

Pulsos eléctricos de alta tensión para conservación de alimentos y esterilización médica.

Daniel Sosa: dsosa@fing.edu.uy

Monografía vinculada a la conferencia del *Prof. Ing. J Alejandro Segura, Universidad Nacional de Quilmes – Argentina* sobre “*Aplicación de tomografía de impedancia eléctrica como sensor en calentamiento óhmico de alimentos fluidos con partículas*”, del 2 de mayo del 2006.

Resumen—La conservación de alimentos busca la inactivación de microorganismos de acción patógena y degradante sobre alimentos. Este es el punto común con la esterilización médica, permitiendo el estudio de la viabilidad en la aplicación de técnicas de conservación de alimentos como técnicas de esterilización médica. Aquí veremos el caso de la aplicación de una técnica que emplea pulso eléctricos de alta tensión.

Palabras claves: *Conservación, Pulsos eléctricos de alta intensidad, Gestión desechos hospitalarios, Esterilización.*

I. INTRODUCCIÓN

Comenzamos presentando los puntos a tener en cuenta en la conservación de los alimentos, para esto mencionaremos las principales características de los alimentos y cuales de estas inciden en su conservación. Comentamos la existencia de técnicas no convencionales de conservación de alimentos y analizamos en más detalle una técnica de conservación que emplea alta tensión como principio de inactivación. Observamos como se implementa y que alimentos se pueden emplear en esta técnica. Seguido planteamos la utilización de diversas técnicas de esterilización para tratamiento de desechos hospitalarios y esterilización de instrumental médico. Concluyendo comentarios referentes a la viabilidad de esta técnica de conservación de alimentos para el tratamiento de desechos y esterilización de instrumental médico.

II. CONSERVACION DE ALIMENTOS A NIVEL INDUSTRIAL

A. Introducción

Nuestros alimentos son de origen biológico y es precisamente esta naturaleza la causa del desarrollo de un serie de transformaciones que no solo modifican sus características originales sino que llegan a producir su deterioro [1]. Para la prevención del deterioro de los tejidos animales y vegetales se presenta una difícil tarea, con doble cometido, se debe no solo conservar el alimento para su uso sino también excluir de él las otras fuerzas naturales que lo degradan. Los cambios que se pueden producir en los alimentos son de origen bioquímico no microbiano ó cambios microbianos, siendo las causas: físicas, químicas o enzimáticas; interviniendo en el deterioro de los alimentos simultáneamente [2].

En la conservación de alimentos se apuesta generalmente a la inactivación o control de los microorganismos, que son los principales factores de descomposición. Ahora el hecho de detener la multiplicación de microorganismos no necesariamente evita su descomposición. En el desarrollo de flora microbiana influyen determinados factores de la composición del alimento como ser: Potencial de Hidrógeno (PH), Necesidad de agua, Potencial de Oxido – Reducción este influye en el tipo de microorganismo que se puede desarrollar en función de sus exigencias en oxígeno y/o toxicidad, Sustancias inhibidoras, son moléculas que poseen un poder bacteriostático y/o bactericida, Temperatura, es uno de los más importantes por su incidencia en el crecimiento de los microorganismos. Los procedimientos de conservación de alimentos buscan:

- Prevenir o retrasar:
 - ✓ Actividad microbiana.
 - ✓ Descomposición de los alimentos, destruyendo o inactivando sus enzimas, previendo y retardando las reacciones puramente químicas, impidiendo la oxidación utilizando antioxidantes.
- Prevenir las lesiones debidas a insectos, roedores, causas mecánicas [3].

B. Tecnologías emergentes en la conservación de alimentos

Los métodos no térmicos de conservación de alimentos están bajo investigación evaluando su potencial como un proceso alternativo o complementario a los métodos tradicionales de conservación de alimentos. Tradicionalmente la mayoría de los alimentos conservados son procesados térmicamente sometiendo al alimento a temperaturas elevadas, durante este tiempo de tratamiento se transmite gran energía al alimento, la misma puede provocar reacciones indeseables, como la formación de subproductos.

Durante el procesado no térmico, la temperatura del alimento se mantiene por debajo de la temperatura que normalmente se utiliza en el procesado térmico y se espera que durante el procesado no térmico las vitaminas, nutrientes esenciales y aromas no experimenten cambios o que los mismos sean mínimos, estos procedimientos emplean menos

energía que los térmicos. Técnicas que se emplean son la alta presión hidrostática, campos magnéticos oscilantes, campos de alta intensidad de pulsos eléctricos, pulsos lumínicos intensos, irradiación, aditivos químicos – bioquímicos y tecnología de barreras [4].

C. Campos eléctricos pulsados de alta intensidad, principio de acción

Los campos pulsados pueden inactivar microorganismos y enzimas, esto se da lugar cuando se excede cierto umbral de intensidad del campo eléctrico externo que induce un diferencia de potencial eléctrico a través de la membrana celular conocido como potencial transmembrana. Cuando el mismo alcanza un valor crítico, tiene lugar la eletroporación o formación de poros en la membrana celular. La permeabilidad de la membrana celular aumenta, esto es reversible si la fuerza del campo eléctrico externo es igual o excede ligeramente a un valor crítico. El potencial transmembrana depende de cada microorganismo y enzima así como del medio en el que los microorganismos o enzimas están presentes [5].

D. Sistemas de procesado con campos eléctricos pulsados de alta intensidad

El sistema de procesado utilizando campos eléctricos pulsados de alta tensión consiste en cierto número de componentes, incluyendo la fuente de potencia, banco de condensadores, interruptor, cámara de tratamiento, medición de voltaje, temperatura, corriente, y por último equipo de envasado aséptico, Fig. 1.

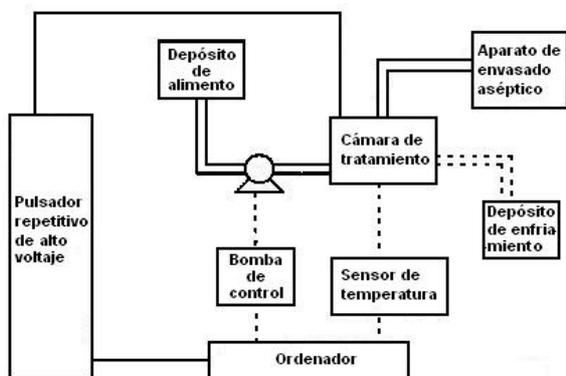


Figura 1 - Sistema de procesado de campos eléctricos pulsados de alta intensidad para conservación no térmica de alimentos, [5].

La fuente de potencia se utiliza para cargar el banco de condensadores y un interruptor se emplea para la descarga de la energía almacenada en el banco a través del alimento en la cámara de tratamiento. El alimento puede estar en una cámara estática o se puede bombear a través de una cámara continua. La cámara de tratamiento estática puede ser adecuada para laboratorio, mientras que a escala industrial se emplea la cámara continua. El alimento una vez tratado es envasado empleando envasado aséptico, luego se almacena a temperatura de refrigeración. Uno de los componentes importantes y complicado en el sistema de procesado es la cámara de

tratamiento, existiendo diversos diseño de las mismas tanto estáticas como continuas [5].

E. Diseño de cámaras estáticas y continuas

Si bien existen variadas formas de diseño de esta cámaras para el procesado del alimento solo comentaremos que se componen de un recinto en el cual se puede o no permitir la circulación del alimento, cámara continua y estática respectivamente. Su geometría, tanto de electrodos como de la cámara es variada, la misma incide en el campo eléctrico que se desarrolla en su interior como también el procedimiento de conservación que imponen, por mas información nos remitimos a la referencia de esta sección [5].

F. Conclusión

El sistema de procesado por campos eléctricos pulsados de alta intensidad es un sistema eléctrico simple consiste en una fuente de alto voltaje, un banco de condensadores, interruptores y cámara de tratamiento. El tipo de disposición de electrodos influye en la inactivación microbiana, se observa que es importante prevenir la rotura dieléctrica de los alimentos, aquellos que sean susceptibles de presentar rotura dieléctrica no son adecuados para este tratamiento, por esto primordialmente los alimentos líquidos se adecuan a estos tipos de tratamiento, o aquellos con pequeñas partículas, cuyo tamaño sea menor que la región de tratamiento. Por lo que los alimentos sólidos que contiene burbujas de aire no son adecuados para un procesado con campo eléctricos debido a las potenciales rupturas dieléctricas en las burbujas [5].

III. DESECHOS HOSPITALARIOS Y ESTERILIZACIÓN

A. Introducción

Comenzaremos esta sección planteando el problema de la generación y gestión de desechos hospitalarios para posteriormente adentrarnos dentro de la esterilización de instrumental médico.

B. La gestión y tratamiento de los residuos generados en los centros de atención de salud

Un centro de atención de salud es un hospital, sanatorio, clínica, policlínico, centro médico, maternidad, sala de primeros auxilios y todo aquel establecimiento donde se practique cualquiera de los niveles de atención humana o animal, con fines de prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, así como aquellos centros donde se realiza investigación. La alternativa más efectiva para enfrentar la problemática de los residuos es minimizar su generación mediante el reuso, reciclaje y reducción de la cantidad de materiales usados, entre otros.

C. Etapas del manejo de residuos hospitalario

Se distinguen varias etapas de las cuales nos centraremos en el tratamiento que es donde se requiere la disminución del potencial patógeno del material médico para su deposición pero no dejaremos de mencionar las otras etapas: Clasificación de los residuos, Manipulación y almacenamiento, Tratamiento y Deposición final. En esta última etapa se distinguen tres

procedimientos: Relleno de seguridad, Encapsulado que es la opción más económica de disponer los objetos punzocortantes, Relleno de emergencia.

- Tratamiento, de los residuos hospitalarios se efectúa por diversas razones: Eliminar su potencial infeccioso o peligroso previo a su disposición final, reducir su volumen, volver irreconocibles los desechos de la cirugía (partes corporales), impedir la inadecuada reutilización de artículos reciclables. Entre las tecnologías disponibles para el tratamiento de residuos biocontaminados se encuentran las siguientes:
 - ✓ Incineración, los residuos son quemados bajo condiciones controladas para oxidar el carbón y el hidrógeno presente en los mismos. Este método se utiliza para tratar varios tipos de residuos. Los incineradores deben contar con doble cámara: primaria, con temperaturas entre 600 y 850 °C y secundaria alrededor de 1200 °C; además de contar con filtro y lavador de gases. Como ventajas destruye cualquier material que contiene carbón orgánico, incluyendo patógenos, reduce en un 80 a 95% el volumen y masa del material a ser dispuesto en los rellenos, se puede recuperar la energía para generar vapor y/o electricidad. Presentado como desventajas: las emisiones gaseosas contienen varios contaminantes, la operación y mantenimiento son complejos, los costos de mantenimiento y operación son elevados.
 - ✓ Esterilización a vapor–autoclave, los residuos son expuestos a altas temperaturas mediante la inyección de vapor y alta presión, lo que permite destruir los agentes patógenos. Comúnmente se acepta temperaturas de 121 °C y con un tiempo de residencia de media hora o más, dependiendo de la cantidad del residuo. Factores condicionantes para su uso: tipo de residuo, características de los empaques, volumen de residuos y su distribución en la cámara.
 - ✓ Desinfección química, los materiales entran a un baño donde son mezclados con el desinfectante. Los líquidos resultantes, incluyendo cualquier rezago del agente desinfectante, son descargados al sistema de alcantarillado, mientras que los sólidos ya desinfectados son dispuestos en el relleno. La eficiencia de desinfección depende del tipo de desinfectante utilizado. Se deben tener en cuenta factores como concentración, temperatura, pH, tiempo de contacto del desinfectante con los residuos. Los desinfectantes son: Dióxido de cloro, Hipoclorito de sodio, Óxido de etileno, Gas formaldehído y otros. Como ventajas: costo moderado de inversión y operación, económico para establecimientos de tamaño medio y grandes, operación relativamente sencilla por la automatización del equipo. Presentado desventajas como: precauciones en su manejo, tratamiento de los efluentes, la desinfección puede ser incompleta cuando el contacto con el residuo es difícil, excepto cuando el equipo está acoplado con un sistema de destrucción mecánica.

- ✓ Microondas, los residuos son triturados y se les inyecta vapor para asegurar la absorción uniforme del calor durante el tratamiento, en este estado son impulsados a través de una cámara donde son expuestos a las microondas. Los residuos son calentados hasta una temperatura de 95 °C y por espacio de 30 minutos. Como ventaja presenta un bajo consumo de energía. Presentado como desventaja, riesgo de liberar material tóxico volátil durante el proceso de tratamiento, con frecuencia la molienda está sujeta a fallas mecánicas y/o avería, la operación del equipo tiene que ser realizada por personal capacitado. no todos los cuerpos de parásitos y bacterias esporuladas son destruidos.

Otros desechos peligrosos pueden eliminarse del siguiente modo: fármacos citotóxicos que deben ser quemados o degradados químicamente por especialistas calificados, materiales radiactivos pueden devolverse a la industria nuclear que los suministró y los envases presurizados que deben enterrarse o devolverse al fabricante pero nunca quemarse o procesarse mecánicamente [6].

D. Esterilización y desinfección

Los procesos de esterilización y/o desinfección son diariamente llevados a cabo, no solamente en el laboratorio, sino también en otros ámbitos tales como los hospitales, donde fallas en estos procedimientos aumentan la morbimortalidad de los pacientes.

Se entiende por:

- Esterilización, es el proceso mediante el cual se alcanza la muerte de todas las formas de vida microbianas, incluyendo bacterias y sus formas esporuladas altamente resistentes, hongos sus esporos y virus. Se entiende por muerte, la pérdida irreversible de la capacidad reproductiva del microorganismo.
- Desinfección, en este proceso se eliminan los agentes patógenos reconocidos, pero no necesariamente todas las formas de vida microbianas.
- Antisepsia, es el proceso que por su baja toxicidad, se utiliza para la destrucción de microorganismos presentes sobre la superficie cutáneo-mucosa. Este término tampoco implica la destrucción de todas las formas de vida.

E. Técnicas de esterilización

Para esto contamos con procedimientos físicos o químicos. Los procedimientos químicos se corresponden con los desinfectantes de alto nivel. Los procedimientos físicos se dividen en energéticos y mecánicos. Dentro de los primeros se encuentran, el calor y las radiaciones, dentro de los segundos, la filtración. La destrucción de microorganismos mediante calor puede presentarse como:

- Calor húmedo, la esterilización térmica destruye a los microorganismos en forma gradual; es por esto que no hay un único mecanismo de acción, sino más bien la suma de distintos eventos complejos que se van sucediendo a medida que aumenta la temperatura. Así, aunque el efecto

final de la esterilización por calor húmedo a 121°C es la desnaturalización y coagulación de las proteínas, son importantes otros mecanismos de destrucción, que justifican la utilización de calor húmedo a temperaturas inferiores. El primer efecto letal sería la producción de rupturas de cadena única en el ácido desoxirribonucleico (ADN) que provocarían la muerte celular por activación o liberación de enzimas con actividad de endonucleasas. El punto crítico aquí, para la supervivencia de la célula sería su capacidad para reparar la lesión, función que depende del estado genético y fisiológico de la bacteria. A medida que aumenta la temperatura se agregaría la pérdida de la integridad funcional de la membrana citoplásmica, lo que produciría interferencias en el intercambio con el medio externo, los procesos respiratorios y la síntesis proteica. Por último, las temperaturas más elevadas activarían ribonucleasas que degradando el ácido ribonucleico ribosómico (ARNr) producen la pérdida de viabilidad de las células expuestas. Las temperaturas a la cual puede usarse el calor húmedo son:

- ✓ Por debajo de 100°C - Pasteurización, se utiliza para la destrucción de gérmenes patógenos, con resistencia térmica similar o inferior a *M.tuberculosis*, *Brucella* y *Salmonella*. Este no es un método de esterilización sino de desinfección, donde no se destruyen ni esporos ni virus no lipídicos. Existen dos métodos de pasteurización: o se calienta a 65 °C durante 30 minutos o a 72 °C durante 15 minutos. Luego ambas se enfrían rápidamente a 10 °C. Esta técnica se utiliza fundamentalmente en la descontaminación de la leche.
- ✓ A 100°C - Ebullición, consiste en mantener un objeto o sustancia en un baño a 100 °C durante 30 minutos. Aplicado así destruye la mayoría de las formas vegetativas bacterianas, hongos y virus lipídicos. En cambio no es efectivo para la destrucción de esporos y virus no envueltos. La repetición de este proceso durante tres días consecutivos, constituye la Tindalización. Su fundamento teórico está dado por la destrucción de las formas vegetativas durante los períodos de ebullición, permitiendo que los esporos germinen durante el reposo volviéndose susceptibles al próximo calentamiento, tampoco aquí se esteriliza.
- ✓ Por encima de 100°C - Autoclavado, utiliza vapor de agua a 121°C durante 15 minutos o 20 minutos. Esta temperatura se logra si se obtiene una presión de una atmósfera relativa (dos atmósferas absolutas), ya que el aumento de la presión provoca aumentos proporcionales en el punto de ebullición del agua. Es el mecanismo de destrucción microbiana más efectivo, y bien utilizado asegura esterilización. El equipo que se utiliza es el *autoclave*, del cual existen distintos tipos, como ser:
 - Autoclave vertical de manejo manual, consta de dos recipientes cilíndricos, uno externo con tapa de cierre hermético que se asegura por múltiples tornillos y uno interno donde se pone el material a esterilizar. El recipiente externo contiene además, una válvula de seguridad, un manómetro o

termómetro y una llave de salida o escape. La fuente de calor puede venir incluida en el equipo, como una resistencia eléctrica o se le suministra aparte, desde abajo, generalmente mediante gas. Dentro del recipiente externo se coloca agua destilada, la cual al llegar al punto de ebullición producirá el vapor que al entrar en contacto con los microorganismos, actuará como agente esterilizante. Los materiales se cargan dentro del recipiente interno que al no tener tapa permite una fluida entrada de vapor, pero evita el contacto de estos con el agua. El aire es mal conductor del calor, lo que impide llegar a las 2 temperaturas necesarias, por lo que una vez cargado y cerrado el autoclave debe purgarse. Esto se consigue dejando la llave de escape abierta hasta que el vapor, por arrastre, elimine el aire contenido en el equipo. Se cierra la llave, se deja que la presión llegue a una atmósfera relativa y luego se cuenta el tiempo. Terminado el ciclo, se apaga la fuente de calor y se deja descender la temperatura. No debe abrirse la tapa hasta que la presión del sistema se iguale a la atmosférica. Tampoco se debe provocar una liberación brusca del vapor (por Ej.: abriendo la llave de escape) ya que si hay líquidos dentro del autoclave, alcanzarán rápidamente estado de ebullición y se derramarán, debido a que disminuye la presión pero no la temperatura, Fig. 2.

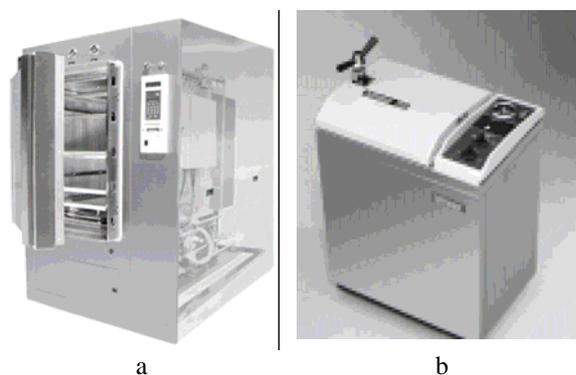


Figura 2 - Fotos de autoclave horizontal (a) y vertical (b) de uso médico, gentileza de Tuttaner Sterilization & Infection Control - <http://www.tuttanauer.com/serve/templates/literature.asp> ; Horizontal Autoclaves y Laboratory Autoclaves, vistada el 23 de junio del 2006.

- Autoclaves que operan por gravedad, son equipos eléctricos, automáticos o manuales. El vapor se produce dentro de una doble pared y se libera desde la parte superior del autoclave, de manera de desplazar por gravedad el aire hacia abajo, y promover su escape por una llave de salida inferior. Como precaución debe introducirse el vapor lentamente para que no se caliente el aire al salir. Luego del purgado, las etapas son iguales a las del autoclave vertical.

- Equipos de esterilización rápida, son automáticos y consiguen un ciclo de esterilización en 20 minutos. Si bien en sus partes fundamentales son similares a los anteriores, su funcionamiento es diferente. Poseen una bomba de vacío que extrae rápidamente el aire del equipo. De este modo se reduce la presión; cuando esta llega a 15 mmHg o 20 mmHg, se libera el vapor, que en estas condiciones se distribuye en forma homogénea por todo el espacio en breves minutos. En estos autoclaves, se puede reducir el tiempo de esterilización a 3 minutos ya que se puede llevar la presión a 3 atm. absolutas (134°C). La descompresión se logra permitiendo el ingreso de aire filtrado y precalentado. Algunos equipos permiten además el secado final mediante vacío y reentrada de aire caliente.

Mediante el autoclavado se pueden esterilizar una gran variedad de objetos y líquidos, siempre que no contengan por Ej.: antibióticos que pueden perder actividad, proteínas que coagulen, azúcares que se caramelicen, etc. Así se esterilizan guantes, telas, algodón, papel, líquidos, filtros, algunos plásticos y gomas, etc. Los líquidos a esterilizar deben estar fraccionados en frascos cerrados pero con la tapa de rosca floja, de modo que pueda salir el aire y entrar el vapor. Aquellos materiales que no se encuentren dentro de algún recipiente que los proteja de la recontaminación al sacarlos del autoclave, deberán ser envueltos con una doble capa de papel, de manera de formar pequeños paquetes; entre estos objetos se encuentran: guantes, ropa, placas de Petri, pipetas, tubos de ensayo, etc. Se debe de tener cuidado de no sobrecargar el autoclave, de manera tal que los paquetes y frascos impidan el flujo libre del vapor. No se deben esterilizar por este método equipos que resulten corroídos por el agua como instrumentos metálicos. Tampoco polvos o aceites ya que son impermeables al vapor.

- Calor seco, es diferente al del calor húmedo, el calor seco (o desecación en general) provoca desnaturalización de proteínas, lesiones por oxidación y efectos tóxicos por niveles elevados de electrolitos. La acción letal es el resultado del calor transmitido desde el material con el cual los microorganismos están en contacto, y no desde el aire caliente que los rodea. Existen tres formas principales de esterilización por calor seco: flambado, incineración y mediante la utilización del horno Pasteur. Estas técnicas necesitan alcanzar mayor tiempo y temperatura que en el autoclave, debiéndose mantener un objeto a 160°C durante 2 horas.
- ✓ Horno pasteur o poupinell, consiste en un recinto metálico de doble pared con aislante entre ambas (para evitar la pérdida de calor) y una puerta. La fuente de calor suele ser eléctrica y está incorporada. Posee un ventilador que facilita la circulación del aire caliente, para homogeneizar la temperatura. Un termómetro (con alcance mínimo de 200°C) visible desde afuera, registra la temperatura del interior del recinto. Por calor seco se pueden esterilizar: materiales de inyectables, vidrios, instrumentos

quirúrgicos y objetos metálicos, así como aceites, vaselinas y polvos, que como ya se ha dicho son impermeables al vapor. Precauciones: colocar paquetes pequeños y espaciados, para no interferir con la difusión del calor., la recarga del horno debe hacerse cuando este se encuentre frío, de lo contrario su interior alcanzará la temperatura antes que el material a esterilizar, por lo que se medirá mal el tiempo [7].

IV. CONCLUSIONES

Las técnicas de conservación de alimentos buscan degradar y eventualmente eliminar la acción de microorganismos que degradan el alimento y lo vuelve no comestible, las mismas no solo atacan a los microorganismos sino también sustancias que son generadas en el proceso de degradación natural de un alimento, concluyendo que la misma puede ser empleada como técnica de desinfección en el sentido de la definición dada en este trabajo, y no como de esterilización, pues la degradación de la actividad microbiana al esterilizar debe ser total y el caso de la conservación de alimentos podría mantener algún microorganismo que no fuera patógeno o que su acción favoreciera a la conservación del alimento.

La técnica expuesta de conservación puede ser empleada en sistema líquidos con pequeñas partículas, de forma tal que la homogeneidad del medio no permita la aparición de rupturas dieléctricas que degradarían la calidad del alimento. En caso de querer emplearse esta técnica para esterilizar material médico el mismo debe presentarse en fase líquida. Una eventual aplicación se podría dar en el tratamiento de desecho líquidos para su deposición final con objeto de degradar su acción patógena, para eso se debería observar que tipo de material biológico se pretende degradar y las características eléctricas del campo a aplicar para lograr tal cometido.

En definitiva, esta técnica es solo aplicable a medios en fase líquida y para una esterilización dentro del marco clínico las mejores técnicas aun siguen siendo la térmicas, ya sean por calor húmedo o seco.

REFERENCIAS

- [1] A. Casp y J. Abril; Procesos de conservación de alimentos, Colección Tecnología de alimentos; Panorama Histórico de la conservación de alimentos, pp19-32, 1999.
- [2] A. Casp y J. Abril; Procesos de conservación de alimentos, Colección Tecnología de alimentos; Cap. 1 Alteración de alimentos, pp 35-71, 1999.
- [3] A. Casp y J. Abril; Procesos de conservación de alimentos, Colección Tecnología de alimentos; Cap. 2 Métodos industriales de conservación de alimentos, pp 73-89, 1999.
- [4] Gustavo V. Brabosa-Cánovas, Usha R. Pothakamury, Enrique Palou, Barry G. Swanson, Conservación no térmica de alimentos, Cap. 1, pp 1-8, 1999.
- [5] Gustavo V. Brabosa-Cánovas, Usha R. Pothakamury, Enrique Palou, Barry G. Swanson, Conservación no térmica de alimentos, Cap. 3, pp 53-72, 1999.
- [6] Ing. Álvaro Cantanhede, La Gestión y tratamiento de los residuos generados en los centros de atención de salud, 1999.
- [7] Departamento de bacteriología y virología Facultad de medicina Instituto de higiene, Temas de bacteriología y virología para CEFA, Cap 27, 2002.



Daniel Sosa Nació el 14 de Abril de 1981 en Montevideo Uruguay. Es estudiante de la carrera Ingeniería Eléctrica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República.