo juega un papel muy importante en sus propiedades características. Los sistemas coloidales se caracterizan por la presencia de partículas con un tamaño mucho mayor que las moléculas del medio dispersante, pero suficiente ente pequeñas para que su  movimiento Browniano no sea interferido por la acción de la gravedad. Las gotas de aceite de una mayonesa, los glóbulos de grasa de la leche o la crema, los fragmentos celulares de un licuado de frutas, son ejemplos prácticos.

Las interacciones entre las partículas coloidales presentes en la leche, yogurt, salsas, alimentos formulados, etc., determinan la estabilidad o inestabilidad física del producto o la factibilidad de determinados procesos. El conocer los factores que influyen en esas interacciones y en definitiva en la inestabilidad de los sistemas es sumamente importante para un profesional afín a los alimentos. En el pasado, la formulación y manipulación de alimentos coloidales, ha utilizado mucho el empirismo y hoy día la definición de las condiciones del procesado (homogeneización, tratamiento térmico, etc.) o la formulación de un producto coloidal puede abordarse, desde las consideraciones teóricas con mucha más eficacia, considerando todos los fenómenos coloidales (superficiales y electrostáticos, adsorción, interacciones intermoleculares e interpartícula, análisis termodinámico y cinético de los sistemas, propiedades de los hidrocoloides, etc.) y su gran influencia en la estabilidad o desestabilidad de los alimentos.

Desde los aspectos fisicoquímicos relacionados con las propiedades físicas de los alimentos, la necesidad de su medida, control y correlación con atributos de calidad u otras propiedades del producto, es indispensable en el proceso de formación e investigación, ya que el diseño y selección de equipos y procesos para la industria alimentaria requiere del conocimiento de estas propiedades. Las propiedades físicas juegan un papel importante sobre el control de calidad y los estudios enfocados al conocimiento estructural y fisicoquímico de los sistemas alimentarios. El estudio del comportamiento de las propiedades físicas aporta gran información sobre los cambios fisicoquímicos y estructurales que presentan las materias primas durante el proceso o el almacenamiento y cuyo conocimiento es fundamental para el diseño de los mismos y la selección de la tecnología más adecuada

**PROPIEDADES TERMOFISICAS DE ALIMENTOS**

**1. PREDICCION DE LAS PROPIEDADES TERMOFÍSICAS DE ALIMENTOS**

**A TEMPERATURAS DE CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO.**

La importancia de las propiedades termofísicas de los alimentos en los procesos térmicos es evidente ya que ellas determinan la velocidad de transferencia de calor en el interior del producto. Así, en los procesos térmicos de calentamiento y enfriamiento se ha establecido que las propiedades primarias comprenden: la conductividad térmica, el calor específico y la densidad. Otra propiedad de interés constituye: la entalpía (ASHRAE, 1977; 1990).

Indudablemente, el cálculo de tiempos de calentamiento y enfriamiento requiere del conocimiento

de las propiedades termofísicas del producto en el rango de temperaturas de trabajo. Aunque en este rango las propiedades térmicas son más fáciles de determinar experimentalmente, su uso es limitado ya que las propiedades del producto pueden cambiar debido a las variaciones de los parámetros, tales como composición y temperatura. Por esta razón, es necesario el desarrollo de modelos teóricos para la predicción de las propiedades térmofísicas .

**1.1 Modelo de la Solución Binaria**

Los alimentos constituyen un sistema complejo de agua, solutos y macromoléculas. En un sentido

físico-químico el alimento típico puede tratarse como una mezcla de sólidos insolubles y una solución de varios compuestos solubles en agua. Sin embargo, para propósitos de Ingeniería son considerados frecuentemente como una solución binaria, es decir, una mezcla de dos fracciones físicamente distintas: agua y sólidos totales. En esta composición los sólidos totales consisten de los sólidos solubles e insolubles (Lescano, 1973).

Considerando al alimento como una solución binaria ideal se puede desarrollar un modelo teórico para la estimación de las propiedades termofísicas del alimento, en el rango de temperaturas de 0 a 100ºC., utilizando las fracciones en peso y las propiedades físicas de sus componentes (agua y sólidos).

Por otro lado, el método desarrollado incorpora la variación de las propiedades del producto con la temperatura. Esto se logra, en este caso, considerando la variación de las propiedades físicas del agua con la temperatura para el rango de temperaturas de calentamiento/enfriamiento de alimentos (0 - 100°C). Las propiedades de los sólidos se consideran constantes para todo el rango de trabajo.

**1.1.1 Densidad**

La densidad de una mezcla física puede predecirse teóricamente, con sacrificio de alguna exactitud, asumiendo que el volumen de la mezcla es igual a la suma de los volúmenes de sus componentes de acuerdo a la siguiente expresión:

(1/p) = ( Yws/ pw(T) ) + (Ys/ps) (1)

**1.1.2 Calor específico**

El calor específico del alimento se puede expresar en términos de las fracciones en peso y los calores específicos de sus componentes como sigue:

Cp (T) = Cp (T) .Ywz+ CpsYs ( 2)

**1.1.3 Conductividad térmica**

La conductividad térmica de una mezcla física sólida-líquida, como es el caso de los alimentos frescos, se puede expresar en términos de las propiedades de sus componentes utilizando los modelos teóricos de Kopelman (1966). Como el modelo matemático a desarrollar es para el caso de productos de composición uniforme e isotrópica, la ecuación de Kopelman que describe un sistema homogéneo tridimensional de dos componentes es la más apropiada. En los sistemas isotrópicos la conductividad térmica es independiente de la dirección del flujo de calor.

En la formulación del modelo, siguiendo el procedimiento de Kopelman y considerando al agua presente en el alimento como la fase continua (KC), y a los productos sólidos como la fase discontinua (Kd), la expresión resultante es:

Kw [KsM2 + Kw(1-M2) ]

K(T) = ------------------------------------ (3)

KsM2(1-M) + Kw(1-M2 + M3)

dónde: KW = KW(T)

La ecuación anterior es válida para un sistema de dos componentes (agua y sólidos).

El volumen del cubo de sólidos (M3) del modelo de Kopelman puede calcularse utilizando el modelo de densidad de la siguiente manera:

Ywz p(T)

M3 = 1 - ---------------- (3a)

Pw(T)

Donde ρ(T) y ρw(T) se calculan a la misma temperatura.

**1.1.4 Entalpía**

La práctica común de tratar al alimento no congelado como una mezcla de dos componentes físicamente distintos facilita la evaluación de su entalpía sumando las entalpías de los componentes. El valor numérico de la entalpía se expresa con respecto a un punto de estado aceptado como dato de referencia, generalmente a 0ºC.

La variación de la entalpía del producto para el rango de 0 - 100ºC se calculará mediante la siguiente expresión:

H= YsCps∫TDTdT+ Ywz∫TdTCpw(T) dT (4)

Donde el sufijo D denota el punto de referencia. Además se debe verificar que 273 K (0°C) ≤ TD ≤ 373 K (100°C). Recordar que T y TD están en K.

**1.1.5 Cálculo de las propiedades efectivas de los sólidos del alimento**

Como se ha visto la implementación de los modelos teóricos de la solución binaria desarrollados necesitan del conocimiento de las propiedades de los sólidos. A diferencia de las propiedades físicas del agua, las propiedades de los sólidos son dificilmente conocidos. En la práctica, es más fácil determinar o estimar las propiedades del alimento en su conjunto que las propiedades de sus componentes sólidos en forma aislada.

En ausencia de mejores datos, a continuación se presenta algunas relaciones para estimar las propiedades de los sólidos del alimento sobre una base puramente teórica con la finalidad de obtener los datos iniciales necesarios para los modelos teóricos desarrollados previamente. Se utilizan los modelos teóricos para el caso de un sistema de dos componentes considerando que se conocen las propiedades del producto (CpUZ, KUZ, ρUZ) a una temperatura específica.

**1.1.5.1 Densidad efectiva de los sólidos**

La densidad efectiva de los sólidos del alimento, el cual es considerado constante con respecto a la temperatura, puede calcularse de la siguiente manera:

Duz Dw(1 – Ywz)

Ds= ---------------------------- (5)

Dw–DuzYwz

**1.1.5.2 Calor específico efectivo de los sólidos**

El calor específico efectivo de los sólidos del alimento puede calcularse utilizando el modelo aditivo lineal expresado en términos de las fracciones en peso y los calores específicos de sus componentes (agua y sólidos). La expresión resultante es:

Cpuz - CpwYwz

Cps= ----------------------- (6)

Ys

**1.1.5.3 Conductividad térmica efectiva de los sólidos**

La conductividad térmica efectiva de los sólidos del alimento puede calcularse tratándo al alimento como una mezcla de dos componentes (agua y sólidos). La expresión resultante reordenada es: