

3006277

207

RECIBO EN
LA BIBLIOTECA
DE LA UNIVERSIDAD
LA SALLE
MAY 17 1985

UNIVERSIDAD LA SALLE
ESCUELA DE QUIMICA

CONSIDERACIONES TEORICAS SOBRE
LA PERDIDA DE NUTRIMENTOS, DU-
RANTE EL PROCESAMIENTO TERMICO
DE ALIMENTOS.

T E S I S

Que para optar por el Título de
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO
P R E S E N T A
MAGDALENA QUIÑONES ARRIAGA

1 9 8 5



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CAPITULO III.

OBJETIVOS

- I Definir el concepto general del procesado térmico de alimentos, y las implicaciones de éste sobre los nutrimentos en un alimento.
- II Definir los conceptos básicos de los procesamientos térmicos.
- III Describir los mecanismos generales derivados por el tratamiento térmico, tales como: reacciones de oscurecimiento y pérdida nutricional: reacciones de Maillard, de oxidación de grasas, y pérdida de nutrimentos.
- IV Explicar a través de diferentes tipos de alimentos, tales como: carne, leche, frutas y vegetales, las consecuencias de diferentes métodos de procesados térmicos y su efecto nutricional.
- V Ofrecer diferentes alternativas de procesos no convencionales en los cuales sea aplicable el tratamiento térmico y, su impacto nutricional en los alimentos.
- VI Reforzar la finalidad de la aplicación del procesado térmico, una vez revisadas sus diferentes aplicaciones, así como sus implicaciones correspondientes.

CAPITULO III.

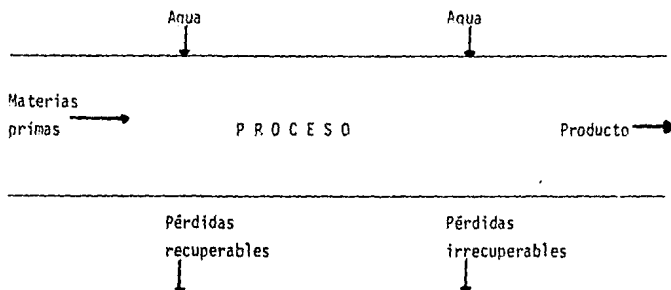
INTRODUCCION

La preservación de los alimentos ha sido siempre, una parte importante para la humanidad, y por tanto un tema de interés para la industria: de hecho cerca del 95 por ciento de los alimentos que se consumen, se encuentran "tratados o procesados" de alguna manera. El procesamiento de alimentos incrementa y asegura la palatabilidad y textura, retarda el deterioro y origina nuevos productos, además elimina organismos indeseables, toxinas, factores antidigestivos, enzimas dañinas, y en algunos casos al factor que altere o afecte directamente toda o parte del alimento. Pero a pesar de esto, el efecto contrario del procesamiento sobre los nutrientes de un alimento, no deja de sentirse por muy leve que éste lleve a ser, y hablando de nutrientes, cualquiera de éstos resulta importante ya que contribuye de manera determinante sobre la calidad nutricional del alimento, por tanto, en la salud humana, (4, 49).

La forma de evaluar el procesamiento de un alimento es muy variada, y depende tanto como sea el punto de vista que se considere: pérdida de masa, pérdida de nutrientes, pérdida de calidad, pérdida de características sensoriales, pérdida de energía en alguna parte del procesamiento, etc. (4).

Los alimentos están compuestos por tres principales grupos de componentes: los carbohidratos, las proteínas y las grasas. Hay además un grupo de componentes minerales inorgánicos presentes en proporciones relativamente pequeñas: en éstas se incluyen sustancias tales como: las vitaminas, las enzimas, los emulsificantes, los ácidos, los oxidantes, los antioxidantes, los pigmentos y los sabores. Hay también un componente siempre presente y muy importante: el agua. Estos componentes están dispuestos en tal forma en los diferentes alimentos, como para dar a éstos: su estructura, textura, sabor, color y valor nutricional, (28, 40, 56).

El criterio con el cual se evalúe el procesado de alimentos, debe de estar definido en términos que permitan: a) ser completo y lónico, b) dehe- ser aplicable en las diversas etapas del proceso que se trate, c) que sean un número de fases, de manera que puedan ser reproducibles en las condicio- nes prácticas, basándose en la referencia original. A continuación se mues- tra la representación general de un sistema de procesado de alimentos para- cualquier caso y condición de la que se trate.



Durante el proceso, como se observa, se tienen tanto nérdidas recupera- bles, como irre recuperables. Independientemente del tipo de las irre recupera- bles, las de importancia en este caso son desde el punto de vista nutricio- nal, y son las que corresponden a la pérdida de los nutrientes en los ali- mentos tratados, (4, 25).

Estas pérdidas comprenden:

Proteínas: por desnaturalizaciones, pérdida en la funcionalidad, nér- didas por reacciones enzimáticas y no enzimáticas. (como es el caso de la reacción de Maillard) e interacciones protefna-protefna.

Carbohidratos: por caramelización, obscurecimiento por reacciones de

Maillard con aminoácidos, interacciones con otras moléculas inorgánicas y solubilidad en el medio de tratamiento.

Vitaminas: por su labilidad a la temperatura, la luz, concentración de oxígeno presente y solubilidad en el medio de tratamiento.

Grasas: por el grado de oxidación, debido a la temperatura, la luz y concentración de oxígeno, (rancidez o envejecimiento). Interacción con otros compuestos, como pueden ser las proteínas y favorecer el desarrollo de reacciones de oscurecimiento no enzimático.

Minerales: de todos los nutrimentos, éstos son los que presentan un menor efecto por el procesado de alimentos. Las pérdidas presentes pueden ser debidas a oclusión y por solubilidad en el medio de tratamiento, (44.-50).

Los componentes nutricionales que más fácilmente sufren cambios por el procesado de alimentos son: vitaminas, proteínas y grasas, de las cuales el nutrimento más afectado son las vitaminas, ya que, pueden ser alteradas tanto por la temperatura (no necesariamente alta-mayor a 50°C), como por exposición al oxígeno y la luz. Los cambios en cualquiera de los nutrimentos pueden implicar desde destrucción, cambios químicos, hasta disponibilidad. Es muy importante considerar que la forma en la cual se encuentra el nutrimento contenido en el alimento, caracterizará el tipo de pérdida encontrada, además de los efectos propios del procesado, (4, 25, 49).

Debido a lo amplio del tema del procesado de alimentos, el presente --trabajo se referirá exclusivamente a la pérdida de nutrimentos por efectos-térmicos al procesar un alimento.

La preservación de alimentos por métodos tales como: el uso de autoclave, secado, esterilización y tratamientos como estrusión, escaldado, irradiación, deshidratado, etc., todos por mejor control que se lleve a cabo,

presentan de forma inevitable, una pérdida en los nutrimentos. (14, 20, -- 53).

En el caso de las proteínas, los tratamientos térmicos controlados, no dañan significativamente la proteína de origen animal, sin embargo sí involucran algún efecto en proteínas de origen vegetal. Las altas temperaturas, especialmente prolongadas, pueden dañar la calidad de la proteína (ya sea animal ó vegetal). A través de cambios en la estructura, ciertos aminoácidos llegan a liqarse de tal manera, que no son liberados por la acción enzimática y, en otros casos, la liberación puede ser retardada o bloqueada. en el caso de los aminoácidos esenciales, esto es crítico, ya que, necesitan ser liberados de la proteína de origen, al mismo tiempo que se les incorpora en las rutas metabólicas. Otro efecto, es cuando los grupos amino en las proteínas, reaccionan con los grupos aldehído de los azúcares, resultando una pérdida en el aminoácido además de producir un oscurecimiento (reacción de Maillard). (14, 20, 49, 53).

Para el caso de las vitaminas, especialmente para las hidrosolubles y la mayoría de las liposolubles, por ser termolábiles, su pérdida funcional es inmediata y total, (1, 8, 35).

En el caso de las sales minerales, no son dañadas significativamente, aunque existen casos de oxidación, y en otros, en que lleguen a insolubilizarse, aunque algunas también se pierden al insolubilizarse el alimento en el medio líquido durante el procesado. (8, 50).

Por lo tanto, la selección del procesado más adecuado es muy importante, y sobre todo considerarlo para el caso de alimentos, básicamente en la retención de nutrimentos y el impacto tecnológico. Esto implica que deberá de conocerse cualquier cambio durante el proceso, así como la naturaleza del efecto degradativo y la actividad biológica del nutrimento. (8, 9).

C A P I T U L O 1 V

CONCEPTOS BASICOS DE LOS PROCESAMIENTOS TERMICOS Y SU PRINCIPAL FUNCION

El Tecnólogo de Alimentos debe considerar los aspectos nutricionales de los alimentos, desde dos amplios puntos de vista que pueden expresarse en forma de preguntas. Primero: ¿Cuáles elementos nutricionales contienen los alimentos y en qué cantidades son requeridos por el hombre? Segundo: ¿Cuáles son las estabildades relativas de estos elementos y cómo son afectados por el procesamiento y la manipulación de los alimentos? Entonces surge la necesidad de conocer los principales pasos críticos en el procesamiento de un alimento. (4, 19).

En éste caso, específicamente se definirán los conceptos básicos de los procesamientos térmicos, más utilizados en la industria alimentaria.

Los procesos de calentamiento usados en la fabricación de los alimentos, tienen como objetivo principal el de obtener diferentes grados de conservación, ya que, no todos los alimentos comerciales conservados mediante calor, están estériles. Independientemente de su efecto en los microorganismos, el calor no controlado puede causar el deterioro de los alimentos, mediante reacciones bioquímicas que pueden ser responsables de cambios de color, sabor, textura y propiedades nutricionales, que dan lugar a que no sólo haya disminución en la cuenta bacteriana, sino también, tiene como objeto el inactivar las enzimas y así alargar el período de estabilidad de los alimentos, en el almacenamiento, (24, 26).

IV.1 COCIMIENTO Y HORNEADO.

Entre los diversos medios de conservación de alimentos, el cocimiento de los mismos, es una forma de conservación, además de hacerlos más blandos y apetitosos. El cocimiento destruye una gran proporción de las enzimas naturales y de la flora microbiana, de manera que, los alimentos cocidos pueden ser conservados durante varios días a condición de que sean resguardados

de contaminación. La cocción generalmente no esteriliza los productos: -- por lo tanto, aún cuando estén protegidos contra la recontaminación, los alimentos se descompondrán en un tiempo breve.

Otra característica del cocimiento, es que, generalmente constituye el último tratamiento al que se somete el alimento antes de consumirlo. La toxina que puede ser formada por el Clostridium botulinum es destruida por la exposición al calor húmedo a 100°C durante diez minutos. Los alimentos-comerciales que han sido procesados correctamente, no contendrán esta toxina, ya que, la cocción apropiada proporciona una última medida de protección, en esos casos lamentables en que ocurre una falla en el procesamiento, ó en que un envase defectuoso llega a contaminarse, es entonces que se da origen al Botulismo, (19, 30).

En el caso de productos cárnicos, el cocimiento ofrece tres fenómenos que contribuyen al ablandamiento: la grasa se derrite y ayuda a ablandar la carne; el colágeno conjuntivo, se disuelve en los líquidos calientes y se convierte en gelatina: y las fibras musculares se separan y el tejido se ablanda. Pero cuando el calentamiento es excesivo: las fibras musculares se contraen y la carne entonces se encoge y endurece; y la humedad se evapora, y el tejido reseca se pone duro.

En cuanto al valor nutricional de la carne cocida, los procedimientos-normales, cambian muy poco el alto valor de la proteína de la carne y los minerales son resistentes al calor, aunque algunos se pierden con los jugos que salen de la carne. Las vitaminas B son sensibles al calor, pero aún en las carnes bien cocidas, se retienen un 70 por ciento de las vitaminas B -- que estaban presentes en la carne cruda, (19, 33).

El horneado es un término que define en realidad, la operación en que productos de masa, alimentos crudos ó de alguna manera pretratados, se cuecen en un horno. Con algunas excepciones, como el caso de cereales en forma de hojuelas, que tienen que cocerse y secarse en un horno a fin de desarrollar el sabor a tostado y adquirir las texturas duras y quebradizas que

se requieren.

Como es el caso también en la etapa de calentamiento de productos de masa, en que ocurren diversas reacciones a diferentes velocidades. Entre ellas están las siguientes:

- 1) Producción y expansión de gases
- 2) Coagulación de gluten y huevos y netafinización del almidón
- 3) Deshidratación parcial, debido a la evaporación del agua
- 4) Desarrollo de sabores
- 5) Cambios de color debido a reacciones tipo Maillard, entre leche, -- gluten y proteínas de huevo con azúcares reductores, y otros cambios de color de origen químico
- 6) Formación de corteza debido a la deshidratación superficial
- 7) Obscurecimiento de la corteza debido a reacciones tipo Maillard y -- caramelización de los azúcares

Las velocidades de estas diversas reacciones y el orden en que ocurren para este caso en particular, dependen en gran parte de la velocidad de la transmisión de calor a través de la masa, (24, 37).

IV.2. ESCALDADO

La mayoría de las hortalizas que no reciben un tratamiento fuerte de calor (tal como lo reciben en un procesamiento de conservas en lata), - deben ser calentadas, para neutralizar las enzimas naturales, antes de ser expuestas a procesamiento y conservadas en almacenaie durante largo tiempo. Este tratamiento especial para neutralizar las enzimas, es conocido como: escaldado. El escaldado, no es un calentamiento sencillo, si es demasiado débil, es inefectivo, si es demasiado fuerte, puede dañar a las hortalizas debido a un cocimiento excesivo, especialmente en los casos en que se quiere conservar el carácter fresco de las hortalizas. Esta práctica es - común en los casos en que los productos van a ser congelados, ya que, mien- tras la congelación baja la acción de las enzimas, no la destruye, ni la-

detiene completamente. Si el escaldado, no precede a la congelación, el producto, que muchas veces se conserva en estado congelado durante largos meses, va a sufrir lentamente pérdidas de sabor y color, y se pueden efectuar también otras clases de deterioros enzimáticos, (32, 36).

Dos de las enzimas más importantes, resistentes al calor en las hortalizas, son la catalasa y la peroxidasa. Si éstas se encuentran destruidas, otras enzimas de gran importancia en las hortalizas, también se encontrarán inactivadas. Debido a que varios tipos de hortalizas difieren en tamaño, forma, conductividad de calor y niveles naturales en sus enzimas, el tratamiento de escaldado debe ser establecido sobre base experimental. Los chicharos se escaldan más rápidamente que el maíz en mazorca. Pequeñas hortalizas pueden ser adecuadamente escaldadas en agua hirviendo durante uno o dos minutos. El escaldado con vapor a altas temperaturas y con presión requiere un tiempo más corto, pero los procesadores deben elaborar sus propias condiciones, que dependan de las características del producto y del método de calentamiento, (13, 19).

Según el grado en que sea aplicado, el escaldado también destruye algunos microorganismos y es utilizado en el caso de las aves, para facilitar el desplumado, ya que afloja las plumas y el plumón. (24, 54).

IV.3. AHUMADO.

Como en el caso de la mayoría de los métodos de conservación, el humo se utilizaba mucho antes de que se entendieran las razones de su efectividad. Al conservar alimentos como la carne y el pescado mediante el humo, la acción preservativa, deriva generalmente de una combinación de factores. El humo contiene sustancias químicas preservativas, tales como pequeñas cantidades de formaldehído y otros materiales que provienen de la quema de la madera. Estos son desfavorables a los microorganismos. Además el humo en su forma original, está generalmente acompañado de calor, que ayuda a matar a los microorganismos. Este calor también tiende a secar hasta cierto punto

el alimento, lo cual contribuye más a su conservación. El ahumar arriba -- de un fuego, puede ser muy efectivo para conservar algunos alimentos, pero -- también a veces se añade humo, sólo para dar sabor a los alimentos, es de-- cir, sin el calor de combustión. En este caso contribuirá poco a la conser-- vación, ya que actualmente el ahumado se usa más bien por el sabor que trans-- mite a los productos, (24, 26, 44, 54).

Si se emplea un cuarto de ahumar, su temperatura debe mantenerse alre-- dador de 57 C. para que la carne tenga una temperatura interna de unos 52 C. El ahumado suele requerir entre 18 y 24 horas. Esto es suficiente en el ca-- so de los productos de carne de cerdo, sólo si se cuece antes o después de la operación del ahumado. Pero si se trata de un producto que se consumirá -- sin que se le someta a un tratamiento térmico adicional, el ahumado tiene -- que continuarse, hasta que la temperatura alcance como mínimo 59° F en la -- parte interna del producto, a fin de asegurar la destrucción del parásito -- de la triquinosis, ya que así lo ordenan las Leyes Federales de inspección de carne. Hoy en día existen varios métodos de generar humo en un lunar ro-- to y luego introducirlo a una cámara o túnel de ahumado. También se pue-- de generar humo en un aparato especial, sin fuego, mediante contacto por -- fricción a alta velocidad con la madera. O bien se puede dar al humo una carga eléctrica y luego depositarlo por medios electrostáticos en la supe-- rficie de la carne. Existen también soluciones sintéticas de las sustancias químicas contenidas por el humo, pero la ley restringe su uso a unos cuantos productos, (10, 13, 55).

IV.4. DERRETIMIENTO.

Este es uno de los métodos de producción para la obtención de grasas y aceites de fuentes animales, marinas y vegetales. La manteca de cerdo, por ejemplo, se obtiene del cerdo y el sebo de la res, en el caso de manteca de res. Esto consiste en el calentamiento de los restos de carne, de manera -- que la grasa se derrite. La grasa derretida sube a la superficie, en tanto -- que el agua y el otro tejido se quedan en el fondo. Se separa la grasa ---

derretida, separándola de la superficie por centrifugación. Hay derretimiento con calor seco, en que se cuece el tejido bajo vacío, para eliminar la humedad. Derretimiento con calor húmedo, que utiliza agua y vapor, y de derretimiento a bajas temperaturas, que emplea sólo el calor justo requerido, para derretir la grasa. Este último sistema suele producir grasa de color más claro, pero en donde se desea más sabor a carne, se usa un sistema de temperaturas más altas. También se aplica el derretimiento para obtener el aceite de la grasa de ballena ó del tejido de pescado. En su forma más sencilla, se hace en una olla, a la que se aplica calor, pero también existen industrias planeadas con precisión, que emplean métodos continuos más sofisticados, (27, 31, 42).

Las variaciones químicas en las grasas, originan propiedades funcionales, nutricionales y de conservación, que difieren radicalmente. El punto de fusión de las mismas, es un ejemplo de esta variación funcional, y depende básicamente del grado de pureza. En el caso de la producción de grasas y aceites por derretimiento, es importante el control de la temperatura, por los efectos de oxidación que pueden ocurrir. Si se les sigue calentando, primero empiezan a emitir humo, luego llamas y finalmente se carbonizan. Las temperaturas en que éstos fenómenos ocurren, son conocidas como: el punto de humeo, el punto flash y el punto de fuego. Esto es importante en las operaciones comerciales de fritura, (27, 31, 33).

IV.5. BLANQUEO Y DEODORIZACION.

Ambas operaciones se emplean en la industria de grasas y aceites básicamente y su principal función es la de purificar la grasa y ó aceite que se está procesando. El blanqueo se realiza para la eliminación de pigmentos vegetales o animales, dependiendo del origen del producto, pasando el aceite caliente sobre carbón u otros barros y tierras absorbentes. Generalmente, el calor en sí basta para blanquear las grasas animales. La deodori --

zación se utiliza principalmente para la eliminación de olores en la grasa o aceite que se esté procesando. Las grasas y los aceites naturales de semillas, carne y nescado contienen varios compuestos olorosos. Algunos de ellos son deseables, como los del aceite de olivo, la manteca de cacao, -- manteca de cerdo, grasa de mantenuilla fresca y grasa de pollo, y estos olores no se eliminan expresamente. Pero muchos otros aceites, como el del pescado y los de varias semillas, tienen olores desanradables. Estos se eliminan por medio de calor y vacío. Con frecuencia, el calor se suministra mediante la inyección de vapor a la grasa en evaporadores a baja presión, - (24, 31).

IV.6. PASTEURIZACION.

Por pasteurización se quiere decir, un grado relativamente bajo de tratamiento térmico, generalmente a temperaturas nor debajo del punto de ebullición del agua. Los productos pasteurizados pueden contener muchos microorganismos vivientes. Sin embargo los tratamientos térmicos de la pasteurización, son escojidos cuidadosamente a fin de destruir todos los organismos patógenos que puedan encontrarse en un alimento.

En el caso de la leche, la finalidad de la pasteurización es, la eliminación de cualquier microorganismo generador de enfermedades que pueda contener como: Mycobacterium tuberculosis, además de la reducción considerable de la cuenta bacteriana total a fin de mejorar su capacidad de conservación y valor nutricional, (26, 52, 54).

IV.7. ESTEPILIZACION.

Por esterilización se entiende, la destrucción total de los microorga--nismos. Debido a la resistencia de ciertas esporas bacterianas al calor, - para destruirlas se requiere a menudo un tratamiento térmico húmedo a una - temperatura mínima de 120°C durante 15 minutos, o su enuivalente. También -

es preciso que cada partícula del alimento reciba éste tratamiento térmico.

Si se trata de esterilizar una lata de alimento. Su inmersión en una olla de presión o autoclave a 120 C será suficiente. Esto se debe a la velocidad relativamente lenta de la transmisión de calor a través del alimento enlatado, hasta el punto más céntrico del mismo. Según sea el tamaño de la lata, el tiempo efectivo para lograr la verdadera esterilidad puede ser de varias horas. Durante este tiempo pueden ocurrir muchos cambios en el alimento, en detrimento de su calidad. Por fortuna, muchos alimentos, no necesitan estar completamente estériles, a fin de que sean seguros y -- que puedan conservarse, de allí que surga el término "esterilidad comercial," que significa que todos los microorganismos patógenos y generadores de toxinas han sido destruidos, al igual que todos los demás tipos de microorganismos que si estuvieran presentes, podrían crecer dentro del producto y provocar su descomposición, bajo condiciones normales de manejo y almacenamiento. Los alimentos "comercialmente estériles" pueden contener un número muy pequeño de esporas bacterianas resistentes, pero normalmente éstas no proliferarán en el alimento. Sin embargo, si estuvieran aisladas del alimento y en condiciones ambientales especiales, podría demostrarse que están vivas.

Nuestros alimentos enlatados que son "comercialmente estériles" pueden ser conservados generalmente, durante dos años o más. Aún después de períodos más largos, el supuesto deterioro se debe, comúnmente a cambios de textura, sabor, etc., más bien que al crecimiento de microorganismos, - (19, 27, 54, 57).

IV.8. DESHIDRATACION (SECADO) .

La deshidratación se usa principalmente como proceso de conservación y en segundo término, para la disminución de peso y volumen de los alimentos. Por deshidratación se quiere decir, la eliminación casi completa del agua, que contienen éstos, bajo condiciones de control que producirán sólo un mi-

nimo de cambios ó idealmente, ningún cambio en las propiedades del alimento.-- La humedad final de éstos alimentos deshidratados, es del uno al cinco por ciento. Según sea el producto, unos ejemplos son: la leche en polvo, los huevos - deshidratados, café instantáneo y las hojuelas de papa. (4, 11, 48).

Los productos deshidratados retendrán su estabilidad en almacenamiento a la temperatura ambiente durante un año o más. Uno de los principales criterios por los que se juzga la calidad de los alimentos deshidratados exige que, cuando se les reconstituye mediante la adición de agua, sean muy parecidos, o casi indistinguibles del material alimentario original. En la deshidratación de alimentos, el desafío tecnológico, es especialmente grande, ya que, los niveles muy bajos de humedad requeridos para la estabilidad máxima del producto no se obtienen fácilmente con un mínimo de cambios en los materiales alimentarios, (24, 54).

El secado por medio del sol, se emplea aún en muchas regiones del mundo, para preparar pasas, ciruelas pasas, dátiles secos, higos, etc. pero a pesar de ser económico, el principal inconveniente es depender de las fuerzas de la naturaleza, y éstas no son controlables. Además de que el proceso es lento y la humedad final no es menor del 15 por ciento, lo cual es insuficiente para permitir la estabilidad del producto en almacenamiento, además de estar expuestos durante el secado a contaminaciones, pérdidas por el polvo, los insectos, los roedores y otros factores. (7, 37, 48).

Por ello se usan en la industria, secadores de diversos tipos, pero cuyos principios son los mismos: a) la introducción de calor al producto; b) la extracción de la humedad del producto. Existen modificaciones de los métodos de secado, y esto depende sobre todo, del tipo de alimento que se va a secar, el nivel de calidad a alcanzar, y el costo que se pueda justificar. Algunos de los métodos más comunes son: el secado por tambor, el secado por aspersión, el secado al vacío en charolas, el secado al vacío en una banda, el secado en una banda atmosférica, la liofilización, el secado en un lecho fluidizado, el secado en estufa, etc., (8, 19, 24, 48).

IV.9. EVAPORACION (CONCENTRACION).

El agua puede afectar mucho la capacidad de conservación de los alimentos, y éste es uno de los motivos que se tienen para extraerla de ellos parcialmente, como en la evaporación y concentración, además de reducir el peso y volumen del mismo, ahorrando en los costos del envasado y transporte. Los procesos de evaporación y concentración, cuya finalidad es la eliminación de uno o dos tercios del agua contenida en el alimento, tienen los mismos métodos que el secado dentro del proceso, pero basado en diferentes tiempos y temperaturas, para la preparación de jarabes, leche condensada, puré de tomate y sopas condensadas. Teniendo en consideración la clase de alimento que se va a procesar, se escogerá el método adecuado, aunque el más comúnmente utilizado es el de la evaporación o concentración por el cocimiento del producto, durante un lapso de tiempo determinado, que permita obtener los resultados requeridos y a la temperatura adecuada, para evitar reacciones de oscurecimiento, caramelización y reacciones bioquímicas indeseables, (7, 11, 23, 57).

CAPITULO V

ASPECTOS BASICOS EN LA PERDIDA DE NUTRIMENTOS EN EL PROCESAMIENTO TERMICO DE ALIMENTOS.

V.1. MODELOS CINETICOS.

El uso de modelos cinéticos es un recurso de especial consideración ya que en éstos, se toman en cuenta factores tales como: temperatura, potencial Redox, pH y concentración. El uso de estos modelos, hace posible presuponer un proceso, y por tanto sus consecuencias. En el caso específico de un modelo cinético que incluye la temperatura, el parámetro más importante será la energía de activación y ésta es función de la velocidad del proceso por la temperatura, el Cuadro I, ilustra la energía de activación para diferentes tipos de proceso.

CUADRO I. Energía de activación para varias propiedades y procesos.

<u>PROCESO/PROPIEDAD</u>	<u>Ea (KJ/mol)</u>
Propiedades físicas	2 - 20
Velocidades de proceso	10- 40
Reacciones enzimáticas	15- 60
Reacciones químicas	60- 120
Desnaturalización de proteínas	200- 600

De Dayrit B.L. (1982), (14).

Para la maximización de procesos térmicos en la retención de nutrientes, se requiere de parámetros cinéticos específicos para las bases del proceso, -

tanto como de los nutrimentos.

El Cuadro II, resume el efecto de la temperatura sobre varios constituyentes basándose en dos parámetros: uno es la energía de activación de Arrhenius (E_a), la cual depende de la temperatura de reacción, y el segundo, es el valor de D_{121} , que es el tiempo en minutos a 121°C , para que el constituyente se degrade un 90 por ciento.

CUADRO II. Efecto de la temperatura sobre varios constituyentes.

CONSTITUYENTES	E_a (KJ/mol)	D_{121} (min)
Vitaminas	80 - 120	100.000 - 1000.00
Factores de calidad	40 - 120	5.000 - 500.00
Inactivación enzimática	50 - 400	1.000 - 10.00
Inactivación de células vegetativas	400 - 400	0.001 - 0.01
Inactivación de esporas	200 - 300	0.1 - 5.00

De Dayril B.L. (1982), (14).

De esto se pueden hacer dos observaciones importantes:

- 1.- Los nutrimentos y los factores de calidad son superiores a seis órdenes magnitud y más resistentes a la destrucción de las esporas y las células vegetativas, es muy importante, ya que frecuentemente los procesos son diseñados para reducir poblaciones microbianas o de esporas en factores de 10^5 a 10^{12} y si los nutrimentos no fueran significativamente más resistentes el alimento sería afectado nutricionalmente después del tratamiento térmico.
- 2.- Los nutrimentos y los factores de calidad, no son notablemente diferentes a las dependencias de temperaturas con las células vegetativas y esporas. Para enzimas, el rango de E_a es más amplio, ya que puede haber-

tanto termoresistentes, como termosensibles. La mayoría de las enzimas termoresistentes son consideradas para las operaciones de blanqueo, y sus características térmicas son semejantes a las de los nutrimentos y factores de calidad.

El Cuadro III. muestra las posibilidades que hay que analizar en el uso de autoclaves, en el tratamiento térmico de un alimento y su optimización en la retención de nutrimentos. Como se aprecia, la variación de temperatura en la autoclave y la finalidad de esta, deben ser dos de los factores más importantes para tomarse en cuenta.

CUADRO III. Efecto de la temperatura sobre la retención de Tiamina.

<u>PRODUCTO</u>	<u>TEMPERATURA DE AUTOCLAVE (°C)</u>	<u>RETENCION DE TIAMINA (%)</u>
Puré de cerdo	121	41
Puré de chícharo	121	49
Puré de cerdo	variable	45
Puré de chícharo	variable	52

De Reutensward A., Asp N. & Bjourk I. (1982), (49).

El Cuadro IV, expone la relación que existe entre la geometría del recipiente que contiene al alimento, el tipo de tratamiento térmico, tiempo del tratamiento con la retención de nutrimentos. Partiendo de esta base, se analiza que la relación geométrica del recipiente que contiene al alimento, es un factor importante, ya que, determina durante el proceso de enlatado la proporción de retención de nutrimentos como una función del tiempo de exposición y el tipo de material del recipiente.

CUADRO IV. Configuración del empaque para maximizar la retención nutricional en el enlatado.

L/D ^a	TIEMPO DE PROCESO RELATIVO (hr)	AREA DE SUPERFICIE RELATIVA (cm)	RETENCION DE TIAMINA (%)
0.1 (lámina)	0.3	2	60
1.0	1.0	1	40
10.0 (aqua)	0.5	1.3	56

^a Davril B.L. (1982), (14).

En las evaluaciones nutricionales de un alimento, es necesario referirse al contenido de nutrimento y con esto a considerar un "nutrimento promedio." Para poder usar el término de "nutrimento promedio" de un producto alimentario, es necesario estimar la contribución de los nutrimentos particulares del producto, el problema estriba en definir la concentración promedio de un nutrimento en el producto, que se obtiene a partir del coeficiente de variación (CV) y, éste se encuentra dado para diferentes tipos de nutrimentos, tal como se observa en el Cuadro V, donde existe una gran variación en la concentración del nutrimento, y es el resultado de: (14, 49).

- El contenido inicial del nutrimento en el alimento fresco.
- Las condiciones temperatura/tiempo específicas en el proceso practicado.
- Las condiciones finales y de almacenamiento del alimento tratado.

CUADRO V. Coeficiente de variación (CV) para nutrimentos seleccionados en frutas y vegetales enlatados.

NUTRIMENTO	CV (%)
Vitamina A	14 - 23
Tiamina	11 - 36
Niacina	7 - 27
Vitamina C	17 - 45
Riboflavina	14 - 69
Calorías	5 - 11

De Burger H.S. and Walters C.L. (1973), (10).

V.2. EL EFECTO DE PROCESAMIENTO TÉRMICO EN EL VALOR NUTRICIONAL DE UN ALIMENTO.

Uno de los principales problemas con la evaluación de la "calidad de una proteína," es la dificultad en la medición y precisión de una proteína dañada, como resultado de un proceso aplicado. Las determinaciones biológicas, tales como: valor biológico (BV), utilización neta de proteína (NPU) y relación de eficiencia proteínica (PER), revelarán cambios en la calidad nutricional, sólo cuando éstos afecten al aminoácido limitante. Como el caso donde fué evaluada una preparación de músculo de bacalao y el análisis de aminoácidos de la hidrólisis proteínica, resultó ser un indicativo de la calidad proteínica, (9, 10).

El proceso de calentamiento es responsable de la reducción en el valor nutricional de una proteína, como resultado de la destrucción o indisponibilidad de sus constituyentes: los aminoácidos. Existen tres tipos de reacciones responsables de los cambios y pérdidas en el valor nutricional de una proteína:

- 1) Reacción de Maillard: en la cual, el grupo aminoácido reacciona con el grupo aldehído de azúcares o el grupo carboxilo de las grasas oxidadas. En el caso de reaccionar con la lisina, ocasiona indisponibilidad metabólica y nutricional.
- 2) Reacciones de cruce de enlace: en las interacciones proteína-proteína, se llenan a formar enlaces tales, que llegan a ser resistentes a la hidrólisis enzimática en el intestino.
- 3) Daño a los aminoácidos sulfurados por oxidación o desulfuración, (8,9).

En proteína de beef* procesado a 121°C durante 85 minutos, existe un decremento en la digestibilidad que va desde 0.98 a 0.94 y en el valor biológico -- que va desde 0.86 a 0.79. En carne de cerdo procesada a 110°C por un lapso de 24 horas, existe una pérdida del 44 por ciento de cistina, 34 por ciento de lisina disponible y por arriba del 20 por ciento de otros aminoácidos. Las pérdidas de aminoácidos sulfurados, es una de las más serias en el aspecto nutri-

* beef: corte de carne de res (por la parte íntera del espinazo).

cional de los productos cárnicos enlatados, por ser éstos limitantes, (8, --- 10).

Las reacciones de Maillard también pueden ocurrir en los productos cárnicos, de estar presentes azúcares o carbohidratos, en carne de cerdo picada y tratada a 110°C durante 50 minutos ó 130°C durante 30 minutos, se redujo la digestibilidad péptica y el contenido de aminoácidos libres al adicionarse 30 -- gramos de almidón soluble por kilogramo de carne. En un tratamiento térmico -- al que se sometió al músculo de bacalao en presencia de glucosa (100g/Kg), -- dañaba seriamente a la lisina y por tanto, su digestibilidad decreció en forma considerable, arriba de las dos terceras partes de la cistina fueron destruídas y, por lo que respecta a la metionina, quedó indisponible, (8, 10, 14).

El Cuadro VI, muestra el porcentaje de pérdida en la tiamina, riboflavina y ácido nicotínico en productos cárnicos enlatados. Se observa que la vitamina más sensible fué el ácido nicotínico, seguida de la riboflavina y la tiamina, también se aprecia que, dependiendo del tipo de producto y la naturaleza -- de la carne o alimento, será el grado de pérdida encontrada.

Durante el descongelamiento de un beef, en el jugo recolectado de esta ope ración, se observó una pérdida del 12 por ciento en tiamina, 10 por ciento en riboflavina, 14 por ciento en el ácido nicotínico, 32 por ciento de piridoxina y un 8 por ciento de ácido fólico, (8, 10).

Las pérdidas de tiamina pueden ser lo bastante altas durante el cocido de productos cárnicos, tanto como del 15 al 40 por ciento después de cinco minutos, 50 por ciento , y freído del 30 al 60 por ciento. La pérdida de vitamina A durante el freído de carne a 250°C al reportarse un 40 por ciento después de cinco minutos, 60 por ciento después de 10 minutos y 70 por ciento después de 15 minutos. Aún tratándose de cocimientos moderados en carne, puede llegar a obtenerse pérdidas de cerca de una tercera parte de tiamina, piridoxina y ácido pantoténico. El contenido de lisina disponible de un beef, reporta un decre-

mento, conforme aumenta la temperatura del cocido, y que va desde 92 por ciento a 70 °C, hasta del 50 por ciento a 160°C, (8, 10).

CUADRO VI. (%) Porcentaje de pérdida de ciertas vitaminas del complejo B, en productos cárnicos enlatados.

ALIMENTO	TIAMINA	(%) PORCENTAJE DE PERDIDA DURANTE EL PROCESO	
		RIBOFLAVINA	ACIDO NICOTINICO
Carne de res:			
picadillo	79	6	0
salado	56	12	0
asado	75	0	0
cubos de ternera	79	0	0
cerdo picado	55	0	16
jamón	59	29	52
salchicha	55	0	0
cordero colado	84	0	13
pollo dulce	67	-	0
pollo seco	77	-	-
pescado	75	-	-

De Beuder E.A. (1981), (8).

El Cuadro VII, muestra los diferentes valores de protefna, grasas, minera les y vitaminas, de tres diferentes alimentos tratados para consumo. En el -- caso de las protefnas, la mayor contribución fué hecha por la carne de res, y en general, la aportación por cada uno de los nutrimentos mencionados, fué mayor para la carne de res, con la excepción de la vitamina D.

Del Cuadro VIII, se obtuvo la retención de tiamina en carne cocida por calentamiento de microondas y por métodos convencionales. Se eligió la tiamina, porque es particularmente sensible al calor, en la cual la destrucción es menor por microondas que por el método convencional, esto es debido a la forma de pe netración de calor, aunque la diferencia entre los métodos no es notable.

CUADRO VII. Porcentaje de contribución aportado por alimentos en el contenido de los diferentes nutrimentos. (%) .

<u>ALIMENTO</u>	<u>PROTEINA</u>	<u>GRASA</u>	<u>Ca</u>	<u>Fe</u>	<u>Vit. A*</u>	<u>TIAMINA</u>	<u>RIBOFLAVINA</u>	<u>ACIDO NICOTINICO</u>	<u>Vit. D</u>
Carne	27.6	29.2	2.0	28.8	24.6	17.3	20.3	36.4	0.9
Pescado	4.5	1.0	1.6	1.9	0.3	0.8	1.4	4.2	20.8
Huevo	5.2	3.3	1.9	7.3	7.2	3.6	8.1	0.2	17.0
TOTAL:	37.6	33.5	5.5	38.0	32.1	21.7	29.8	40.7	38.7

*: Equivalente como retinol.

De Burger H.S. and Walters C.L. (1973), (10).

CUADRO VIII. Retención de tiamina en carne cocida por microondas y métodos convencionales.

CARNE		TEMPERATURA INTERNA		RETENCION DE TIAMINA EN CARNE (%)
		(°F)	(°C)	
Roast Beef	(C)	148	65	81 - 86
	(M)	160	71	70 - 80
Cerdo	(C)	185	85	80
	(M)	185	85	91+
Beef dulce	(C)	185	85	76
	(M)	185	85	80
Jamón dulce	(C)	185	85	91
	(M)	185	85	87

(M) cocción por microondas; (C) cocción por métodos convencionales; (+): significativamente más alto que el cocido convencional.

De Reutersward A., Asp N. & Bjourk I. (1982), (49).

V.3. EFECTOS BIOLÓGICOS EN LAS GRASAS POR EL CALENTAMIENTO.

Muchas de las grasas consumidas en la dieta diaria y común, han sido expuestas al calor, tanto durante el procesado, como en el preparado y cocinado de los alimentos. La ingestión de estas grasas freídas o expuestas a temperaturas superiores a 100°C por períodos prolongados, provocan deterioro en la misma, pudiendo llegar a provocar trastornos tales como: son las deficiencias vitamínicas. Investigaciones recientes, muestran que pueden desarrollar sustancias perjudicialmente nutricionales, con grasas tratadas hogareñamente, en condiciones ordinarias. Al efectuarse pruebas en cobayos, a los que se les proporcionó grasa calentada en su dieta por diez semanas, desarrollaron necrosis en el hígado, y lesiones grasocalcificosas en el miocardio y en la aorta, todo esto, debido a una acumulación de productos provenientes de la oxidación térmica de las grasas. Existen otros efectos adversos como es el caso de las grasas rancias,

(envejecidas), que provocan malestares gástricos en animales de laboratorio, (2, 14).

Existen evidencias que indican que los productos de degradación secundaria, más que los peróxidos, son los responsables principales de los " efectos adversos " observados en grasas oxidadas térmicamente. La severidad de las condiciones de proceso en las que intervienen factores tales como: temperatura, tiempo de calentamiento y aereación, juegan un papel determinante en el grado de deterioro de las grasas. Así mismo la composición química de la estructura de las grasas, es también un factor importante, ya que, en experiencias prácticas, se encontró que las grasas contienen mayor proporción de ácidos grasos poli-insaturados, originan mayor cantidad de sustancias tóxicas, - que aquéllas que contienen mayor cantidad de ácidos grasos saturados, (2,14).

Los datos del Cuadro IX, fueron obtenidos a partir de aceite de maíz y aceite de oliva respectivamente, calentados en recipientes de acero inoxidable, por un período de 72 horas a una temperatura controlada de 180°C. Cada día - fueron agitados en forma continua por un período de 12 horas con un agitador-mecánico, para asegurar la aereación y el mezclado: En éste se muestran las concentraciones relativas de ácidos grasos poli-insaturados que fueron oxidados como resultado del calentamiento. El propósito fundamental de esto, es - mostrar, que la ingestión de estos aceites de uso común en las condiciones de oxidación térmica, no sólo ocasionan cambios químicos, sino también bioquímicos, (2, 14). Anexo A.

CUADRO IX. Efecto de la oxidación térmica sobre la concentración del ácido linoléico.

ACEITE	a) NIVEL DE ACIDO LINOLEICO	
	ORIGINAL	OXIDADO
Aceite de maíz .	61.0	1.1
Aceite de oliva	7.7	trazas

a): Expresado como por ciento del total de ácidos grasos.

De Dayril B.L. (1982), (14).

CAPITULO VI.

OBSCURECIMIENTO NO ENZIMATICO Y SU EFECTO NUTRICIONAL

Frecuentemente se considera al "obscurecimiento no enzimático," como --- reacciones de Maillard y aunque no lo son por definición, se encuentran estrechamente relacionadas, el primer paso de la reacción de Maillard, es la conexión de los aminoácidos, las aminas primarias y secundarias con los monosacáridos. También las aldósaminas son formadas con las aldosas y las cetocilósaminas con las cetosas de acuerdo con la Figura 1. Las aldósaminas son compuestos inestables y pueden ser transformados a cetosaminas mediante la reacción de Amadori.

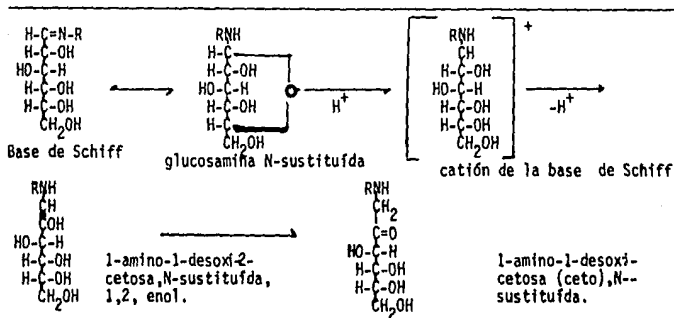


FIGURA 1. Reacción de Amadori.

De Beuder E.A. (1982), (8).

La ruta completa de la reacción de Maillard, se ilustra en la Figura 2, - en la que se aprecia como los aminoácidos forman un papel importante como ca

talizadores, ya que, su alta reactividad asegura la formación de los precursores característicos de la reacción, y son derivados dicetosaturados de los azúcares, (4, 8, 20).

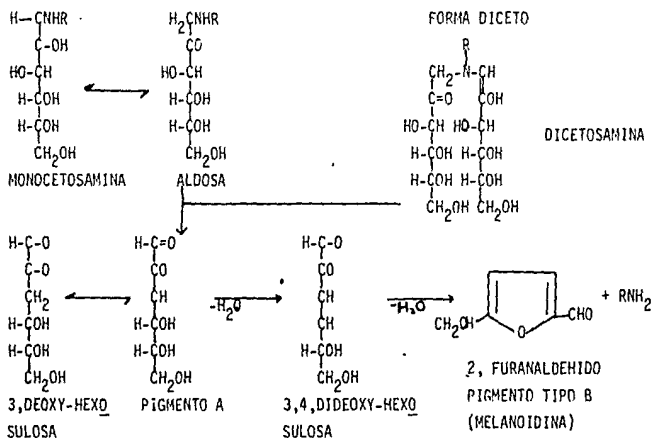


FIGURA 2. Ruta completa de la reacción de Maillard.

De Dudek J.A. and Elkins E.R. (1983), (20).

Un factor muy importante en la degradación de aminoácidos en presencia -- de glucosa, es el determinado en función a la constante de reacción (K), y es la variación de pH. Ya que para el caso de triptofano y metionina, según se

aprecia en la Figura 3, a un mismo pH, la velocidad de degradación en presencia de glucosa, es mayor para el triptofano, que en el caso de la metionina, a una temperatura de 130°C. La presencia de metales pesados influye también en la intensidad de la reacción de Maillard, el hierro y cobre, catalizan la reacción, mientras que el manganeso y estaño, inhiben los procesos de oscurecimiento, esto se atribuye a que estas sales, por calentamiento hidrolizan, con un subsecuente decremento de pH. En el caso de los aminoácidos esenciales, -reviste un punto de vista muy importante, nutricionalmente hablando, ya que, éstos por ser un factor importante en la calidad de la proteína, y sobre todo si son bloqueados por la reacción de Maillard, su ausencia llega a ser total, (4, 8, 20).

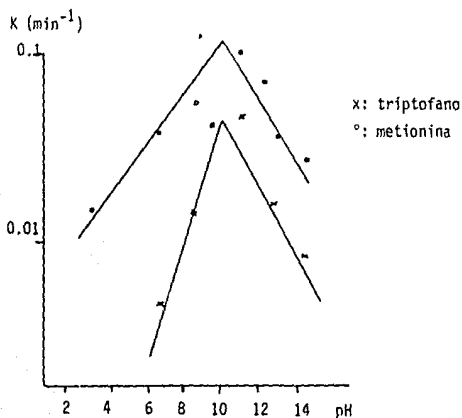


FIGURA 3. Cambios en la constante de degradación de triptofano y metionina.

Esta reacción ejemplificada para el caso de la metionina en presencia de glucosa, se llevó a un grado máximo en una relación Molar de 2:3, ocasionando con esto también un grado máximo en la isoterma de pérdida-peso, (Figura 4).

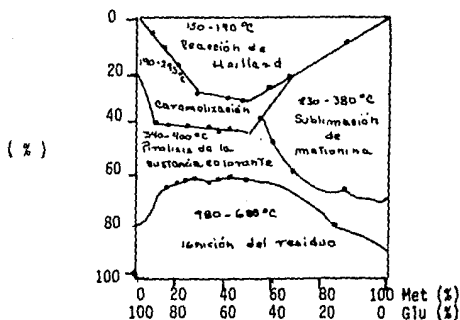


FIGURA 4. Isotermas de la pérdida de peso de la mezcla de metionina-glucosa construidas a partir de derivatogramas.

De Dudek J.A. and Elkins E.R. (1983), (20).

El complejo fructosa-lisina, tiene sólo un 68 por ciento de actividad como lisina, al ser determinado por el método biológico y también el determinado por éste mismo método, el complejo fructosa-metionina, tuvo un 80 por cien

to de actividad en base a metionina, pero éste último no fué utilizado al proporcionársele a las ratas, lo que indica que la evaluación biológica de un método a otro, difieren tanto, que no se pueden comparar y se considerará sólo lo aquél que esté más próximo en la aplicación humana, (4, 8, 20).

En el efecto nutricional de los productos de la reacción de Maillard se observó que el valor nutricional de una proteína, se veía recobrado con la adición posterior de aminoácidos; por ejemplo, cuando se calentó caseína en -- presencia de glucosa, el PER decayó de 2.6 hasta 0.7 y, al adicionársele lisina-metionina se recuperó hasta un 2.2. En el caso de proteína de carne calentada, se obtenía una pérdida del 15 por ciento en el contenido de lisina y -- un 30 por ciento en el contenido de metionina, pero al mismo tiempo, el NPU -- decreció hasta un 50 por ciento, (20).

El significado que representa para las mayorías de las proteínas, el grupo alfa-amino, está en los enlaces peptídicos y las reacciones en esta forma, con los carbohidratos, ya que, las proteínas presentan menos afinidad a tomar parte en la reacción de Maillard, que los aminoácidos libres, a esto contribuye también la acilación de las proteínas. De allí que esta reacción, no sea esencialmente diferente, tanto para las proteínas, como para los aminoácidos. Sólo que los productos de reacción se dificultan más en la proteína por la -- característica del polímero, (4, 20).

La Figura 5, muestra que la descomposición de triptofano es una reacción de primer orden, para una leche en polvo calentada durante cuatro horas a -- 100°C, su reactividad en comparación con la lisina se encontró que tiende a ser menos dependiente sobre el cambio de humedad, así pues una muestra de leche en polvo, con un contenido de humedad del 2.35 por ciento y 5.7 por ciento respectivamente, se encontró la descomposición de la lisina, que fué la -- que se hizo más patente.

Otro factor importante en la reacción de Maillard con las proteínas, es la presencia en concentración de los carbohidratos de cadenas cortas como es el caso de carbohidratos cristalinos, tales como: la lactosa y sacarosa, --

que definitivamente incrementan la reacción, (8, 20).

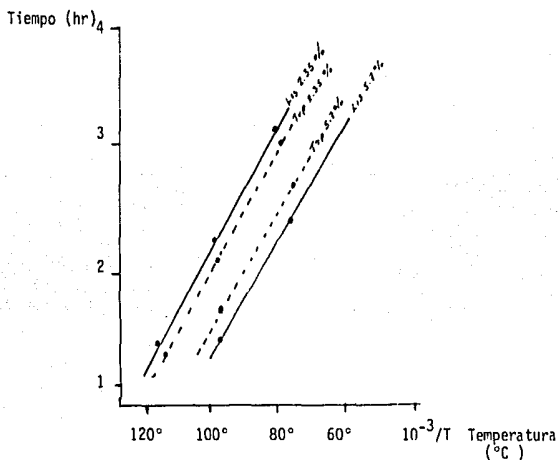


FIGURA 5. Vida media de lisina y trintofano en la degradación de proteínas a diferentes humanos.

De Dudek J.A. and Elkins E.R. (1983), (20).

En la Figura 6, se describe como a partir de la determinación de la concentración de furosina, puede ser evaluada la concentración de lisina disponible, tanto en la leche en polvo, como sus derivados.

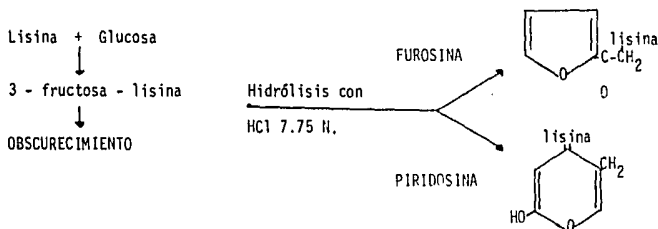


FIGURA 6. Formación de furosina y piridosina.

De Dudek J.A. and Elkins E.R. (1983), (20).

Aplicando la fórmula: $ALV = TLV - 4.31 \text{ FUR}$

donde:

FUR: Cantidad de furosina

TLV: Valor de lisina

ALV: Valor numérico de lisina disponible, (20).

Los aminoácidos que se descomponen durante el horneado (considerando que este proceso se lleva a cabo en una temperatura promedio de 260 °C), de una harina de trigo son: lisina, cistina, arginina, tirosina, treonina, fenilalanina y valina. El deterioro de la metionina, se evaluó al suministrar en la dieta de animales de laboratorio, panecillos horneados, observándose después, una alteración adiposa del hígado.

La Figura 7, ilustra el efecto provocado sobre pan horneado, cuando eran adicionados, aditivos mejoradores de la fermentación, evaluándose este efecto, en la concentración de lisina y triptofano y la vitamina B₁.

Su descomposición fué menor en la muestra de pan con los aditivos mencionados, en comparación con la muestra de pan horneado sólo con levadura. Esto es debido a la formación de ácidos orgánicos durante el amasado, fermentación y otros procesos en paralelo. Reforzando esto, se apreció un decremento en la descomposición de lisina, cuando el pan se acidificó con ácido láctico. Por lo que en el caso de productos horneados, en los cuales se afecta la fermentación al reducir el pH, se favorece el bloqueo de la reacción de Maillard, y por tanto, el valor nutricional, (20).

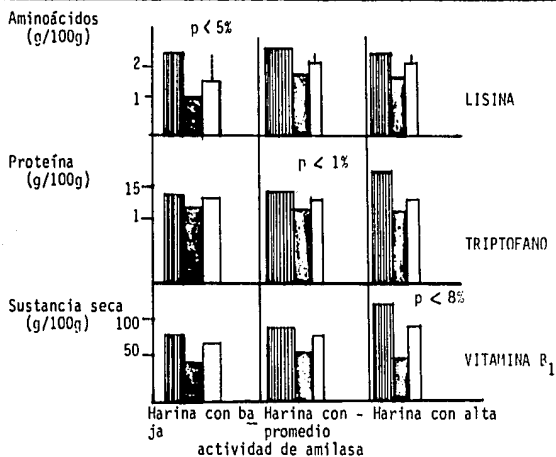


FIGURA 7. Los contenidos de vit. B₁, lisina y triptofano de harinas de varias actividades de amilasa. A partir de las cuales se produjo pan, bajo las reacciones propias de cada una.

● : harina (material básico); ● : pan de control; ○ : pan con incremento por adición de aditivos mejoradores de la fermentación.

El Cuadro X, muestra la vida media en minutos como una función de la temperatura de exposición y el tipo de producto. Para el caso de la leche en polvo, tanto la lisina como el triptofano resultaron con mayor sensibilidad y pérdida por el efecto de la temperatura, que éstos mismos en el caso del huevo en polvo.

CUADRO X. Vida media de lisina y triptofano en leche en polvo (con una humedad del 2.45%) y huevo en polvo (con una humedad del 2.8%).

AMINOACIDO	PRODUCTO	VIDA MEDIA (min).	
		120°C	140°C
Lisina	leche en polvo	2.2 a 2.6	-----
	huevo en polvo	-----	356 a 80
Triptofano	leche en polvo	18 a 3.2	-----
	huevo en polvo	227 a 35	-----

De Dudek J.A. and Elkins E.R. (1933), (20).

CAPITULO VII.

EFECTO DEL PROCESAMIENTO TERMICO SOBRE DIFERENTES TIPOS DE ALIMENTOS.

VII.1. ESTABILIDAD DE LOS ELEMENTOS NUTRICIONALES.

Una de las principales responsabilidades del científico y del Tecnólogo de Alimentos, es la de conservar los elementos nutricionales, a través de todas las fases de: adquisición, procesamiento, almacenamiento y preparación de los alimentos. La clave se encuentra en la sensibilidad específica de los diversos elementos nutricionales, cuyos principios están ilustrados en el Cuadro XI.

Este, muestra la estabilidad de las vitaminas, los aminoácidos esenciales y los minerales; al ácido, al aire, a la luz y al calor y da una indicación de las posibles pérdidas durante el cocimiento. La vitamina A, es muy sensible al ácido, al aire, a la luz y al calor; La vitamina C, a la alcalinidad, al aire, a la luz y al calor; La tiamina, a la alcalinidad, al aire y al calor en soluciones alcalinas, etc., debido a estas sensibilidades, las pérdidas de algunos elementos nutricionales durante el cocimiento pueden exceder el 75 por ciento. En las operaciones modernas de procesamiento de alimentos, estas pérdidas rara vez exceden el 25 por ciento, (11, 29).

En donde las pérdidas de elementos nutricionales, son inevitablemente -- excesivas, la ley permite el fortalecimiento o enriquecimiento por medio de la adición de elementos nutricionales esenciales. El valor nutricional definitivo de un alimento, resulta de la resta total de pérdidas sufridas a través de su historia, desde el agricultor, hasta el consumidor. Las condiciones de almacenamiento antes del procesamiento, afectan las vitaminas y otros elementos nutricionales. El lavado, el corte y el calentamiento, afectan el contenido nutricional. El enlatado, la evaporación, la deshidratación y la congelación, alteran los valores nutricionales, (11, 26, 29).

CUADRO XI. Estabilidad de los elementos nutricionales.

ELEMENTO NUTRICIONAL	NEUTRO	ACIDO	ALCALINO	AIRE U OXIGENO	LUZ	CALOR	PERDIDAS**
VITAMINAS							
vitamina A	E	I	E	I	I	I	0 - 40
ácido ascórbico (C)	I	E	I	I	I	I	0 - 100
biotina	E	E	E	E	E	I	0 - 60
carotenos (proA)	E	I	E	I	I	I	0 - 30
colina	E	E	E	I	E	E	0 - 5
cobalamina (B ₁₂)	E	E	E	I	I	E	0 - 10
vitamina D	E	E	I	I	I	I	0 - 40
ácidos grasos esenc.	E	I	I	I	I	E	0 - 10
ácido fólico	I	E	E	E	I	I	0 - 100
inositol	E	I	E	E	E	I	0 - 95
vitamina K	E	E	I	E	I	E	0 - 5
niacina (PP)	E	I	E	E	E	E	0 - 75
ácido pantoténico	E	E	I	I	E	I	0 - 50
ácido paraaminobenzóico	E	E	E	E	E	E	0 - 5
vitamina B ₆	E	E	E	E	I	I	0 - 40
riboflavina (B ₂)	E	E	I	I	I	I	0 - 75
tiamina	I	E	I	I	E	I	0 - 80
tocóferoles (E)	E	E	E	I	I	I	0 - 55
AMINOACIDOS ESENCIALES							
isoleucina	E	E	E	E	E	E	0 - 10
leucina	E	E	E	E	E	E	0 - 10
lisina	E	E	E	E	E	I	0 - 40
metionina	E	E	E	E	E	E	0 - 10
fenilalanina	E	E	E	E	E	E	0 - 5
treonina	E	I	I	E	E	I	0 - 20
triptófano	E	I	E	E	I	E	0 - 15
valina	E	E	E	E	E	E	0 - 10
SALES MINERALES	E	E	E	E	E	E	0 - 3

** : Pérdidas durante el cocimiento, escala en por ciento (%).

E: estable, ninguna destrucción importante.

I. inestable, destrucción importante.

De Harris R.S. and Von Loesecke S.B. (1960), (29).

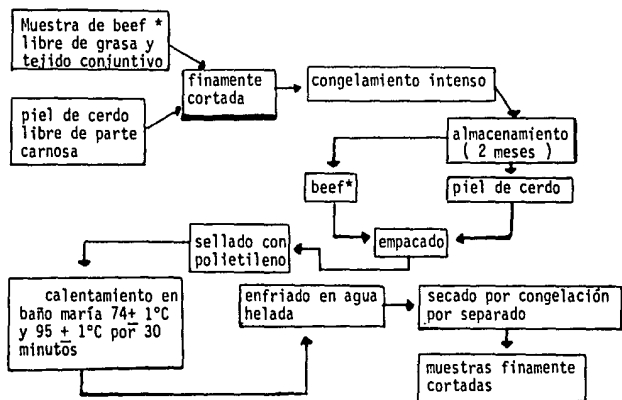
A menudo la elección de tiempo y temperatura para éstas operaciones, debe presentar un equilibrio entre una máxima destrucción bacteriana y una mínima destrucción de elementos nutricionales. Uno de los factores más importantes, es el de la preparación final del alimento en el hogar o restaurante, ya que, se puede destruir mucho de lo que ha sido conservado a lo largo de todas las manipulaciones anteriores. De allí que la relación entre los métodos de procesamiento y la retención de los elementos nutricionales, es fundamental en el estudio de la Ciencia de los Alimentos, (11, 26, 29).

VII.2. CARNE.

Se analizó el grado de digestibilidad y el valor biológico de una mezcla de carne con colágeno, en diferentes proporciones durante un tratamiento térmico. Se utilizó el músculo biceps femoris como fuente de carne y piel de cerdo como colágeno. En una mezcla que contenía el 78.9 por ciento en colágeno después de calentada, su digestibilidad fué del 95 por ciento. La cantidad de colágeno en productos cárnicos sin tratar térmicamente, es del 15 al 30 por ciento. Las proteínas del tejido conectivo, son generalmente consideradas -- con poco o ningún valor nutricional, el colágeno pertenece a este grupo. Las fibras del colágeno son mucho más resistentes que otras a ataques de enzimas proteolíticas (FDA, 1978) además que se considera particularmente digestible. La experiencia efectuada, se hizo en condiciones de un tiempo de exposición, de 30 minutos en baño maría. El NPU de las mezclas de carne y piel de cerdo, mostraron una relación en el contenido de colágeno, definida por: $Y = 82.8(6X)$, (49).

Se muestra en el Cuadro XII, el diagrama de flujo de la prueba efectuada con las muestras de carne. El tratamiento térmico tiende a insolubilizar -- parcialmente el colágeno y por tanto, su digestibilidad también disminuye. En este tipo de casos, suele recomendarse adiciones de aminoácidos esenciales, pero aún así, no se logró elevar el valor nutricional de las muestras, debido a que se perdían durante el tratamiento, (49).

CUADRO XII. Diagrama de flujo de la prueba en muestras de carne.



*: corte de carne de res, por la parte interna del espinazo.

De Reutersward A., Asp N. & Bjourk I. (1982), (49).

Del Cuadro XIII, se observan los valores nutricionales de mezclas de beef y piel de cerdo (pigskin) que fueron calentadas bajo diferentes condiciones, (46).

Estos nos indican que no existen diferencias significativas en la digestibilidad entré las muestras frescas y las que fueron calentadas. La digestibilidad de las mezclas en partes iguales de beef y piel de cerdo, corresponde en un 42 por ciento, de colágeno fueron del 99 por ciento, (46).

CUADRO XIII. Valores nutricionales de mezclas de beef y piel de cerdo, calentadas bajo diferentes condiciones.

MUESTRA (proporciones)	MATERIAL	MEZCLA (%) *	COND. DE CALENTAMIENTO	TD ++	BV ++	NPU ++
1 : 1	referencia&			100.3(0.9)	93.4(1.4)	93.7(1.9)
1 : 2	beef/ #	100/0	fresca	99.8(0.4)	81.3(4.2)	81.1(3.9)
1 : 3	"	50/50	fresca	99.2(1.1)	66.3(8.4)	65.8(8.3)
1 : 4	"	100/0	74	100.3(0.6)	78.1(4.7)	78.4(5.1)
1 : 5	"	50/50	74	99.3(1.5)	58.8(3.8)	58.4(4.6)
1 : 6	"	100/0	95	99.0(1.9)	83.2(2.2)	82.3(2.6)
1 : 7	"	50/50	95	99.2(1.5)	64.9(7.8)	64.3(7.3)
2 : 1	referencia&			99.8(0.8)	92.2(2.2)	92.0(2.5)
2 : 2	beef/ #	100/0	74	99.4(0.9)	78.4(5.9)	77.9(5.3)
2 : 3	"	80/20	74	100.4(0.9)	68.5(3.1)	68.8(2.5)
2 : 4	"	60/40	74	100.6(1.8)	64.1(3.9)	64.5(3.6)
2 : 5	"	40/60	74	99.3(0.8)	56.1(3.0)	55.7(2.8)
2 : 6	"	20/80	74	97.6(1.6)	44.6(5.9)	43.5(5.0)&&
2 : 7	"	0/100	74	95.3(3.2)	32.9(7.0)	31.2(5.6)
3 : 1	referencia&			100.4(0.7)	93.1(1.9)	93.5(1.9)
3 : 2	# +0.4% de metionina.	-----	74	99.4(0.7)	39.3(7.0)	39.1(7.3)**
3 : 3	# + 0.4% de metionina + 0.15% de triptofano.	-----	74	98.1(1.3)	42.8(1.8)	42.0(2.1)
3 : 4	beef/ # + 0.4% de metionina.	40/60	74	98.5(1.5)	56.2(2.9)	55.3(2.7)
4 : 1	referencia&			101.5(1.4)	90.8(1.5)	92.1(10.9)
4 : 2	# Ø 0.8 mm	-----	74	95.2(2.2)	24.8(8.3)	23.7(8.2)
4 : 3	# Ø 0.8 - 2 mm	---	74	97.1(0.8)	22.7(33.9)	22.9(3.7)

*: las mezclas están basadas sobre el contenido de nitrógeno; +: 30 minutos; ++: desviación standard, entre paréntesis; &: caseína, referencia con 0.22% de metionina; &&: calculado sobre cuatro ratas; **: calculado sobre tres ratas; beef: corte de carne de res de la parte interna del espinazo; #: piel de cerdo (pigskin).

El valor más bajo de digestibilidad (95 por ciento), fué obtenido para la piel de cerdo sola. También se utilizaron muestras de piel de cerdo molidas, hasta obtener un diámetro de partícula menor de 0.8 mm y, se observó, que la digestibilidad fué de más del 95 por ciento, siempre y cuando las partículas estuvieran cercanas a los 2.0 mm de diámetro, como es el caso de la mayoría de los productos molidos de carne. La opinión de la baja digestibilidad del colágeno, está basada no sólo en su baja solubilidad después del calentamiento, sino que también en el hecho de que algunas enzimas proteolíticas son inefectivas a la degradación de ese estado; más sin embargo, el colágeno es digerido en el organismo, y esto es debido a que en el estómago, - antes de pasar al intestino, la acidez y la acción de la pepsina, propician su digestión, (46).

VII.3. LECHE.

La leche es un excelente alimento de origen animal; normalmente la leche fresca, sin tratar o procesar, resulta una fuente rica para el crecimiento microbiano. Para asegurar su consumo, es necesario entonces, darle un tratamiento térmico que contrarreste esta contaminación y normalmente el tratamiento a su vez, ocasiona pérdidas en el valor nutricional, por su efecto sobre los constituyentes más lábiles. Dependiendo de la finalidad buscada en la leche, y el tiempo de almacenamiento, será el tipo de tratamiento al que se le someta, tal es el caso de una leche que deberá consumirse en breve tiempo y para lo cual se utiliza el proceso de pasteurización, (tratamiento a 61 - 65°C, durante 30 minutos), ó el proceso de alta temperatura en corto tiempo (HSTS, tratamiento a 71 - 73°C, durante 15 segundos), para después ser almacenados a temperaturas de refrigeración hasta su consumo. Para períodos más largos de tiempo de duración, es necesario someterla a tratamientos vigorosos como la esterilización (tratamiento a 110°C - 115°C por un lapso de 20 a 40 minutos en botella) ó el uso de la ultra alta temperatura (UHT tratamiento de 130 a 150°C, durante un segundo). De cualquiera de los procesos anteriormente mencionados, ninguno sin excepción, deja de impactar nutricionalmente a los componentes de la leche, y dentro de esto, las proteínas y las vitaminas (sobre todo las hidrosolubles), resultan ser las más lábiles al efecto térmico, (4, 51).

El proceso de UHT, provoca una disminución en la digestibilidad y el valor biológico a la vez, que reduce simultáneamente la disponibilidad de la lisina y la metionina. La proteína β -lactoglobulina, se desnaturaliza rápidamente durante el tratamiento térmico. El grado de extinción de la desnaturalización es del 10 por ciento por pasteurización, 70 por ciento durante el tratamiento UHT y del 75 por ciento durante la esterilización en botellas. En el Cuadro - XIV, se exponen los siguientes datos: la pasteurización convencional tiene un solo efecto significativo al provocar una pérdida que va desde el 20 hasta el 25 por ciento en vitamina C, por efectos de oxígeno disuelto. El método de -- antaño de esterilización, causa pérdidas considerables sobre las vitaminas B₁₂, C, y B₆. Para el proceso de UHT, la única pérdida considerable, fué la destrucción del ácido hidroascórbico en más del 10 por ciento, (51).

CUADRO XIV. Valores típicos para la proporción de vitaminas termolábiles en leche. Pérdidas durante el tratamiento térmico. (%).

TIPO DE LECHE	TIAMINA	VIT.B ₆	VIT.B ₁₂	AC.FOLICO	VIT.C
Pasteurizada	0.10	0.10	0.10	0.10	0.25
en bote esterilizado					
método anterior	0.35	0.50	0.90	0.50	0.90
método nuevo	0.20	0.20	0.20	0.30	0.60
Ultra Alta Temperatura					
esterilizada	0.10	0.10	0.10	0.10	0.25
evaporada	0.20	0.40	0.80	0.25	0.60
condensada	0.10	0.10	0.30	0.25	0.25

De Rolls B.A. and Porter J.W. (1973), (51)

En el Cuadro XV, se muestra el nivel de pérdida de las vitaminas B₆, B₁₂, C y ácido fólico, en condiciones de almacenamiento y a diferentes contenidos iniciales de oxígeno presente para la leche esterilizada por UHT, (51).

CUADRO XV. Valores de pérdida de vitaminas a partir de leche UHT, esterilizada durante el almacenamiento en empaques tetrapak.

VITAMINA	CONTENIDO INICIAL DE OXIGENO (mg/Kg)	PERIODO DE ALMACENAMIENTO (días)	PERDIDA DURANTE EL ALMACENAMIENTO (%)
vitamina B ₆ .	0.1	60	0.40
	1.0-2.0	60	0.40
vitamina B ₁₂ .	0.1	60	0.25-0.60
	1.0-2.0	60	0.25-0.60
vitamina C	0.1	60	0.20
	1.0-2.0	14	1.00
ácido fólico	0.1	14	1.00
	1.0-2.0	60	0.05

De Rolls B.A. and Porter J.W. (1973), (51).

De esto se observa que, a un mayor período de almacenamiento y a una mayor concentración inicial de oxígeno presente, también se incrementará la pérdida en las vitaminas analizadas y de éstas, las más afectadas, resultaron ser: la vitamina C y la vitamina B₁₂, (4, 25).

La elaboración de suero en polvo, obtenido por el método de secado por aspersión, para el consumo humano, ocasiona una notable reducción nutricional, debido al desencadenamiento de las reacciones de Maillard sobre el sistema lactosa-caseína, además de que las proteínas son desnaturalizadas y con su consiguiente pérdida funcional. Las pérdidas del valor nutricional, pueden derivar también, a partir de interacciones tanto de proteína-proteína, como de proteína-carbohidrato, y resulta primariamente, la pérdida de la disponibilidad de los aminoácidos sulfurados y la lisina, aunque también las interacciones proteína-proteína, pueden ocasionarse de por sí, así como también, la indisponibilidad de los propios aminoácidos, (8, 20, 51).

VII.4. FRUTAS Y VEGETALES.

Respecto a la calidad y el valor nutricional, es preciso considerar, que de no ser por el tratamiento previo de las frutas y los vegetales, serían fácilmente perecederos y esto es más evidente al saber que a 25°C, las frutas tienen una vida media de uno a veinte días, los vegetales de uno a siete días, mientras que los tubérculos de siete a cincuenta días. De las vitaminas, las más sensibles son las hidrosolubles, y de éstas, la vitamina C. De manera muy general, el Cuadro XVI, ilustra los diferentes tipos de tratamientos y el grado de efecto que causan sobre los nutrimentos. Al envasar frutas y vegetales, se proporciona una manera de conservación y de poder disponer de ellos, en las diferentes temporadas del año, sobre todo, cuando no se cosecha, sin embargo, a pesar de lo cuidadoso del tratamiento, las pérdidas en el valor nutricional, no se hacen esperar, sobre todo en lo que se refiere a las vitaminas, por su labilidad, y a las proteínas por la desnaturalización, reacciones enzimáticas, obscurecimiento enzimático y no enzimático, además de las respectivas pérdidas funcionales. En el Cuadro XVII, se muestra el porcentaje de merma de frutas y vegetales debido al enlatado, (14).

CUADRO XVI. Estabilidad de nutrientes a diferentes efectos *

NUTRIMENTO	EFECTO DEL pH			AIRE/OXIGENO	LUZ	CALOR
	NEUTRO	ACIDO	ALCALINO			
VITAMINAS						
vitamina A	E	I	E	I	I	I
vitamina C	I	E	I	I	I	I
biotina	E	E	E	E	E	I
carotenos	E	I	E	I	I	I
colina	E	E	E	I	E	E
cobalamina	E	E	E	I	I	E
vitamina E	E	E	I	I	I	I
ác. grasos esenciales	E	I	I	I	I	E
ác. fólico	I	E	E	E	I	I
inositol	E	I	E	E	E	I
vitamina K	E	E	I	E	I	E
niacina	E	I	E	E	E	E
ác. pantoténico	E	E	I	I	E	I
ác. paraamino- benzólico	E	E	E	E	E	E
vitamina B ₆	E	E	E	E	I	I
riboflavina	E	E	I	I	I	I
tiamina	I	E	I	I	E	I
tocoferoles	E	E	E	I	I	I
AMINOACIDOS ESENCIALES						
isoleucina	E	E	E	E	E	E
leucina	E	E	E	E	E	E
lisina	E	E	E	E	E	E
metionina	E	E	E	E	E	E
fenilalanina	E	E	E	E	E	E
treonina	E	I	I	E	E	I
triptofano	E	I	E	E	I	E
valina	E	E	E	E	E	E
SALES MINERA LES	E	E	E	E	E	E

E: estable; I; inestable; *: basado en el cuadro de Harris R.S. and Von Loescke S.B. (1960), (14)..

De Dayril B.L. (1982), (14).

CUADRO XVII. Valores de desperdicio para frutas y vegetales enlatados.

FRUTA	(%) DE DESPERDICIO	COMENTARIOS
manzanas completas	40	Recibido como fruta natural
puré de manzana	25	
ciruelas	20	
uva espina	7	
pasas	8	
rapóntico	25	
fresas	13	Pelado y sin cortar
frambuesas	15	
moras	10	Machacadas
ciruelas pasas	3	
VEGETALES		
frijol	15	Cosechados
frijol de estación	25	Material intacto
frijol ancho(a)	70-75	Recibido en cierto estado de madurez
frijol ancho(b)	5	Cosecha de estación
remolacha cruda	45	
remolacha rebanada	40	
espárragos(a)	50	Recibido intacto en partes y tratados con vapor
espárragos(b)	38	
corazón de apio	80	
garbanzo	9	
papas recientes	40	Cosecha de estación
papa poco madura	50	Material pelado con vapor
hojas de espinaca	35	Material pelado con vapor
puré de espinaca	40	
<u>RENDIMIENTO PROMEDIO</u>		
garbanzos procesados		
(1) alaska	634	Casos de latas de aluminio por Tonelada, de diferentes tipos de garbanzo, limpios y clasificados
(2) azul	580	
(3) marrowfats	585	

De Dayril B.L. (1982), (14).

Para preparar el enlatado, en la mayoría de los casos de un alimento, vegetal o fruta, es preciso darle un tratamiento previo, éste normalmente es el blanqueo o escaldado, el cual consiste en poner al alimento en contacto con agua hirviendo, o cercana a la ebullición, por un período determinado de tiempo, es de esperarse que esto, también ocasione una pérdida en el contenido nutricional de un alimento: Por ejemplo, en la pérdida de azúcares obtenida por chícharos blanqueados durante 90 segundos, se encontraron valores desde 10.6 hasta de 37.5 por ciento. La pérdida de nitrógeno soluble osciló entre 38 y 42 por ciento, la retención de ácido ascórbico fué del 97 por ciento después de 60 segundos, y después de cuatro minutos, fué del 88 por ciento en el mismo caso. En lo que se refiere al calcio y al potasio, se obtuvo una pérdida del dos y 19 por ciento respectivamente, después de cuatro minutos de tratamiento, (8, 14, 36).

Estos resultados variarán, de un tipo a otro de vegetal, como de la especie y el grado de maduración. Por cada ocho grados de incremento en la temperatura, existe un incremento en la destrucción bacteriana de diez veces, mientras que la velocidad de pérdida de los nutrimentos en un alimento es del doble, (14, 36).

A pesar de que durante el tratamiento térmico de un alimento, no haya habido notable incremento en la pérdida de nutrimentos, debido a las condiciones de almacenamiento, sí puede ocurrir, lo que indica que, independientemente del tipo de tratamiento térmico, si se alcanzan altas temperaturas de almacenamiento (superiores a los 35°C), por un tiempo prolongado de almacenamiento y el tipo de empaque que contiene al alimento es permeable, las pérdidas en los nutrimentos no se hacen esperar, sobre todo en el caso de las vitaminas, especialmente la vitamina C, (4, 36).

En la Figura 8, se muestra un diagrama que resume los cambios netos ocurridos durante el proceso de blanqueo, con la vitamina C. El contenido de ácido ascórbico, después del proceso de blanqueo, es una función del estado físico, grado de madurez, cosecha, especie, tiempo de exposición y de la temperatura, (53).

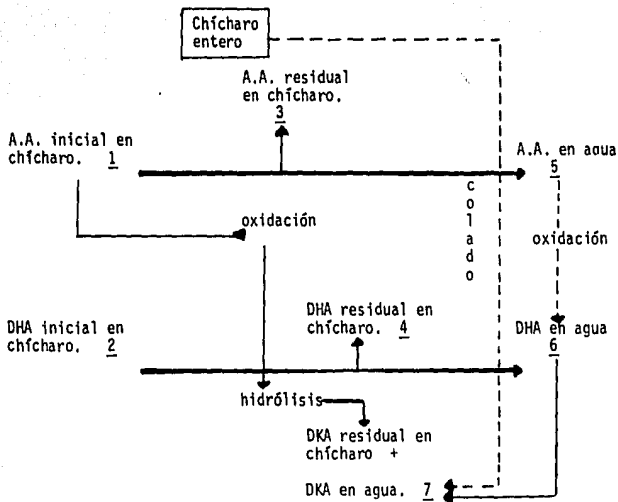


FIGURA 8. Diagrama general de los cambios ocurridos en la vitamina C, durante el blanqueo.

A.A. : ácido ascórbico; DHA: ácido dihidroascórbico; DKA: ácido 2,3, dicetoqlucónico.

De Selman J.D. and Folfe E.J. (1982), (53).

Como se sabe, existen dos formas activas de la vitamina C, éstas son: el ácido ascórbico y el ácido dihidroascórbico, éstas fueron evaluadas al someter una variedad del tamaño standard de chícharo a los efectos del blanqueo, los resultados se exponen en la gráfica de la Figura 9, en donde se expresan las concentraciones del ácido ascórbico y dihidroascórbico respectivamente, como -

porcentaje del contenido total inicial de vitamina C, la concentración residual en el chícharo después del tratamiento, las pérdidas en el agua y la concentración del ácido dihidroascórbico hidrolizado, después de haber sometido al chícharo al blanqueo, por un período de diez minutos, (53).

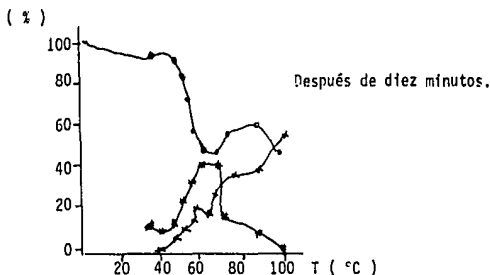


FIGURA 9. Tamaño standard de chícharo sometido al blanqueo.

°: A.A. en chícharo; #: A.A. oxidado; x: A.A. en agua.

De Selman J.D. and Foife E.J. (1982), (53).

Al efectuar estudios con una variedad de chícharos de tamaño extra grande, se encontraron resultados como los que se muestran en la Figura 10, estos -- quieren indicar, un estado de madurez característico, para el cual se encuentran cantidades significativas, por lo que, al someterse al blanqueo, el daño que se provoca en la disposición de solutos en los tejidos, no es mayor que los dañados por el tratamiento, por lo que el ácido ascórbico distribuido en los tejidos, estará sometido a la oxidación térmica.

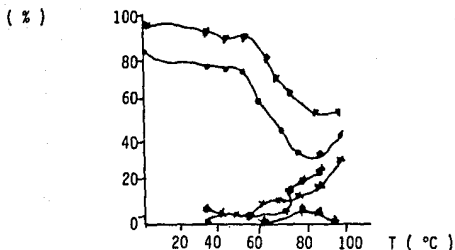


FIGURA 10. Chícharo standard con cambios en A.A. y DHA, durante el blanqueo.

▲: vit. C en chícharo; o: A.A. en chícharo; #: DHA hidrolizado; x: A.A. en agua, +: DHA en agua.

De Selman J.D. and Folfe E.J. (1982), (53).

De allí que el 22 por ciento del contenido inicial de la vitamina C, haya sido reducido en éste caso y a 45°C en comparación con el 10 al 12 por ciento de pérdida obtenida para los chícharos de tamaño standard y, a 65°C el 45 -- por ciento del contenido inicial de la vitamina C, fué oxidado en comparación con el 29 al 33 por ciento, para el tamaño debajo del standard y standard de los chícharos. El estado físico de los alimentos también es un factor importante, digno de considerar, ya que, dependiendo de éste, será también la influencia en el efecto por un tratamiento térmico, por ejemplo, al usar chícharos magullados para blanquearse, se observó que en este estado, se permitía el mayor ingreso de oxígeno al interior de los tejidos antes del blanqueo, ocasionando una permeabilidad de solutos. Este efecto promueve la oxidación del ácido ascórbico y la permeabilidad de la vitamina C, como ácido dihidroascórbico a temperaturas aproximadas de 50°C, (53).

La concentración máxima de oxidación, ocurrió en los chícharos magullados, y fué la misma que para el caso de los chícharos sin daño alguno, indicando con esto, que existe algún factor limitante en la oxidación del ácido ascórbico. Este factor, bien puede tratarse de la velocidad de transferencia de calor y su consiguiente inactivación enzimática, pero el hecho de que exista un cinco por ciento más de oxidación en los chícharos magullados, indica también que, el factor limitante bien podría tratarse de la concentración de oxígeno en los tejidos de los chícharos. La Figura 11, resume lo anteriormente expuesto, (53).

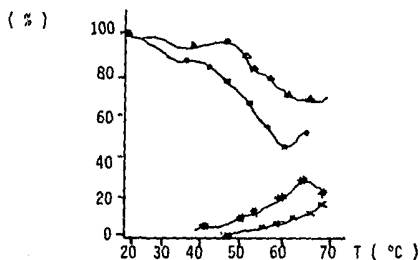


FIGURA 11. Chícharo por encima del tamaño standard.

▲: vit.C total en chícharo; ○: A.A. en chícharo; #: DHA hidrolizado; x: A.A. en agua.

De Rahman F.M. and Buckle K. (1981), (46).

Se analizó el blanqueo y sus beneficios en pimientos previamente congelados, esto con el fin de poder preservarlos, al considerar esto, desde el punto

de vista nutricional, se analizaron las concentraciones de ácido ascórbico y carotenoides, en muestras blanqueadas, para dos diferentes estados de maduración, la Figura 12, ilustra el proceso completo de esta prueba, (46).

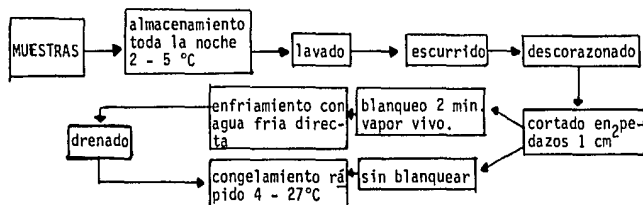


FIGURA 12. Diagrama de flujo para el tratamiento efectuado a cinco variedades de pimiento.

De Rahman F.M. and Buckle K. (1981), (46).

Los resultados del Cuadro XVIII, permiten observar que existe una variación del contenido de ácido ascórbico entre una muestra blanqueada y una sin blanquear, con sus respectivas diferencias, aún perteneciendo a la misma especie. La influencia del estado de madurez, es un factor determinante en el contenido del ácido ascórbico, ya que, el estado completamente maduro, fué el que tuvo mayor contenido. La misma experiencia fué practicada, sólo que ahora en la determinación de la pérdida nutricional, donde se evaluó en función del porcentaje de retención de β -carotenos, en muestras de pimientos blanqueados y sin blanquear, según el estado de madurez y, sometidos a un período prolongado de almacenamiento (12 meses), en condiciones de congelamiento (-12° C). El decremento nutricional es mayor, conforme el tiempo de congelamiento se incrementa, para los diferentes tipos de muestras, siendo la pérdida más-

CUADRO XVIII. Contenido de ácido ascórbico para pimientos blanqueados y sin blanquear, almacenados bajo vacío por 12 meses a -12°C.

CULTIVO	ESTADO DE MADUREZ	CONTENIDO DE ACIDO ASCORBICO (mg/ 100 g)			
		BLANQUEADO		SIN BLANQUEAR	
		INICIAL	% RETENCION	INICIAL	% RETENCION
gran verde	maduro	76.4	39	87.0	32
tomate verde	maduro	112.3	19	131.4	14
tomate amarillo	maduro	97.3	16	117.7	16
ran horn	maduro	110.0	35	138.8	28
college gold	maduro	118.6	15	147.7	10
gran verde	completamente maduro	114.0	58	125.6	41
ran horn	completamente maduro	162.8	60	189.8	36
college gold	completamente maduro	146.4	52	162.0	54

De Rahman F.M. and Buckle K. (1981), (46).

notable para el caso de las muestras tratadas con blanqueo, tal como se muestra en el Cuadro XIX, (46).

El efecto térmico durante el procesado de alimentos, normalmente afecta más a las vitaminas que al resto de los nutrimentos, para ejemplificar lo anterior, el Cuadro XX, muestra el porcentaje promedio de retención en la pérdida vitamínica en productos vegetales enlatados. Se observa que, de las vitaminas analizadas las que presentaron un mayor efecto de pérdida por el enlatado, resultan ser: el ácido ascórbico, la niacina y los carotenos. Esto es -- también función de la especie y tipo de alimento, (4).

VII.5. EFECTO NUTRICIONAL DEL TRATAMIENTO TERMICO EN GRANOS.

Mediante la experiencia de un grano leguminoso típico de Nigeria, en el que se practicó con cinco variedades diferentes y se les expuso a remojo, descascarados y sin descascarar, para después someterlos a un tratamiento con -- agua hirviendo (cocimiento), posteriormente se les determinó el contenido de tiamina, riboflavina y proteína; ésta también se practicó para un producto en pasta que parte de éste grano leguminoso. El Cuadro XXI, expone los datos del contenido de tiamina, riboflavina y contenido proteínico crudo, para las diferentes especies de garbanzo originales, de las cuales se partió para efectuar la prueba. Las variaciones más notables, se observan en el contenido de la tiamina, riboflavina y, resultan mínimas para el caso del contenido protefínico, también se observa que varían los resultados, según la especie de la -- cual se trate, (22, 47).

El efecto del cocido a presión atmosférica, sobre el contenido de tiamina y riboflavina en el garbanzo, se muestran en el Cuadro XXIX, en un tiempo promedio de 52 minutos, se observó que la pérdida en el contenido de tiamina era del 56.8 por ciento, mientras que de riboflavina era del orden de 45.2 por -- ciento. Esto permite decir, que de las dos vitaminas, la más sensible a la -- pérdida por efectos del cocimiento, es la tiamina. También se observa que la -- vitamina recobrada a partir del agua de cocimiento para tiamina, fué de 24 -- por ciento y de riboflavina del 48.3 por ciento, (22).

CUADRO XIX. Contenido total de β -caroteno de diferentes cultivos de pimiento blanqueado y sin blanquear almacenado bajo diferentes condiciones de vacío por 12 meses a -12°C.

CULTIVO	ESTADO DE MADUREZ	CONTENIDO DE β -CAROTENO CONGELADO ($\mu\text{g} / \text{g}$).			
		BLANQUEADO		SIN BLANQUEAR	
		INICIAL	% RETENCION	INICIAL	% RETENCION
gran verde	maduro	14.7	46	16.6	72
ran horn	maduro	7.8	41	8.9	57
college gold	maduro	----	--	----	--
jitomate seleccionado amarillo	maduro	4.7	47	6.0	50
jitomate seleccionado verde	maduro	9.7	39	11.8	66
gran verde	completo	165.7	91	168.0	93
ran horn	completo	173.0	94	181.5	92
college gold	completo	211.4	94	218.4	94

De Rahman F.M. and Buckle K. (1981), (46).

CUADRO XX. (%) Porcentaje promedio en la pérdida vitamínica de frutas y vegetales enlatados.

<u>TIPO DE ALIMENTO</u>	<u>ACIDO ASCORBICO</u>	<u>TIAMINA</u>	<u>RIBOFLAVINA</u>	<u>NIACINA</u>	<u>CAROTENOS</u>
espárragos	92	62	88	96	--
maíz	--	90	97	86	97
frijol verde	55	71	96	92	87
durazno	71	76	--	89	85
jugo de tomate	67	89	100	98	67

De Arnold H. & Martin P. (1974), (4).

CUADRO XXI. Contenido de tiamina, riboflavina y proteína cruda, para garbanzo de Nigeria natural, seco.

VARIEDAD DE GARBANZO	HUMEDAD (%)	TIAMINA (mg/100g)**	RIBOFLAVINA (mg/100g)*	PROTEINA (%) N x 6,26
ACC73001 ++	14.1	0.96	0.27	26.0
ACC70001 &	14.01	0.96	0.27	27.8
ACC68002 ++	13.9	1.14	0.20	27.9
ACC64546 &	13.7	0.99	0.17	27.9
ACC64456 &	13.5	0.85	0.17	27.6
CAX &	14.8	1.24	0.20	26.3
media (\bar{x})	14.0	1.03 \pm 0.06	0.20 \pm 0.02	27.3 \pm 0.4

+: peso en base seca; *: contenido alto de humedad, debido a las condiciones de almacenamiento; ++: variedad oscura de garbanzo; &: variedad blanca de garbanzo.

De Rajagopal V. and Mudambi R. (1978), (47).

CUADRO XXII. Efecto del cocido a presión atmosférica, sobre el contenido de tiamina y riboflavina de un garbanzo Nigeriano.

VARIEDAD DE GARBANZO	TIEMPO DE REMOJO (min)	HUMEDAD (%)	TIAMINA & CAMBIO DE base seca	TIAMINA & CAMBIO DE TIAMINA (%)	TIAMINA & ORIGINAL (%) *	RIBOFLAV & base seca+	CAMBIO DE RIBOFLAV (%) ORIGINAL	RIBOFLAV & ORIGINAL (%) *
ACC73001	40	65.8	0.56	41.7	28.1	0.14	48.1	37.0
ACC70001	55	62.7	0.42	56.3	17.7	0.11	38.9	38.9
ACC68002	50	60.0	0.39	66.1	29.6	0.11	45.0	65.0
ACC64546	55	63.3	0.42	57.6	14.1	0.10	41.2	41.2
ACC64456	65	64.9	0.27	68.2	27.1	0.08	52.9	52.9
CAX	45	63.9	0.61	50.8	27.4	0.11	45.0	55.0
media (\bar{x})	52	63.4	0.45 + 0.05	56.8	24.0	0.11 + 0.01	45.2	48.3

&: sobre 100g; +: grano remojado; *: en agua de remojo; &&: original recobrada.

De Ejidalá J.K. (1980), (22).

Los efectos del cocimiento, también fueron observados es pasta alimenticia, tipo spaghetti, elaborada con harina preparada con dos variedades de trigo duro italiano: Capeiti y Craso, cocinados durante un lapso de tiempo de 10, 15 y 20 minutos. Se sabe que un buen spaghetti, absorbe más agua, muestra -- firmeza y estabilidad, después de 15 minutos de cocimiento, tiempo que se empleó en esta experiencia, (46).

En el Cuadro XXIII, se muestran las variaciones del contenido de vitaminas a diferentes tiempos de cocimiento, dejando notar con esto que entre mayor sea el tiempo de cocción, mayor será la pérdida nutricional en esta clase de pastas, (46).

CUADRO XXIII. Efecto del tiempo de cocción sobre el contenido de vitamina en spaghetti producido a partir de dos variedades diferentes de trigo duro italiano.

<u>CAPEITI</u> <u>SPAGHETTI (base seca)(mg/100g)</u>					<u>AGUA DE COCCION (mg/100g)</u>			
<u>Tiempo de cocción(mn)</u>	<u>Tiamina</u>	<u>Riboflavina</u>	<u>Niacina</u>	<u>Ac. pan- toténico</u>	<u>Tiamina</u>	<u>Riboflavina</u>	<u>Niacina</u>	<u>Acido --- pantoténico</u>
0	0.19	0.11	2.2	0.85	----	----	----	----
10	0.11	0.08	1.1	0.80	0.06	0.02	0.10	0.03
15	0.10	0.06	1.08	0.73	0.07	0.04	0.14	0.11
20	0.10	0.05	0.04	0.68	0.08	0.05	0.15	0.15

<u>CRESO</u> <u>SPAGHETTI (base seca)(mg/100g)</u>					<u>AGUA DE COCCION (mg/100g)</u>			
<u>Tiempo de cocción(mn)</u>	<u>Tiamina</u>	<u>Riboflavina</u>	<u>Niacina</u>	<u>Ac. pan- toténico</u>	<u>Tiamina</u>	<u>Riboflavina</u>	<u>Niacina</u>	<u>Acido --- pantoténico</u>
0	0.18	0.12	2.4	0.81	----	----	----	----
10	0.12	0.09	2.3	0.78	0.04	0.02	0.24	0.02
15	0.11	0.06	1.2	0.74	0.05	0.05	0.18	0.03
20	0.11	0.06	1.2	0.74	0.05	0.05	0.18	0.03

De Rahman F.M. and Buckle K. (1981), (46).

CAPITULO VIII.

OTRAS ALTERNATIVAS : PROCESOS NO CONVENCIONALES

VIII.1. ENERGIA SOLAR.

Una de las técnicas más antiguas de secado de los alimentos, es por medio del sol, fuente inagotable y económica. En años recientes, se han vuelto a aplicar el uso de la energía solar, junto con los avances técnicos en la industria alimentaria, aplicados a la deshidratación, usado para un diverso número de alimentos. El uso adecuado y controlado, reviste muchas ventajas, y la principal es la mínima pérdida en el valor nutricional de un alimento, en comparación con los procesos convencionales. El uso de la energía solar, aplicado al proceso de secado, se ha dividido en tres tipos: a) aquellos que requieren energía solar directa para secar el producto; b) aquellos que usan indirectamente la energía solar; c) aquellas señaladas por una combinación de las dos anteriores, (4, 9).

Al igual que otro tipo de proceso, el secado requiere que se considere el aspecto nutricional. En un caso de frutas y vegetales, se evaluó la retención nutricional y para las vitaminas resultó ser un factor limitante de nutrición. En el caso de la vitamina A, por ser fotosensible, cualquier condición de exposición a la luz solar, incrementará su pérdida, el Cuadro XXIV, muestra la exposición del β -caroteno, a diferentes métodos de secado. En el secado de la papaya, suele practicarse un blanqueo previo y para la aplicación de energía solar en el producto final obtenido, se comparó con los resultados que se producen con el secado por congelamiento. La degradación del ácido ascórbico, depende básicamente de las condiciones del tratamiento de secado. Los resultados se muestran en el Cuadro XXV, donde las muestras de los controles frescos y de las muestras secadas por vacío fueron semejantes, la variación de resultados se obtuvo cuando se incorporó el paso osmótico al proceso de secado, (9).

CUADRO XXIV. Pérdida de β -caroteno durante diferentes tratamientos de secado.

METODO DE SECADO	(%)	β - CAROTENO	
	HUMEDAD	I.U./100(M.F.B.)	PERDIDA (%)
Ninguno .	68.8.	19,000.	--
Deshidratado	12.6	17,400	9
Secado a la sombra	17.1	17,100	10
Secado al sol	16.0	13,300	30

De Bolin R. and Salunkhe K. (1982), (9).

CUADRO XXV. Contenido de ácido ascórbico de varias muestras de papaya (variedad solo), comparada con un control fresco y una muestra secada al ---- vacío.

METODO DE SECADO	ACIDO ASCORBICO TOTAL (base seca) (mg/100g)
Control fresco	114.0
Secado al vacío	110.0
Osmótico solar	88.0
Secado solar: modelo combinado	78.0
Secado solar: modelo directo	62.0
Secado solar: modelo indirecto	69.0

De Bolin R. and Salunkhe K. (1982), (9).

Para la obtención de los resultados anteriores, se hizo uso en el proceso de secado, de un dispositivo con secador osmótico solar por vacío, para papaya cortada en pedazos. Para aplicar éste método fué necesario adicionar sacarosa, para remover el porcentaje inicial de humedad; ésta se logró reducir del 90 a

70 por ciento (peso/peso), con el proceso solar expuesto a cinco horas, comparado con el no solar que requirió de 7.5 horas, (9).

VIII.2. IRRADIACION Y MICROONDAS.

La irradiación de alimentos y el calentamiento por microondas son dos procesos enteramente distintos, cuyas finalidades también difieren y son independientes entre sí, conviene tratarlos en un solo inciso, debido a que poseen algunas características en común. Tanto la irradiación de alimentos, como el calentamiento por microondas, emplean la energía radiante que produce su efecto al ser absorbida por el alimento. Ambos procesos requieren equipo especial, a fin de generar y enfocar ésta energía, y de prevenir los efectos potencialmente dañinos a los humanos. La irradiación y el calentamiento por microondas son tecnologías relativamente nuevas en la industria alimentaria de México, (42).

VIII.2.1 Irradiación de alimentos. La irradiación de alimentos, se considera principalmente un método de conservación, pero también es en forma potencial, una operación unitaria más general utilizada para producir cambios específicos en los materiales alimentarios. La energía de microondas, se ha empleado por otra parte, principalmente para producir efectos de calentamiento-rápido, de un tipo único, los cuales pueden tener entre otras muchas finalidades, el de la conservación de alimentos, (19).

Un foco eléctrico, emite energía luminosa, ésta energía irradia el filamento de un foco y viaja en todas direcciones, se le puede enfocar y dirigir hacia un objetivo. Así mismo el calor es una forma de energía. Una lámpara solar contiene un elemento radiante que irradia energía infrarroja. Se puede dirigir también ésta energía. Hay fuentes de luz que irradian formas de energía que no producen ni luz, ni calor y que no pueden ser percibidas fácilmente por el ojo humano, ni por el tacto. Por ejemplo, las ondas de radio, la luz ultravioleta, los rayos cósmicos, etc. La energía radiante es emitida, mediante la alteración de estructuras atómicas. Se dice que los materiales que pasan por estos cambios, tienen radioactividad. Algunas clases de energía

de las que se mencionan, se emplean en grado limitado para la conservación de alimentos. La luz ultravioleta, sobre todo la que tiene una longitud de onda dentro de la escala de 2 000 a 2 800 Angstroms, se utiliza para inactivar los microorganismos en la superficie de los alimentos. El factor que limita seriamente su aplicación en este caso, es el bajo grado de penetración de la luz -- ultravioleta en los alimentos, lo cual restringe su utilización a tratamientos de la superficie ó a alimentos líquidos que pueden exponerse a ella en capas delgadas, (54).

Hoy en día cuando se emplea el término " irradiación de alimentos," se entiende generalmente, el procesamiento por medio de un número limitado de clases de energía radiante que en conjunto se llaman radiaciones ionizantes. A éstas se les escoge por su grado de penetración y porque no producen ninguna cantidad considerable de radioactividad en los alimentos que son tratados. Tampoco producen ningún grado importante de calor en los alimentos, y a esto se debe la aplicación del término " esterilización en frío," a este método de conservación de alimentos, (19).

Las principales radiaciones ionizantes empleadas en la irradiación de alimentos, incluyen los rayos gamma de los elementos radioactivos y los haces de electrones producidos por máquinas como el acelerador lineal.

Existen también las partículas alfa, que son en realidad átomos de helio en los que faltan dos electrones exteriores; las partículas o rayos beta, que son electrones de alta energía, llamados también rayos catódicos; los antes -- mencionados rayos gamma y los neutrones. Estas radiaciones tienen diferentes grados de fuerza de penetración. Por ejemplo, las partículas alfa, no pueden penetrar por una hoja de papel, las partículas beta son más penetrantes, pero pueden ser detenidas por una hoja de aluminio y en cambio los rayos gamma, pueden atravesar un bloque de plomo si éste no es muy grueso. Los neutrones tienen una gran fuerza de penetración y tanta energía que pueden alterar la estructura atómica y así, volver radioactivos a los cuerpos con que chocan, (19).

Para la irradiación de alimentos, conviene emplear emisiones que tengan

una gran penetración, de manera que, no solo inactiven a los microorganismos y a las enzimas de la superficie, sino que produzcan los mismos efectos en el interior del alimento. Por otra parte, no conviene emplear emisiones de alta energía, como los neutrones, que además desdoblarían las estructuras atómicas en el alimento y lo volverían radioactivo. Por lo que generalmente, se emplean rayos gamma ó partículas beta, para la irradiación de alimentos, (27).

Se han inventado varios términos para expresar en forma cuantitativa la intensidad de la radiación y las dosis de radiación:

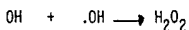
- 1) Un roentgen de radiación, equivale a la cantidad de radiación recibida en una hora, de una fuente de un gramo de radio a una distancia de una yarda. Esta es también la cantidad de radiación que producirá 2.08×10^9 pares de iones por centímetro cúbico de aire seco, ó una unidad electrostática de carga de cualquier signo por centímetro cúbico de aire, bajo condiciones normales de temperatura y presión.
- 2) La energía requerida para producir pares de iones en el aire se puede expresar también en términos de electrón-volts. En éste caso, se requieren aproximadamente 32.5 electrón-volt para producir un par de iones en el aire. Un electrón-volt es también equivalente a 10^{-7} joules. Un joule por segundo, equivale a un watt.
- 3) El término " equivalente físico del roentgen " (rep), se refiere a la cantidad de radiaciones ionizantes absorbida por los materiales. La absorción de un rep por el alimento u otros tejidos blandos, equivale a la absorción de 93 ergs por centímetro cúbico (cc), del material. El rep ha sido sustituido ya, en gran parte por la unidad de radiación conocida como el rad.
- 4) El rad es también una medida de la energía absorbida, tiene un

equivalente cuantitativo de 100 ergs de energía absorbidos por gramo del material que recibe la radiación ionizante, (19).

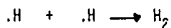
Lo importante en procesos de irradiación, es la dosis ó cantidad de radiación que recibe un sustrato, es decir el número de unidades de energía de radiación absorbida. Ya que, diferentes materiales, absorben la energía de radiación en diferentes grados; bajo estas condiciones, dos materiales están expuestos, siendo diferentes, a la misma cantidad de energía de radiación, pero uno de ellos habrá absorbido una mayor cantidad de esta energía, y por tanto, habrá recibido un número mayor de rads que el otro. Un rad de radiación, representa la misma cantidad de energía absorbida, ya sea que esta provenga de rayos gamma, partículas beta, o una combinación de las dos. Sin embargo, el tiempo durante el cual se expone al alimento a estas fuentes y las propiedades de absorción del alimento (y de su envase), determinará el número de rads -- que recibe el alimento, es decir, la dosis necesaria para producir cambios en su microflora, enzimas y otros componentes, (24).

Cuando las radiaciones ionizantes del nivel de energía aprobado, pasan a través de los alimentos, ocurren choques entre las radiaciones y las partículas de alimento, en los niveles molecular y atómico. La producción de pares de iones resulta cuando la energía de estos choques es suficiente, como para desalojar un electrón de una órbita atómica, ocurren cambios moleculares, cuando los choques proporcionan energía suficiente, para romper los enlaces químicos entre átomos, una consecuencia importante de ello, es la formación de radicales libres, que son fragmentos de moléculas, grupos de átomos ó átomos individuales, que poseen un electrón impar, presentan una gran tendencia a reaccionar entre sí y con otras moléculas, para alcanzar la estabilidad. La recombinación de los radicales libres y otros fenómenos físicos y químicos relacionados, proporcionan los mecanismos por los que los microorganismos, las enzimas y los componentes de los alimentos se alteran durante la irradiación, los efectos directos en el caso de células y tejidos vivos, materiales y alimentos (no vivos), se creía que eran efectos destructivos y originaban mutaciones por el contacto directo de la radiación. Por ejemplo, un cambio de color ó la textura de un alimento, se debía al choque de un rayo gamma o partícula beta de alta

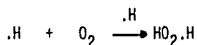
energía con un pigmento o molécula de proteína determinado. Es indudable que estos choques directos ocurren realmente, pero su frecuencia no es suficiente para explicar la mayoría de los efectos que producen las radiaciones en un sustrato determinado. Los efectos indirectos, sobre todo en la formación de radicales libres, en el caso específico de las radiaciones que pasan a través de las moléculas del agua, y éstas se alteran, produciendo radicales hidrógeno e hidroxilo, muy reactivos, como pueden reaccionar entre sí con el oxígeno disuelto en el agua y con una amplísima variedad de moléculas o iones orgánicos e inorgánicos, que pueden estar disueltos o suspendidos en el agua. Así dos radicales hidroxilo al combinarse forman el peróxido de hidrógeno:



Dos radicales de hidrógeno, producen el gas hidrógeno:



Un radical de hidrógeno, más oxígeno disuelto, dan un radical de peróxido:



Dos radicales de peróxido, producen peróxido de hidrógeno más oxígeno:



El peróxido de hidrógeno es un fuerte agente oxidante y un veneno biológico. Los radicales hidroxilo e hidrógeno, son fuertes agentes oxidantes y reductores respectivamente. También pueden formar parte en reacciones con materiales orgánicos y alterar en gran parte la estructura molecular. Puesto que las células vivas y los materiales alimentarios están compuestos en gran parte por agua, la actividad que la radiación comunica a este solvente, constituye un factor muy importante que contribuye al carácter letal o a los cambios subletales-

en las células vivas y a la alteración de los componentes de los alimentos, (19, 27, 34, 55).

Entonces en la actualidad, se enfocan los estudios en este sentido, especialmente a la reducción de la formación de radicales libres del agua y a la disminución de la reacción de los radicales libres con los componentes de los alimentos, las tentativas son las siguientes:

- 1) Irradiación en estado congelado.
- 2) Irradiación en vacío o atmósfera inerte.
- 3) Introducción de inhibidores de los radicales libres, (55).

En los alimentos, las dosis excesivas, pueden producir efectos adversos, - en las proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas, pigmentos, sabores, enzimas, etc., también pueden cambiar las propiedades protectoras de ciertos materiales de envasado, como películas de plástico y los revestimientos de plástico o esmalte en el interior de las latas. En este último caso se trataría probablemente de dosis que están en exceso, de las que se necesitan para la esterilización o pasteurización requeridas, para producir una calidad aceptable en los alimentos. En donde tales dosis son necesarias, se emplean envases rígidos, como latas de estaño o de aluminio, más resistentes a la irradiación, cuando los alimentos deben tratarse en sus envases finales, (19, 57).

El término " dosis excesiva," sólo tiene significado cuando se relaciona - con un sustrato específico. Como en el caso del calor, los diferentes materiales alimentarios, varían mucho en cuanto a su sensibilidad a las radiaciones -- ionizantes. El tocino por ejemplo, puede resistir una dosis de radiación de - 5.6 Mrads (un Mrad o megarad, equivale a un millón de rads), y aún conservar cualidades organolépticas satisfactorias. Este tocino, está estéril. Algunas proteínas por el contrario, se desorganizan con dosis más bajas, exhibiendo diversos grados de desenrollamiento, desdoblamiento molecular y separación de aminoácidos, incluyendo la coagulación el rompimiento molecular, compuestos olorosos y amoníaco. La clara de huevo es una mezcla de proteínas especialmente-- sensible. En un ensayo practicado en dos huevo enteros y frescos que en su --

forma original eran iguales, el huevo de control no fué irradiado. El que se irradió, tuvo como resultado el adelgazamiento de la clara y se hizo acuosa.- Este cambio indeseable, fué causado por una dosis de radiación de 0.6 Mrad. Es importante observar que esta dosis que dañó la clara de huevo, sería insuficiente para asegurar la esterilidad del huevo, si este contuviera esporas de ciertas bacterias. Por lo tanto, no sería práctico emplear una dosis mayor, a fin de asegurar la esterilidad, ya que dejaría al producto en un estado inaceptable para la mayoría de los fines alimentarios. Por razones similares, muchos alimentos no pueden esterilizarse mediante la irradiación. Sin embargo, algunos alimentos se conservan mejor después de pasteurizarse mediante una dosis débil de radiación. En la Figura 13, se muestran algunos de los más importantes efectos generales y usos de la radiación es diferentes dosis. Una dosis de 500 rads, es mortal para los humanos. Una dosis de 10 000 inhibe los brotes de las papas y una dosis un poco mayor, mata a los insectos. Una dosis de varios cientos de miles de rads, mata las levaduras y los mohos, y a este nivel, se pueden pasteurizar muchos alimentos. La destrucción completa de las esporas bacterianas para producir la esterilidad en los alimentos, requiere varios millones de rads, (19, 55).

En donde la finalidad de la irradiación es la conservación de los alimentos la selección de las dosis tiene que basarse en varios factores. Los más importantes son: la seguridad y la sanidad del alimento tratado, que abarcan consideraciones que trascienden la ausencia de radioactividad peligrosa y de patógenos. La resistencia del alimento, varía enormemente en base a su composición química, estructura física y el grado de cambio que se pueda tolerar sin que la calidad se pierda. Las estructuras físicas y químicas de los alimentos varían, por supuesto aún en las diferentes especies o variedades de un mismo producto. Estas diferencias en el alimento, determinan el límite máximo de la dosis de radiación compatible con la calidad aceptable. Por ejemplo, el lomo de puerco, el pollo, el tocino y los camarones, han resistido satisfactoriamente a unas dosis de esterilizado de 4.8 Mrads. En algunos alimentos, los casos de sabores extraños--percibidos, en los productos recién irradiados, desaparecen en gran parte durante el almacenamiento. Algunas hortalizas también han tolerado 4.8 Mrads, varias frutas, han resistido dosis de 2.4 Mrads, (19, 27, 34, 57).

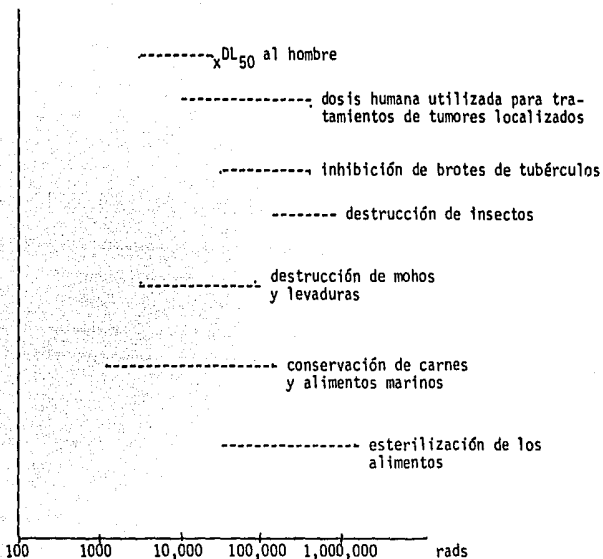


FIGURA 13. Dosis aproximadas de radiaciones ionizantes, para producir efectos determinados.

x^{DL}_{50} : Dosis de radiación sobre todo el cuerpo, necesaria para destruir el 50 por ciento de la población expuesta.

De Desrosier N.W. (1976), (19).

En el caso de algunas carnes, pescados y frutas más sensibles, han resultado aceptables después de recibir dosis pasteurizadoras que fluctuaban entre 100 000 y 1 000 000 de rads. Respecto a la resistencia de microorganismos, el más importante de los que resisten la irradiación, es el Clostridium botulinum. Hay varias condiciones en los alimentos, que pueden prevenir el crecimiento y la formación de toxinas por este microorganismo, el pH bajo, las condiciones aeróbicas, la extrema sequedad de algunos alimentos, las temperaturas de refrigeración abajo de 4°C y ciertas sustancias químicas preservativas. En los alimentos, en los que no existe ninguna de estas condiciones, hay que tomar por sentado que el Clostridium botulinum está presente, y se debe emplear una dosis de radiación suficiente para destruirlo, si se desea garantizar la seguridad del alimento, como en el caso de la conservación mediante calor, y basándose en una lógica similar, se encontró que para la carne de res con pH arriba de 4.5, se necesita 0.4 Mrad. En los alimentos cuyo pH es menor que 4.5, el Clostridium botulinum, no constituye un problema, pero hay que inactivar otros organismos generadores de descomposición y se ha encontrado que el más resistente de éstos requiere aproximadamente de 0.2 Mrad, para lograr la esterilización, con un buen margen de seguridad.

Con respecto a la resistencia enzimática, la mayoría de las enzimas de los alimentos, son aún más resistentes a las radiaciones ionizantes que las esporas del Clostridium botulinum. Se ha encontrado que la dosis de radiación que produce una reducción de 90 por ciento en la actividad enzimática, es del orden de 5 Mrads, cuatro valores de 5 Mrads, producirían una reducción de enzimas casi total, pero esta dosis (20 Mrads), sería altamente destructiva para los componentes del alimento, y también podrían afectar su sanidad. Por estas razones, un tratamiento por irradiación no resulta adecuado, en donde se requiere, un grado considerable de destrucción de enzimas, a fin de lograr la estabilidad en el almacenamiento, (19, 27, 34, 57).

Se ha resuelto este problema, mediante el uso de varios procesos combinados, las enzimas se pueden inactivar fácilmente mediante calor (escaldado), ó por productos químicos. La exposición a una temperatura de unos 71°C por unos pocos minutos, es bastante efectiva. La combinación de las dosis de radiación

requeridas para destruir los microorganismos, y estos tratamientos térmicos, resulta altamente eficaz. Esto es la base de las especificaciones para los procesos de irradiación y calor que se indican en el Cuadro XXVI.

Las condiciones de costo, que es otro factor que determina la dosis, ya que las dosis más altas mediante el uso de fuentes de radiación más fuertes o la exposición de los alimentos a radiaciones menos intensas por períodos más largos. Debido a que las prácticas aumentan el costo del procesamiento. En algunos alimentos, la pasteurización por irradiación puede ser factible económicamente, en donde la esterilización por irradiación no lo sería. Hablando en términos generales, el costo puede determinar si el procesamiento por irradiación, debe emplearse o no. Hay que tomar en cuenta que por lo general, existe más de un método práctico de conservar un alimento. En la actualidad, la conservación por medio de irradiación, es más costosa que la conservación por medio de calor, refrigeración ó congelación. En donde estos métodos se pueden utilizar, habrá poco incentivo para el uso de la irradiación.

Por otra parte, hay aplicaciones en que sólo la irradiación es adecuada. La pasteurización mediante dosis bajas de irradiación, ha alargado el período de vida normal de almacenamiento de los productos marinos, frutas, hortalizas (refrigerados), de unos pocos días a varias semanas. Esto puede tener una profunda influencia en las prácticas comerciales. Ya que la irradiación crea las condiciones de la esterilización en frío, puede producir muchos alimentos conservados en que han ocurrido, pocos o ningún cambio de los causados generalmente por temperaturas elevadas. Por ejemplo, el tocino esterilizado por medio de radiaciones, retiene esencialmente, todos los atributos que poseía antes del tratamiento a temperatura ambiente, aún después de un año ó más de almacenamiento a temperatura ambiente. Independientemente de los cambios ocurridos que pueden haber sido provocados por la irradiación, ningún otro método de procesamiento conocido actualmente, es capaz de lograr, a ningún costo, el grado de conservación a la temperatura del ambiente, (19, 27, 34, 57).

CUADRO XXVI. Resumen de especificaciones para productos y procesos en la irradiación de alimentos.

PRODUCTO	PROCESO	DOSIS(rads)	ENVASADO REQUERIDO	T. DE ALMACEN.	CICLO DE VIDA UTIL EN ALMACEN.
Papas	inhibición de brotes	7,500 *	almacen. en recip. cerrados o porosos	5°C, HR 85% 20°C, HR 85%	2 años ó más 10 meses o menos
Harina.	destrucción de insectos	50,000 *	bolsas de papel o tela selladas y envueltas	T. ambiente 4.5°C	2 años ó más 5 años ó más
Moras	destrucción de mohos, pasteurización	150,000 &	selladas en O ₂ , permeables a CO ₂	1.1°C	21 días ó más
Carne y pescado banados	pasteurización bacterias, levaduras, mohos	1,000,000 +	sellados en recipientes a prueba de gas	0.0°C	60 días ó más
Tejidos animales y pescados	inactivación de enzimas por calor	4,500,000 +	sellados al vacío en envases duraderos, con inhibidor de olor	T. ambiente 0.0°C	2 años ó más 5 años ó más
Frutas	inactivación de enzimas por calor	2,400,000 +	sellados al vacío, en envases duraderos, con inhibidor de olor	T. ambiente 0.0°C	2 años ó más 5 años ó más

DOSIMETRO: *: sulfato ferroso; &; vidrio de cobalto; +: sulfato cérico.

De Desrosier N.W. (1976), (19).

Existen muchas semejanzas entre los principios de la conservación por medio de irradiación y el procesamiento por medio de calor. Como el calor, las radiaciones mediante las cuales se puede lograr la esteriliación en frío, originan las siguientes consideraciones:

- A) Las radiaciones pueden destruir microorganismos e inactivar muchas de las enzimas de los alimentos, de manera que las dosis de radiación tienen que regularse cuidadosamente, ya que pueden dañar los componentes del alimento.
- B) Si se trata de esterilizar el alimento, la dosis de radiación tiene que ser suficiente, para destruir los organismos patógenos y generadores de la descomposición, más resistentes a la irradiación que pudieran estar presentes. Las dosis que inactivan las esporas del *Clostridium botulinum* con un amplio margen de seguridad, satisfacen estos requisitos.
- C) Como en el caso del calor, no sólo la intensidad de la fuente de radiación es importante, sino también la cantidad de radiación absorbida por el alimento, por lo que hay que tomar en cuenta el factor tiempo. Cuanto más tiempo permanece el alimento en el camino de la radiación, más radiación absorberá.
- d) También como en el caso anterior, es preciso proporcionar la energía de radiación de tal manera que llegue a cada partícula del alimento dentro de la masa, ó del envase que lo contenga. En el caso del calor, se tienen las ventajas de la conducción y convección natural para ayudar a distribuir el calor a través del envase. En el caso de la esterilización en frío mediante la irradiación, exceptuando la difusión limitada de los radicales libres, (efecto indirecto) no hay conducción, ni convección y hay que asegurar que la dosis es suficientemente letal mediante la irradiación uniforme a través de toda la masa del alimento, esto nos conduce al problema de la dosimetría y el medio de medir las dosis de radiación, (11, 19, 54, 57).

Como en el caso del calor, donde se coloca un termopar en el punto frío -- de las latas y después de alcanzar la temperatura de esterilización se emplea un tiempo adicional de procesamiento. La irradiación se mide con varios tipos de dosímetros, que registran cambios proporcionales a la energía recibida. Un ejemplo de dosímetro, y uno de los más útiles, se basa en la propiedad que tienen unas tiras de vidrio de cobalto, especialmente preparadas para cambiar su color al recibir radiaciones, el grado en que cambia su color, es la medida de la cantidad total de radiación absorbida. Si se colocan dichas tiras, en un -- marco que se halla dentro de una lata junto al alimento, y se somete a la irradiación, constituye un medio para averiguar la cantidad de radiación absorbida a través de varias partes en la lata. Si alguna porción de ella ó del alimento en su interior dejan de absorber el número de rads necesario, las tiras de cobalto, en esa porción de la lata, tampoco habrán recibido la radiación y el correspondiente cambio de color, no habrá tenido lugar. Si el color de todas las tiras ha cambiado de color en un grado equivalente al número de rads requerido para esterilizar, se puede suponer que el alimento también habrá absorbido ese mismo número de rads. La irradiación excesiva, puede ser tan indeseable, como la irradiación insuficiente, y también revelará el grado de cambio en el color. Por supuesto, sólo es necesario incluir un pequeño número de dosímetros, entre las muchas latas que reciben el mismo tratamiento, a fin de vigilar la operación, (11, 19, 54, 57).

Ya que la irradiación puede alterar moléculas químicas y en dosis suficientes inducir a la radioactividad, se han efectuado estudios que tratan además de la sanidad desde el punto de vista microbiológico, aspectos tales como:

- a) Efectos de los tratamientos por irradiación en el valor nutricional del alimento.
- b) La posible producción de sustancias carcinogénicas en los alimentos irradiados.
- c) La posible producción de sustancias tóxicas por irradiación y,

- d) La posible producción de radioactividad dañina en los alimentos tratados por irradiación.

Después de aproximadamente 20 años de investigación intensiva, más a la que se halla sometido algún método de conservación de alimentos, el censo actual, basado en los datos científicos reunidos, puede resumirse de la siguiente manera:

- 1.- Los alimentos irradiados son en conjunto, tan nutritivos como sus equivalentes procesados por medio del calor. La irradiación destruye diversas cantidades de varios nutrimentos, pero las pérdidas no son mayores que las que resultan por el procesamiento por calor.
- 2.- No se producen en los alimentos cantidades importantes de sustancias tóxicas ó carcinogénicas cuando éstos se irradian mediante dosis permitidas por la FDA, provenientes de las fuentes de radiación aprobadas.- Las dosis máximas aprobadas comprenden un margen de seguridad suficientes
- 3.- Los alimentos esterilizados o pasteurizados mediante las dosis aprobadas, no representan ningún peligro desde el punto de vista microbiológico.
- 4.- La irradiación mediante las dosis aprobadas por la FDA, no produce en los alimentos, niveles perjudiciales de radioactividad. Los procesos adecuados y aprobados, incluyen un buen margen de seguridad. Hay que señalar que todos los alimentos, además del aire que respiramos y el agua, contienen al igual que el cuerpo humano, bajos niveles de radioactividad. Estos niveles, a los que contribuyen las radiaciones del sol, forman parte de nuestro medio ambiente natural. Con frecuencia, aumentan por la fuerza atómica creada por el hombre, mal controlada ó aplicada. Pero los tratamientos de irradiación aprobados, no aumentan estos bajos niveles naturales en los alimentos, en un grado que siquiera se aproxime a los niveles de peligro, (7, 19, 24, 55, 56).

Entre las principales aplicaciones de la irradiación aprobadas hasta ahora por la FDA, se encuentran: la esterilización del tocino con una dosis de 5.6 Mrads, la destrucción de insectos del trigo y productos derivados por dosis de hasta 50 000 rads, la inhibición de brotes en las papas con dosis de 10, 000 rads, la esterilización de varios materiales de envasado mediante dosis (rayos X), hasta de 1 Mrad, (7, 19, 55, 56)

A diferencia de las radiaciones ionizantes, la energía de microondas, se aplica a alimentos por sus propiedades de calentamiento. El radar emite radiaciones electromagnéticas en forma de microondas, que viajan hasta un blanco donde son absorbidas, transmitidas o reflejadas. Las microondas regresan a un receptor e indican la distancia y posición del objeto con que chocaron. Algunos materiales absorben las microondas en lugar de reflejarlas. Cuando ocurre esto, las microondas transmiten su energía al medio absorbente en forma de calor. La potencialidad industrial del calentamiento por microondas, empezó a apreciarse durante la Segunda Guerra Mundial, después de la investigación intensiva del radar, (11, 24).

VIII.2.2 Microondas. Las microondas, son ondas electromagnéticas de energía radiante, que difieren de otras radiaciones electromagnéticas, como las ondas de luz y las radioondas, sobre todo por su longitud y frecuencia. Las microondas se encontrarían entre las radiaciones infrarrojas y las radioondas, con longitud de onda en la escala, entre unos 250 millones y 7500 millones de Angstroms, lo cual equivale a una longitud entre 2.5 y 75 centímetros. Las longitudes de las radiaciones infrarrojas y las radioondas en cambio, se miden en kilómetros y en milésimas de centímetro (radioondas y radiaciones infrarrojas respectivamente), 1 000 000 unidades de Å, equivalen a un centímetro, las longitudes de onda de la energía electromagnética, están relacionadas en forma inversa con la frecuencia, que es el número de oscilaciones por unidad de tiempo. Las longitudes de onda de las microondas entre aproximadamente 2.5 y 75 centímetros corresponden a frecuencias de unos 20 000 a 400 megaciclos por segundo, (un megaciclo es un millón de ciclos.) La corriente eléctrica alterna normal, tiene una frecuencia de 60 ciclos por segundo. Ya que las frecuencias de las microondas están muy cerca de las radioondas y se enciman a las de la escala del radar, --

pueden obstaculizar los procesos de comunicación, de manera que el uso de determinadas frecuencias están sujetas al reglamento de la Comisión Federal de Comunicaciones. Para su aplicación en alimentos, las frecuencias aprobadas y utilizadas más comúnmente son las de 2 450 y 915 megaciclos por segundo. Las microondas como la luz, viajan en línea. Son reflejadas por los metales, atraviesan el aire y muchos, aunque no todos, tipos de papel, vidrio y materiales de plástico y son absorbidas por varios componentes de los alimentos, entre ellos el agua. Cuando son reflejadas, no transmiten calor a la superficie reflectora. Calientan el material que las absorbe en grado proporcional al de la absorción. Al calentar el material, pierden energía electromagnética. Se emplean los términos: " factor de pérdida " y " tangente de pérdida." para indicar la energía de microondas perdidas al atravesar ó al ser completamente absorbidas por varios materiales bajo condiciones determinadas. De los materiales que absorben las microondas con mucha facilidad, se dice que son " perdedores." Las microondas calientan estos materiales rápidamente. En el Cuadro XXVII, se muestran las " tangentes de pérdida " de varias sustancias. Puesto que los alimentos difieren entre sí, en cuanto a su composición, que incluye la distribución física de sus componentes dentro del alimento, también varían los patrones de calentamiento por las radiaciones de microondas, (24, 26).

El factor de pérdida es también, una medida del grado de penetración de las microondas a los materiales. Puesto que, las microondas pierden energía en forma de calor, a medida que penetran en los materiales, cuanto mayor sea la cantidad de calor que se produce, más corta será la distancia por la que podrán penetrar las microondas antes de que se consuma toda su energía. Se sabe, que las microondas de 900 megaciclos, sufren mayores pérdidas de energía que las de 2 450 megaciclos, en algunos materiales, en tanto que lo contrario sucede con otros materiales. En donde se desea una penetración profunda en un material dado, se puede escoger la frecuencia de microonda que tenga el factor de pérdida, más bajo. Por ejemplo, se puede demostrar que en condiciones similares y al costo en ambos casos de la mitad de su energía, las microondas de 900 megaciclos penetran a una profundidad de 7.5 centímetros en el agua, y las de 2 450 megaciclos, penetran 1.25 centímetros, (24).

 CUADRO XXVII. Tangentes de pérdida de varias sustancias (x 10⁴ rads).

<u>MATERIAL</u>	<u>900 megaciclos</u>	<u>2 450 megaciclos</u>
Agua 15°C.	700.	1700
Agua 55°C	300	700
Agua 95°C	200	450
NaCl 0.1 Molar	6700	3400
Bistec	7000	4000
Sebo	1100	700
Poliétileno	2	2
Teflón	2	2
Papel	660	600
Parafina	2	2

De Gordon G. and Parker K.J. (1980), (24).

La corriente eléctrica alterna común, invierte su dirección 60 veces - por segundo. Las microondas hacen lo mismo, pero a frecuencias que corresponden a 915 ó 2 450 megaciclos por segundo. Los alimentos y algunos otros materiales contienen moléculas que actúan como dipolos, es decir, tienen una carga positiva y otra negativa en los lados opuestos de la molécula. También se dice que - tales moléculas son polares. Las moléculas de agua son polares, con la carga - negativa cerca del átomo de oxígeno y la carga positiva más cerca de los áto-- mos de hidrógeno. Cuando las microondas entran a los alimentos, las moléculas- de agua y las otras moléculas polares tienden a alinearse con el campo eléctrico. Pero el campo eléctrico se invierte 915 ó 2 450 millones de veces por se-- gundo. Las moléculas que tratan de oscilar a estas frecuencias, generan fric-- ción intramolecular que provoca rápidamente el calentamiento del alimento. Aun que las microondas generan calor de este modo , los componentes con diferentes factores de pérdida, no se calientan uniformemente en el alimento. Sin embar-- go, a medida que se genera calor, también se conduce entre los componentes, lo- cual tiende a equilibrar la temperatura del alimento. En los alimentos líqui-- dos, la convección contribuye a este fin. Pero estos efectos secundarios, no deben confundirse con el mecanismo principal de la fricción intramolecular que- ocurre dentro del alimento simultáneamente en los sitios de miles de millones -

de moléculas. Las microondas penetran a los trozos del alimento en forma uniforme, hasta una profundidad de varios centímetros, provocando el movimiento de todas las moléculas de agua y las otras moléculas polares a la vez. El calor no se transmite por conducción desde la superficie hacia adentro, sino que se genera rápidamente y en forma uniforme a través de la masa. El resultado es una ebullición interna que elimina la humedad. El vapor también calienta los alimentos sólidos adyacentes por medio de conducción. Hay que observar que mientras se esté convirtiendo agua libre a vapor, la temperatura de la unidad del alimento sube muy poco arriba del punto de ebullición del agua, salvo si el vapor dentro del alimento está bajo algo de presión, mientras trata de escaparse. Como resultado, son prácticamente nulos al dorado y la formación de costra en la superficie, debido al calor excesivo al exterior. Este mismo hecho limita el uso de microondas en operaciones como: el horneado de pan, el cocimiento de carnes y otras, en las que se desea obtener superficies doradas ó con costra. En tales casos si se emplea el calentamiento por microondas, tiene que ser precedido por un calentamiento por métodos convencionales a fin de producir éste tipo de superficie, (11, 19, 27, 44, 55).

El efecto de la temperatura sobre el porcentaje relativo de proteína miofibrilar cruda, fué comparada tanto como por el método convencional de cocimiento, como por el método de microondas. El músculo de beef* L. dorsi, fué ex puesto a un tratamiento convencional, por un tiempo de 0 a 70 minutos y a una temperatura de 45 a 90°C, y para el caso de las microondas, por un período de 0 a 10 segundos. El daño muscular se incrementó con el tiempo de exposición, los valores de proteína insoluble también se incrementaron, en el caso del músculo calentado a temperaturas comprendidas entre los 50 y los 70°C, mientras que el cocido por microondas tuvo un aumento gradual y conforme al tiempo de exposición, por lo que la retención total de vitaminas fué mayor por el método de microondas, (12).

Se determinó el contenido de nitrógeno y aminoácidos libres en muestras frescas y cocidas a 70°C del músculo de beef* L. dorsi, músculo de cerdo y pierna

*: Corte de carne de res, por la parte interna del espinazo.

de cordero. El contenido de aminoácidos libres tendió a ser mayor en las muestras tratadas por el método convencional de cocimiento que para las cocidas con microondas. El contenido de leucina y valina, para las tres especies de carne-fué donde se reflejó el efecto del proceso. Para el caso del contenido proteínico fué mayor en la muestra cocida por microondas, que por el método convencional, (12).

El descongelamiento por microondas, redujo la pérdida de proteínas en pescado, para esta experiencia, se utilizaron dos variedades de camarón fresco (obscuro de Louisiana y blanco de Columbia), y fueron preparados y descongelados por el método convencional (sumergir al camarón fresco en agua a 18°C), y por microondas a 915 megaciclos, las muestras descongeladas por éste método revelaron una mayor retención proteínica y por lo tanto la mayor pérdida sufrida, se registró por el método convencional. Estos resultados se muestran en el Cuadro XVIII, (12).

CUADRO XVIII. Composición aproximada de muestras de dos variedades de camarón - tratadas por microondas y agua de descongelamiento en la muestra fresca.

	<u>LOUISIANA (oscuro)</u>	<u>COLUMBIA (blanco)</u>
% de proteína en agua de descongelamiento.	16.57.	16.68
% de proteína en descongelamiento por M.O.	18.66	17.49
Diferencia de proteína (% del peso total)	2.09	0.81
Relación humedad/proteína:		
agua de descongelamiento	4.97	4.93
descongelamiento por microondas	4.28	4.65

De Cross A.G. and Fung D.X. (1982), (12).

El método de cocido por microondas comparado con el hervido en cuatro-variedades de papa, demostró ser más significativo nutricionalmente, al verifi-

carse que el contenido proteínico retenido fué mayor. Como se sabe, el frijol de soya sin tratar contiene un factor antinutricional, que inhibe la tripsina y por lo tanto su digestibilidad y aprovechamiento. Se encontró que se eleva este aprovechamiento de un 30 a 35 por ciento más y por consiguiente el valor nutricional del frijol de soya, cuando fué calentado por microondas durante un minuto, y estudios anteriores demuestran que el rango óptimo es de dos a tres minutos, (12).

Es bien conocido que en cualquier tipo de tratamiento térmico, habrá pérdida en el valor nutricional, para el caso de proteínas y más aún en presencia de carbohidratos y grasas oxidadas. En el caso de las grasas, la oxidación se ve favorecida por el calor, la luz y la radiación ionizante. Debido a la naturaleza de las microondas, estas resultan ser también un agente catalítico en esta reacción, la velocidad de oxidación de las grasas, está caracterizada por la presencia de prooxidantes, un indicador de éstos es el ácido tiobarbitúrico (TBA), y su determinación es un indicativo de la oxidación de un lípido. En de terminación práctica, se utilizó pechuga de pollo recalentada por microondas, - los valores encontrados fueron comparados con el método convencional y el natural. Se apreció que el recalentado por el método convencional tiene ligeramente mayor la concentración de TBA en comparación con los valores de las otras dos experiencias. La misma prueba se aplicó a carne de cerdo y se obtuvo que la muestra calentada por microondas, fué superior en un valor de TBA a la recientemente cocinada, los resultados se exponen en el Cuadro XXIX, (12).

CUADRO XXIX. Valores medios de TBA de carne de cerdo calentada.

	COCINADO RECIENTEMENTE	RECALENTADO CONVENCIONALMENTE	RECALENTADO POR MICROONDAS
Valor TBA ^d	3.31	4.97	4.01

d: Malonadlchido de magnesio/1000g de tejido.

De Cross A.G. and Fung D.X. (1982), (12).

En yemas de huevo (50.0g de muestra), con adición y sin adición de ácido linoléico, fueron cocidas a 80°C, por el método convencional y con 915 megaciclos, 2 450 megaciclos respectivamente por el método de microondas. También se prepararon pasteles horneados en los cuales se determinó el cambio de lípidos mediante valores de TBA, éstos se encuentran dados en el Cuadro XXX, y como se observa, el valor de TBA, fué más significativo por el método convencional, que por el método de microondas, (12).

CUADRO XXX. Valores de TBA para pasteles horneados.

<u>TRATAMIENTO</u>	<u>TIEMPO DE CALENTAMIENTO*</u>	<u>NUMERO DE TBA</u>
Cercano a microondas de 2 450 Mhz.	2.75	0.560
Cercano a microondas de 915 Mhz.	4.00	0.614
Convencional 173°C	22.00	0.497
Muestra sin cocinar	-----	0.173

*: Tiempo en minutos.

De Cross A.G. and Fung D.X. (1982), (12).

CAPITULO IX .

CONCLUSIONES

- 1.-Durante el procesamiento de alimentos, además de la temperatura, -- será necesario controlar otros parámetros tales como: concentración de oxígeno, tiempo de exposición, tipo de transmisión de calor, pH, naturaleza química y biológica de los diferentes nutrimentos en el alimento.
- 2.- Para el control durante el procesamiento térmico de un alimento, - se debe considerar, el deterioro de aquellos nutrimentos más sensibles, como indicadores de la pérdida de los mismos durante el procesamiento y éstos bien podrían tratarse de las vitaminas y de las protefnas.
- 3.-La reactividad de los aminoácidos, tanto en las reacciones de obscurocimiento de Maillard, como en aquellas de obscurecimiento no enzimático, dependerá del número de átomos de la basicidad y de la misma polaridad de la molécula. Por tanto, la importancia de esto es: la indisponibilidad que se origina durante el procesamiento térmico en la " calidad de una proteína."
- 4.-El obscurecimiento no enzimático no es solamente debido a la reacción de Maillard, sino que implica también una descomposición térmica de azúcares, caramelización, descomposición del complejo oxiácido-proteína, además de todas aquellas alteraciones que tomen lugar por el tratamiento alcalino de proteínas, durante el procesamiento térmico de un alimento.
- 5.-El tratamiento térmico por procesamientos como la energía solar, la irradiación y las microondas, resultan ser métodos convenientes, ya que además de lograr las características finales deseadas en el pro-

ducto, también ocurren menores efectos sobre los nutrimentos de un alimento, al comparársele con los procesamientos térmicos convencionales.

- 6.-Como se hizo notar en la presente revisión, el procesamiento de los alimentos mediante tratamientos térmicos, resulta ser conveniente e indispensable, tanto para su conservación, como para su disposición en el consumo, por lo cual deberán ser considerados como adecuados, aquellos procesos que presenten el menor efecto de pérdida en el contenido de nutrimentos.

CAPITULO X .

RECOMENDACIONES

- 1.- Es conveniente verificar la cantidad de nutrimentos, tanto inicial como final del tratamiento , para establecer las condiciones del proceso térmico, en base a los nutrimentos más lábiles.
- 2.- Durante el procesamiento térmico de un alimento, ya habiéndolo considerado el deterioro de nutrimentos más sensibles al tratamiento, - es adecuado, determinar el enriquecimiento del mismo con aquellos que fueron indicadores de la pérdida en dicho proceso.
- 3.- En el caso de pérdidas proporcionales de nutrimentos, se sugiere reformular el producto inicial con el objeto de obtener las cantidades especificadas en la formulación original del producto del -- cual se trate.
- 4.- Si ya establecidas las condiciones del proceso y verificadas las posibilidades de enriquecimiento y/o reformulación, la cantidad -- de nutrimentos encontrados en el alimento después del tratamiento, no cumplen con las especificaciones requeridas, deben considerarse aquellos procesos de tratamiento térmico que alteren o modifiquen en menor proporción el contenido de nutrimentos en el alimento.

C A P I T U L O X I .

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Abrahamsson L., Hambræus L. and Holn H. (1979) "Protein quality of milk-cereal based foods for infants and children in relation to processing methods and composition of the products." Journal of Food Technology. 14(14):429-440.
- 2.- Alexander J.C. (1978) "Biological effects due to changes in fats during heating." Journal of the American Oil Chemist' Society. 55 (10):711-717.
- 3.- Anantea G.F. (1983) "Aseptic packing of dairy products." Food Technology. 37(4):134-142.
- 4.- Arnold H. & Martin P (1974) "Nutrition food composition and aspects nutrients of food processing." Encyclopedia of Food Technology. AVI Publishing Company, Inc.
- 5.- Arya S.S. & Netazan V. (1979) "Stability of carotenoids in dehydrated carrots." Journal of Food Technology. 14(6):579-586.
- 6.- Ashton W.M. (1972) "The components of milk, their nutritive value and the effects of processing-Part 2." Dairy Industries, (November) 602-606.
- 7.- Balkarles O. and Olson F.W. (1957) "Sterilization food technology." McGraw Hill. New York, New York.
- 8.- Beuder E.A. (1981) "Food processing and nutrition." Academic Press London. New York, San Francisco.

- 9.- Bolin R. and Salunkhe K. (1982) "Food dehydration by solar ----- energy." CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrien. 16(4): 327-354.
- 10.- Burger H.S. and Walters C.L. (1973) "The effect of processing on the nutritive value of flesh foods."
- 11.- Cameron E.J., Pilcher R.W. and Clifcorn L.E. (1955) "Retention of nutrients during canning." Natl. Canners Assoc. Washington, D.C.
- 12.- Cross A.G. and Fung D.X. (1982) "Microwaves on nutrients value of foods." CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrien. 16(4) : 354-379.
- 13.- Dayril B.L. (1983) "Considerations in modeling food processes." - Food Technology. 37(1):92-94.
- 14.- Dayril B.L. (1982) "Influence of processing on nutrients in foods." Journal of Food protection. 45(4)-367-373.
- 15.- Delaney M. (1977) "Protein concentrates from slaughter animal --- blood II, composition and proprieties of sprydried red blood cell concentrates." Journal of Food Technology. 12(4):355-368.
- 16.- Dedert W.G. and Moore J.G. (1963) "New trend in evaporation." Ing. Eng. Chem. 55(June):57-62.
- 17.- De Man J.N. (1980) "Principles of food chemistry." The AVI - - - Publishing Co., Westport, Conn.
- 18.- Desrosier N.W. (1983) "Elementos de tecnología de alimentos." Ed. C.E.C.S.A. México, D.F.

- 19.- Desrosier N.W. (1976) "The technology of food preservation." The AVI Publishing Co., Westport, Conn.
- 20.- Dudek J.A. and Elkins E.R. (1983) "Nutrient composition of Historical canned Food samples." 48(6):654-655.
- 21.- Dworshak E. and Carpenter K. (1982) "Nonenzyme browning and its - effects on protein nutrition." CRC Critical Reviews in Food Science and nutrition. 13(1):1-40.
- 22.- Ejidala J.K. (1980) "Effects of processing on the thiamin, riboflavin and protein contents of Cowpeas (Vigna Unquiculata-L-Walp) ---- soaking, cooking and willing process." Journal of Food Technology. 15(4):435-444.
- 23.- Foster J. and Fox S.W. (1957) "Protein Chemistry." Ed. Willey. -- New York, New York.
- 24.- Gordon G. and Parker K.J. (1980) "Food and heatt: science and --- technology." Applied Science. London.
- 25.- Gregory III Jr. (1983) "Methods of vitamins assay for nutritional evaluation of food processing." Journal of Food Technology. 37(1): 75-80.
- 26.- Grossman M.A. and Bain E.C. (1972) "Principios de tratamiento tér mico." Vers. Bello B.J.M. Ed. Blume. Madrid, España.
- 27.- Goulda W. (1977) "Food quality assurance." The AVI Publishing Co., Westport, Conn.
- 28.- Harris R.S. and Karmase. (1970) "Nutritional evaluation of food - processing." The AVI Publishing Co., Westport, Conn.

- 29.- Harris R.S. and Von Loesecke S.B. (1960) " Nutritional evaluation of food processing." John Wiley and sons, New York, New York.
- 30.- Hernanson M. (1977) " Functional proprieties of proteins for foods -- water vapour sorption." Journal of Food Technology. 12(2) . 177-178.
- 31.- Holman R.T., Lundenberg K.O. and Maihlnt. (1952) " Progress in the chemistry of fats and another lipids." Perpanon Press. London, Vol. 1.
- 32.- Horwitz Z.A. (1961) " Food and protection of healt." Federation Princ. - 20, No. 1 : 7(3) : 398-403.
- 33.- James F.P. and Schnigort B.S. (1976) " Ciencia de la carne y de los productos cárnicos." Trad. Barrado M. Ed. Acrihia. Zaragoza, España.
- 34.- Kauzmann W. (1971) " Propiedades térmicas de la materia." Ed. Peverté. Barcelona, España. Vol. 2.
- 35.- Kutsky J. (1973) " Vitamins." Handhook of vitamins & hormones." Van - Nostrand Reinhold Company, Cap. 1-15: 1-112.
- 36.- Marshall J.D. (1973)" Fruit and vegetable products." Simposium on the "Effect of processing on the nutritive value of food." Proc. Nutric. Soc. 32 : 17-21.
- 37.- Matz S.A. (1959) " The chemistry & technology of cereals. As food and feed prepared." The AVI Publishing Co., Westnort, Conn.
- 38.- Mayer A.A. (1958) " Processed plant protein foodstuffs." Academic -- Press. New York, New York. Vol. XV.
- 39.- Murray J. (1964) " Food science & technology." Ed. Pyke, Magnus. - - - London.

- 40.- Nickerson J. and Ronsivalle J.J. (1979) "Elementary food science." - The AVI Publishing Co., Westport, Conn.
- 41.- Ogunsua A. and Adedeji T. (1979) "Effect of processing on ascorbic acid in diferents varieties de cassava (Manihot Esculenta. Crantz)." Journal of Food Technology. 14(1) : 69-74.
- 42.- Prescott S.C. and Proctor De B. (1973) " Food Technology." McGraw Hill. New York, New York.
- 43.- Owen F.R. (1975) " Principles of food science." Ed. Dekker. New York , New York. Vol. 2.
- 44.- Priestley R.J. (1979) " Effects of heatin on foods." Applied Science. -- London.
- 45.- Rahman-Abbal H.A. (1982) " Effect of cooking time on the quality , -- minerals and vitamins of spaghetti produced from two italian durum -- wheat varieties." Journal of Food Technology. 17(3) : 349-355.
- 46.-Rahman F.M. and Buckle K. (1981) " Effects on blanching and sulphur -- dioxide on ascorbic acid and pigments of frozen Capsicums." Journal of Food Technology. 16(4) : 671-682.
- 47.- Rajaopai V. and Mudambi R. (1978) " Beta-carotens loss in palmoil -- used for frying Niqerian snacks." Journal of Food Technology. 13(2) : 87-90.
- 48.- Raschieri J.P. (1955) " Desecación de los productos vegetales." Ed. Re verté. Barcelona, España.

- 49.- Reutersward A., Asp N. & Bjourk I. (1982) " Effect of collagen content and heat treatment on protein digestibility and biological value of meat products." *Journal of Food Technology*. 17(1) : 115-124.
- 50.- Robasdek E. (1983) " Bioassay methods for nutrients in processing foods." *Food Technology*. 37(1) : 92-94.
- 51.- Rolis B.A. and Porter J.W. (1973) " Some effects of processing and storage on the nutritive value of food." *Proc. Nutr. Soc.* 39: 9-15.
- 52.- Schwartz M. (1973) " Cheese-making technology." Ed. Park Ridge . New Jersey.
- 53.- Selman J.D. and Folfe E.J. (1982) " Effects of water blanching on pea seeds changes on vitamin C content." *Journal of Food Technology*. 17 - (2) " 219-234.
- 54.- Stumbo C.R. (1974) " Thermobacteriology in food processing." *Food Science and Technology*, a series of monographs. (N.2) New York, New York.
- 55.- Tannen-Baum S.R. (1977) "Nutritional and safety aspects of food processing." Ed. M. Dekker, New York.
- 56.- Underwood L.J. (1977) " Trace elements in human and animal nutrition." *New York Academic*, New York.
- 57.- Valle V.P. y Merson R.L. (1983) " Procesamiento térmico de alimentos enlatados." *Universidad Autónoma de Chapingo*. Chapingo, México.

ANEXO A .

Las grasas y los aceites son susceptibles a diferentes reacciones de de -- teríodo que reducen el valor nutricional del alimento, y además producen com-- puestos volátiles que imparten olores y sabores desagradables. Esto se debe - a que el enlace éster de los acilgligéridos es susceptible a la hidrólisis quí mica o enzimática, ya que los ácidos grasos insaturados, son sensibles a reac-- ciones de oxidación. En general, el término rancidez, se ha usado para descri bir los diferentes mecanismos a través de los cuales se alteran los lípidos.

El grado de deterioro depende del tipo de grasa o aceite; los más sucepti bles a estos cambios, son los de origen marino, seguido por los aceites vegeta les y finalmente por las grasas animales, (40, 44).

El deterioro de los lípidos, se ha dividido en dos grandes grupos de reac ciones: de rancidez hidrolítica y de rancidez oxidativa.

La rancidez hidrolítica o lipólisis, se debe a la acción de las lipasas - sobre los enlaces éster de los trialcilglicéridos de las grasas. Esto ocasio na el desarrollo de olores y sabores rancios de las grasas que contengan altas concentraciones de ácidos volátiles de cadena corta ($C_4 - C_{14}$). La fuente - y el origen de las lipasas puede ser el propio alimento, como en el caso de la leche, o bien una contaminación microbiana por levaduras, hongos o bacterias.

La rancidez oxidativa, que es la que se menciona en este trabajo como re-- acciones de oxidación de lípidos, tiene diversos orígenes; el principal, es la acción directa del oxígeno sobre las dobles ligaduras de los ácidos grasos in saturados, con la consecuente producción de hidroperóxidos, (42, 44).

Los principales factores que influyen en la oxidación de lípidos y la -- forma en que es posible inhibir estas reacciones de deterioro, se muestran a - continuación:

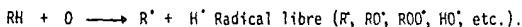
FACTOR	INHIBIDA POR:
Peróxidos de otras grasas rancias	escaldado
Enzima lipoxidasa	antioxidantes
Luz U.V. y azul	envases opacos
Alta temperatura	refrigeración
Metales (Cu, Fe, etc).	secuestrantes de iones metálicos
Radiaciones ionizantes α , β y γ	exclusión de oxígeno
Catalizadores orgánicos de Hierro, (hemoglobina, etc.).	secuestrantes de iones metálicos, (4).

Los ácidos grasos insaturados no son los únicos constituyentes de los alimentos que se oxidan; los compuestos que le imparten olor, color y sabor, al igual que las vitaminas (A, C, D, E y K), también son propensos a la oxidación. El común denominador de todas estas sustancias es la presencia de dobles ligaduras en su estructura química. La oxidación de lípidos insaturados, puede generar una gran variedad de compuestos que van desde sustancias polimerizadas, hasta moléculas volátiles de bajo peso molecular, que producen olores y sabores desagradables en el alimento. Se ha comprobado que los compuestos resultantes de los tratamientos térmico-oxidativos de las grasas, son muy tóxicos para el humano. La intensidad y la forma de oxidación, y los compuestos formados, dependen en gran parte de las condiciones de oxidación, la actividad del agua de los alimentos desempeña un papel importante en la velocidad de oxidación de los ácidos grasos. Los ácidos oléico, linoléico y linolénico son los más afectados por estas reacciones y su velocidad de oxidación aumenta de manera proporcional a su grado de insaturación, (19, 44).

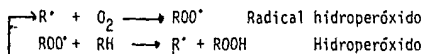
Las Altas temperaturas que son las que conciernen en este caso, aceleran considerablemente la oxidación, especialmente por encima de 60°C, de manera que la velocidad de oxidación, se duplica por cada 15°C de aumento. Debido a que las reacciones de oxidación requieren niveles muy bajos de energía, la reducción de la temperatura no necesariamente las inhibe, (19).

El mecanismo de la reacción de oxidación de grasas, se encontró a partir de sistemas modelo con ácido linoléico en condiciones controladas de oxidación. Se ha comprobado que la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados es el tipo de reacción en cadena, que consiste esencialmente de tres pasos: iniciación, propagación y terminación.

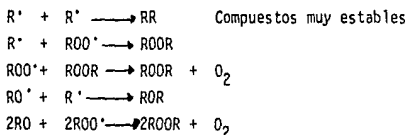
Iniciación:



Propagación:



Terminación:



La reacción de iniciación es catalizada principalmente por la presencia de metales, oxígeno, luz y temperatura. En términos generales, siempre se requiere de algún agente catalizador para este primer paso.

En la reacción de propagación el radical hidroperóxido reacciona con ambos ácidos grasos formando más radicales libres, con lo cual se propaga la reacción. En teoría, bastaría con una sola molécula que inicie la reacción de oxidación, para deteriorar toda la grasa.

El paso final, se efectúa a través de reacciones de condensación, en la que los diferentes radicales interaccionan formando compuestos muy estables; por tanto, terminan cuando ya no existen radicales libres activos.

Los hidroperóxidos formados en la etapa de propagación continúan proveyendo de radicales libres a la reacción, pero también tienen la capacidad de interaccionar con otras moléculas o de intervenir en reacciones secundarias, (de

gradación secundaria), generando nuevas sustancias, (4, 40, 42).

La ruta que siguen los hidroperóxidos, dependerá de la presencia de catalizadores, de la energía radiante y de la temperatura. Las reacciones de descomposición de los hidroperóxidos, producen diferentes compuestos como: peróxidos, aldehídos, cetonas, ácidos, epóxidos, polímeros y cetoglicéridos. Algunos de los cuales son los responsables de las propiedades organolépticas de las grasas oxidadas. Los olores y sabores característicos de los derivados aldehydicos y cetónicos son muy intensos y en muchas ocasiones desagradables.

Además de su descomposición los peróxidos reaccionan con protefnas, pigmentos y otros constituyentes de los alimentos, generando sustancias cuya naturaleza química puede ser dañina para la salud del hombre, (4).

Los efectos que ejercen los hidroperóxidos sobre las proteínas son los siguientes:

- a) pérdida de la actividad enzimática
- b) pérdida de la solubilidad de la proteína debido a la formación de complejos y agregados
- c) ruptura de las cadenas
- d) pérdida de algunos aminoácidos específicos, como cisteína, lisina, histidina y metionina, (4, 40).

Con base a estas consideraciones, se puede concluir que para reducir la oxidación de las grasas insaturadas de los alimentos, se deben llevar a cabo, algunas prácticas como son, su protección contra el oxígeno, la luz y las temperaturas altas, y evitar contaminaciones metálicas. Los empaques al vacío, o en gas inerte, el uso de antioxidantes, al igual que la refrigeración, ayudan a conservar las grasas por períodos de almacenamiento más largos, (19, 44).

ANEXO B.

Se conoce con el nombre de reacción de Maillard, a la que se lleva a cabo entre un grupo aldehído o cetona, proveniente de los azúcares reductores, y grupos amino de aminoácidos o proteínas. Este tipo de reacción de obscurecimiento, es el que sucede con mayor frecuencia, al calentar los alimentos a temperaturas altas, ó cuando se almacenan por períodos muy largos, y va acompañado además por una reducción de la solubilidad de las proteínas, una baja en el valor nutricional y la producción de sabores amargos. Los azúcares reductores que pueden favorecer esta reacción, son pentosas, hexosas, disacáridos, ácidos urónicos y cetonas, aunque la reactividad de cada carbohidrato es muy diferente y varía en cada caso. Las cetonas reaccionan con aminas aromáticas y no producen pigmentos, sin embargo, con aminoácidos efectúan las correspondientes reacciones de obscurecimiento, (40, 42, 44).

La reacción de Maillard se resume a continuación y se efectúa en una secuencia de tres pasos:

Paso inicial: (no hay producción de color).

- Condensación azúcar-amino para formar una glucosamina N-sustituída (reacción reversible).
- Reacción de Amadori: la glucosamina se transforma a una cetosimina o aldosamina.

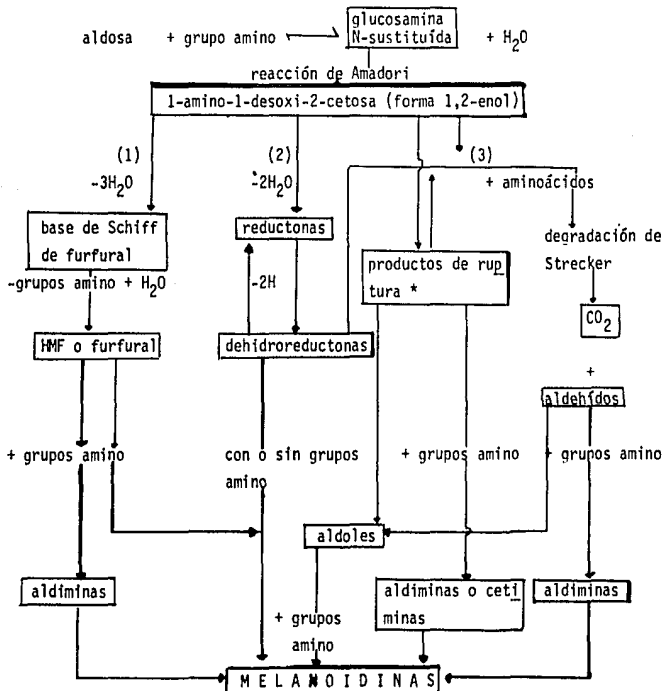
Paso intermedio: (formación de colores amarillos muy líneros y producción de olores desagradables).

- Deshidratación de azúcares; se forman derivados del furfural, reductores o dehidroreductonas, dependiendo del pH y la actividad acuosa del sistema.
- Fragmentación de los azúcares; se forman compuestos α -hidrocarbonilos, glucoaldehídos, gliceraldehídos, pirualdehído, acetol, acetofna, diacétilo, etc.
- Degradación de Strecker; aminoácidos junto con dehidroreductonas de la deshidratación de azúcares y forman aldehídos con un átomo de carbono menos, más CO_2 .

Paso final: (formación de pigmentos, melanoidinas).

- Condensación aldólica de compuestos intermediarios para formar pigmentos insaturados con propiedades fluorescentes.
- Polimerización de aldehídos con aminas que forman las melanoidinas -- pigmentos de color oscuro, (20, 39).

El siguiente diagrama resume todos los posibles mecanismos presentes en las reacciones de oscurecimiento de Maillard:



(1) ácido; (2) alcalino; (3) alta temperatura; * aldehídos y diacétilo (Hidro carbonilos).

Paso inicial: Los azúcares que intervienen en la condensación inicial --- azúcar-amino deben tener un grupo carbonilo libre, es decir, los disacáridos - como la lactosa y la maltosa son capaces de interaccionar, mientras que la sacarosa, como azúcar no reductor no presenta esta reacción a menos que sea hidrolizada previamente a sus correspondientes monosacáridos. Las aldopentosas reaccionan más fácilmente que las aldohexosas y éstas a su vez más que los disacáridos. La reacción de Maillard se favorece a pH ligeramente alcalinos y - por lo tanto los alimentos ácidos no están sujetos a este tipo de oscurecimiento. Es de esperarse que a medida que aumente la temperatura se favorezca la reacción; además la actividad del agua desempeña un papel muy importante - en estas reacciones, ya que los alimentos con bajos valores son más propensos al oscurecimiento, (20, 40).

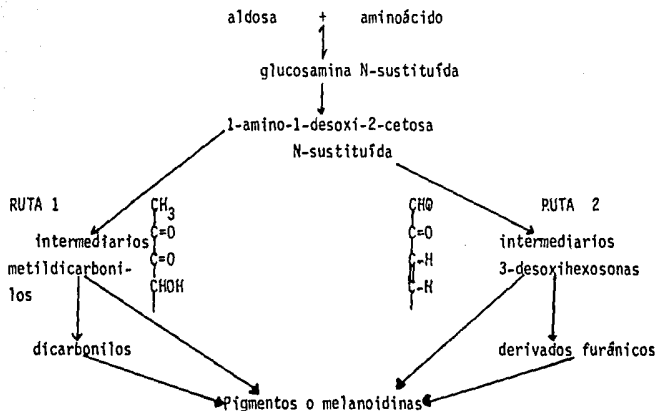
La condensación entre el grupo amino de los aminoácidos o de las proteínas con el grupo carbonilo de azúcares reductores, como la glucosa, forma una base de Schiff que se cicla para dar la correspondiente glucosamina N-sustituída. Este primer paso tiene mucha importancia ya que el grupo amino ϵ de la lisina reacciona fácilmente, lo cual repercute en la disponibilidad biológica de éste aminoácido en las proteínas que intervienen. La lisina es un aminoácido indispensable y se encuentra generalmente en concentraciones bajas en la mayoría de los alimentos; si además de ser escasa, la que existe ha sufrido reacciones de Maillard, el alimento se vuelve verdaderamente pobre en términos nutricionales. La arginina, el triptofano o la histidina son otros aminoácidos que también pueden reaccionar con azúcares reductores a través de mecanismos similares. Con base en esto se puede decir que cada proteína tiene una diferente tendencia a las reacciones de Maillard, que depende de su composición de aminoácidos y de su estructura primaria, (40).

El paso siguiente es la reacción de Amadori, en la cual la glucosamina se isomeriza, pasando de aldosa a cetosa. Se ha comprobado que en este paso se forman diferentes compuestos que dependen de las condiciones de pH y la temperatura de la reacción. La reacción de Amadori produce derivados 1-amino-1-desoxi-2-cetosa que se generan a través de varios pasos reversibles que no imparten ningún color al alimento.

Paso intermedio. El paso intermedio de este mecanismo, implica la eliminación del grupo amino del derivado 1-amino-1-desoxi-2-cetosa a través de las reacciones de deshidratación, ciclización, fragmentación o condensación. Existen tres rutas principales a través de las cuales se puede efectuar esta eliminación: 1) en condiciones ácidas hay deshidratación y ciclización de las hexosas y pentosas que induce a la producción de hidroximetilfurfural y furfural, respectivamente, con la posible regeneración de la amina. Estos dos compuestos cíclicos son incoloros, pero a través de una subsecuente oxidación producen pigmentos amarillos; 2) en condiciones alcalinas, la forma 2-ceto se equilibra con la forma glucosídica del 1,2-enol, que a través de un rearrreglo, se transforma en el 2,3-enol. Este compuesto está sujeto a reacciones de deshidratación y oxidación que hacen que se produzcan reductonas y dehidroreductonas. Estas últimas se combinan con aminoácidos en una reacción que induce la formación de CO_2 , aldehídos, cetonas, a través de un mecanismo conocido con el nombre de degradación de Strecker; 3) la degradación térmica del derivado de Amadori en forma directa, produce compuestos de fragmentación, como aldehídos, cetonas, alcoholes y ácidos de 3 ó 4 átomos de carbono. Estas sustancias son de bajo peso molecular, e influyen en las propiedades de sabor y olor de los alimentos que han sufrido las reacciones de Maillard.

Paso final: Este paso es propiamente la formación de los pigmentos oscuros llamados melanoidinas, cuyo mecanismo no se conoce totalmente, pero implica la polimerización de muchos de los compuestos formados en la segunda fase de la reacción. Los cambios que suceden están directamente influenciados por la presencia de grupos amino, con los cuales puede haber reacciones de copolimerización que inducen a la formación de pigmentos hidrosolubles. La polimerización del furfural y del hidroximetilfurfural con aminas, produce pigmentos cafés insolubles en agua, lo cual se ha comprobado en sistemas modelo. A continuación se muestra dos posibles mecanismos de formación de pigmentos a partir del derivado 1-amino-1-desoxi-2-cetosa. Algunos de los compuestos intermedios de estos mecanismos se han aislado e identificado, como es el caso de la 3-desoxihexosa y del metildicarbonilo. Se supone que los pigmentos son producidos por intermediarios mediante reacciones de polimerización, o bien por reacciones secundarias con derivados nitrogenados, (29, 40, 44).

Diferentes rutas que conducen a la formación de pigmentos oscuros:



La reacción de degradación de Strecker, es muy importante, ya que produce compuestos reductores, que facilitan la formación de pigmentos. por sí sola no genera pigmentos, pero colabora al producir aldehídos que intervienen en reacciones secundarias con grupos nitrogenados. El CO_2 generado en las reacciones de Maillard proviene de la degradación de Strecker, y se ha comprobado que existe una relación directa entre la producción de CO_2 y el oscurecimiento de algunos frutos. Muchos de los olores y sabores generados durante el calentamiento de alimentos, derivan de la degradación de Strecker, y contribuyen a las propiedades organolépticas finales.

Las reacciones de oscurecimiento son fácilmente visibles debido a la acumulación de pigmentos oscuros, y se puede observar en leches condensadas ó deshidratadas, lo cual indica un excesivo tratamiento térmico durante su manufactura, la industria de cereales debe conocer la manera de controlarlas para evitar pérdidas en el valor nutricional de muchos granos. Otra forma de detectar la existencia de reacciones de oscurecimiento, es mediante la presencia de

furfural y de hidroximetilfurfural, o bien por los olores generados que son --
típicos de estos mecanismos de reacción, (29, 44).

Es importante conocer la manera de inhibir el obscurecimiento, la tempera
tura, el pH y la actividad acuosa del alimento, desempeñan un papel muy impor-
tante en el control de las reacciones de obscurecimiento no enzimático, de -
tal forma que se pueden inhibir a temperaturas bajas, y pH ácidos. El uso de
ácidos en ciertos alimentos, como en huevos deshidratados, ayuda a reducir el
obscurecimiento. La actividad acuosa del alimento, es un factor decisivo pa-
ra que se efectúen estas reacciones de deterioro por lo que el control de la
actividad acuosa es de importancia para reducir el obscurecimiento no enzimáti
co. El envasado con gases inertes elimina el oxígeno que se requiere para que
procedan algunas de las reacciones de obscurecimiento. El oxígeno no es nece-
sario para la condensación de carbonilo-amino que dá origen a las reacciones
de Maillard; sin embargo su presencia acelera muchos de los pasos intermedios
y finales de este mecanismo.

La adición de sulfitos inhibe las reacciones de obscurecimiento, debido a
que interaccionan con el grupo carbonilo de los azúcares reductores y del áci-
do ascórbico, minimizando su posibilidad de reaccionar subsecuentemente. La -
adición de la enzima glucosa oxidasa a huevos deshidratados, inhibe igualmente
el obscurecimiento, ya que elimina la glucosa que contienen estos productos,
(29, 40, 44).

INDICE GENERAL .

CAPITULO	PAGINA
INDICE GENERAL	I
LISTA DE CUADROS	III
LISTA DE FIGURAS	VI
II OBJETIVOS	1
III INTRODUCCION	2
IV CONCEPTOS BASICOS DE LOS PROCESAMIENTOS TERMICOS Y SU PRINCIPAL FUNCION	6
IV.1. Cocimiento y horneado	6
IV.2. Escaldado	8
IV.3. Ahumado	9
IV.4. Derretimiento	10
IV.5. Blanqueo y deodorización	11
IV.6. Pasteurización	12
IV.7. Esterilización	12
IV.8. Deshidratación (secado)	13
IV.9. Evaporación (concentración)	15
V ASPECTOS BASICOS EN LA PERDIDA DE NUTRIMENTOS EN EL PROCESAMIENTO TERMICO DE ALIMENTOS	16
V.1. Modelos cinéticos	16
V.2. El efecto del procesamiento térmico en el valor nutricional de un alimento	20
V.3. Efectos biológicos en las grasas por el calentamiento	24

CAPITULO	PAGINA	
VI	OBSCURECIMIENTO NO ENZIMATICO Y SU EFECTO NUTRICIONAL	26
VII	EFECTO DEL PROCESAMIENTO TERMICO SOBRE DIFERENTES TIPOS DE ALIMENTOS	35
	VII.1. Estabilidad de los elementos nutricionales	35
	VII.2. Carne	37
	VII.3. Leche	41
	VII.4. Frutas y vegetales	43
	VII.5 Efectos nutricionales del tratamiento térmico en granos	53
VIII	OTRAS ALTERNATIVAS : PROCESOS NO CONVENCIONALES	60
	VIII.1 Energía solar	60
V	VIII.2. Irradiación y microondas	62
	VII.2.1. Irradiación de alimentos	62
	VII.2.2. Microondas	76
IX	CONCLUSIONES	83
X.	RECOMENDACIONES	85
XI	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	86
A	ANEXO	92
B	ANEXO	96

LISTA DE CUADROS .

Cuadro		Página
I.	Energía de activación para varias propiedades y procesos	16
II.	Efecto de la temperatura sobre varios <u>constituyentes</u>	17
III.	Efecto de la temperatura sobre la retención de tiamina	18
IV.	Configuración del empaque para maximizar la <u>retención</u> nutricional en el enlatado	19
V.	Coefficiente de variación (CV) para nutrimentos seleccionados en frutas y vegetales enlatados	19
VI.	Porcentaje de pérdida de ciertas vitaminas del complejo B, en productos cárnicos enlatados	22
VII.	Porcentaje de contribución aportado por <u>alimentos</u> en el contenido de los diferentes nutrimentos	23
VIII.	<u>Retención de tiamina</u> en carne cocida por <u>microondas</u> y métodos convencionales	24
IX.	Efecto de la oxidación térmica sobre la concentración del ácido linoléico	25
X.	Vida media de lisina y triptofano en leche en polvo y huevo en polvo	34

Cuadro	Página
XI. Estabilidad en los elementos nutricionales	36
XII. Diagrama de flujo de la prueba en muestras de carne	38
XIII. Valores nutricionales de mezclas de beef y piel de cerdo calentadas bajo diferentes condiciones	39
XIV. Valores típicos para la proporción de vitaminas termolábiles en leche. Pérdidas durante el tratamiento térmico	42
XV. Valores de la pérdida de vitaminas a partir de leche UHT, esterilizada durante el almacenamiento en empaques tetrapak	42
XVI. Estabilidad de nutrientes a diferentes efectos	44
XVII. Valores de desperdicio para frutas y vegetales enlatados	45
XVIII. Contenido de ácido ascórbico para pimientos -- blanqueados y sin blanquear, almacenados bajo vacío por 12 meses a -12°C	52
XIX. Contenido total de β -caroteno de diferentes cultivos de pimiento blanqueado y sin blanquear almacenados bajo vacío por doce meses a -12°C	54
XX. Porcentaje promedio en la pérdida vitamínica de frutas y vegetales enlatados	55

Cuadro	Página
XXI. Contenido de tiamina, riboflavina y proteína cruda, para garbanzo de Nigeria natural, seco	56
XXII. Efecto del cocido a presión atmosférica sobre el contenido de tiamina y riboflavina de un garbanzo Nigeriano	57
XXIII. Efecto del tiempo de cocción sobre el contenido de vitamina en Spaghetti producido a partir de dos variedades diferentes de trigo duro, italiano	59
XXIV. Pérdida de β -caroteno durante diferentes tratamientos de secado	61
XXV. Contenido de ácido ascórbico de varias muestras de papaya (variedad solo), comparada con un control fresco y una muestra secada al vacío	61
XXVI. Resumen de especificaciones para productos y procesos en la irradiación de alimentos	72
XXVII. Tangentes de pérdida de varias sustancias	78
XXVIII. Composición aproximada de muestras de dos variedades de camarón tratados por microondas y agua de descongelamiento en la muestra fresca	80
XXIX. Valores medios de TBA de carne de cerdo calentada	81
XXX. Valores de TBA para pasteles horneados	82

LISTA DE FIGURAS.

Figura		Página
1	Reacción de Amadori	26
2	Ruta completa de la reacción de Maillard	27
3	Cambios en la constante de degradación de triptofano y metionina	28
4	Isotermas de la pérdida de peso de la mezcla de metionina-glucosa construídas a partir de derivatogramas	29
5	Vida media de lisina y triptofano en la degradación de proteínas a diferentes humanos	31
6	Formación de furosina y piridosina	32
7	Los contenidos de vitamina B, lisina y -- triptofano, de harina de varias actividades de amilasa, a partir de las cuales se produjo pan bajo las reacciones propias de cada una	33
8	Diagrama general de los cambios ocurridos en la vitamina C, durante el blanqueo	47
9	Tamaño standard de chícharo, sometido al blanqueo	48
10	Chícharo standard con cambios en AA y DHA durante el blanqueo	49

Figura		Página
11	Chícharo por encima del tamaño standard	50
12	Diagrama de flujo para el tratamiento efectuado a cinco variedades de pimiento	51
13	Dosis aproximadas de radiaciones ionizantes para producir efectos determinados	69