

15



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**ENVASE Y EMBALAJE DE ALIMENTOS
MATERIALES DE ENVASE UTILIZADOS EN
HORTALIZAS PRECOCIDAS PARA
MICROONDAS**

**TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERA EN ALIMENTOS
P R E S E N T A
LAURA ANGELICA CISNEROS ROMERO**

**ASESOR:
DR. JOSE LUIS ARJONA ROMAN**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

2001

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Envase y embalaje de alimentos. Materiales de envase utilizados en

hortalizas precocidas para microondas.

que presenta la pasante: Laura Angélica Cisneros Romero

con número de cuenta 9256403-1 para obtener el título de :

Ingeniera en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx a 28 de Junio de 2001.

MODULO

PROFESOR

<u>I</u>	<u>Dr. José Luis Arjona Román</u>
<u>I</u>	<u>M. en C. Ma. de la Luz Zambrano Zaragoza</u>
<u>IV</u>	<u>L.C.G. Hector Miranda Martinelli</u>

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la oportunidad de existir.

A mi mamá, por darme la vida y todo su amor, por ser la mejor madre que Dios me pudo dar, a quien me gustaría tener junto a mí y vivir este momento tan importante.

A mi papá, por sus consejos, por el apoyo, por mantenernos unidos , por vivir por nosotros y por ser en todo momento un ejemplo a seguir.

A mi tía Carmen, por ser mi segunda madre, por preocuparse por nosotros, por procurarnos y principalmente por querernos.

A mis hermanos, Luz, Alicia, Juan y Ana, por los momentos que vivimos juntos, por su comprensión y apoyo.

A mi hijo Alejandro, por ser mi razón de vivir , mi motor para seguir adelante y mi mayor alegría.

A mi asesor de tesis, el Dr. José Luis Arjona por su apoyo y paciencia.

A mis compañeros, profesores y amigos, y a todas las personas que en un momento dado colaboraron para la realización de esta tesis.

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCION

CAPITULO 1: ANTECEDENTES

1

1.1: PRINCIPIOS BASICOS DEL HORNO DE MICROONDAS

1.1.1: FUNCIONAMIENTO DEL HORNO DE MICROONDAS 1

1.1.2: MECANISMOS DE CALENTAMIENTO 3

1.1.3: PROPIEDADES DIELECTRICAS 7

1.1.4: CALENTAMIENTO NO UNIFORME 10

1.1.5: APLICACIONES 11

1.1.6: ENVASES PARA MICROONDAS 14

1.2: HORTALIZAS PRECOCIDAS

1.2.1: DEFINICIÓN 19

1.2.2: PROCESO GENERAL 20

1.2.3: EJEMPLOS DE PROCESOS 31

CAPITULO 2: PLANEACION METODOLOGICA

2.1: DESCRIPCIÓN DEL CUADRO METODOLOGICO 40

CAPITULO 3: IMPORTANCIA DE LA APLICACIÓN TECNOLÓGICA EN MICROONDAS.

3.1: MATERIALES DE ENVASE PARA HORTALIZAS

PRECOCIDAS 42

3.2: APLICACIONES DE MICROONDAS EN HORTALIZAS

PRECOCIDAS 46

3.3: PROPIEDADES Y USOS DE ENVASES PARA MICROONDAS	50
3.4: EQUIPOS PARA CALENTAR	53
3.4.1: DESCRICION DEL EQUIPO DE MICROONDAS	55
3.4.2: TIPOS DE HORNOS	
3.5: PESPECTIVAS EN LA APLICACIÓN DE ENVASES PARA HORNOS DE MICROONDAS	63
CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	68

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	DIAGRAMA DE UN PLANO DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS	1
FIGURA 2	GRADIENTES DE TEMPERATURA EN EL CALENTAMIENTO CONVENCIONAL Y POR MICRO ONDAS EN ALIMENTOS	4
FIGURA 3	DIAGRAMA DE PROCESO GENERAL	21
FIGURA 4	DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCION DE ZANAHORIA CONGELADA	33
FIGURA 5	DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCION DE BROCOLI CONGELADO	35
FIGURA 6	DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA OBTENCION DE PAPAS FRITAS CONGELADAS	36
FIGURA 7	HORNO DE MICROONDAS	57
FIGURA 8	HORNO BATCH Y SUS PARTES	58
FIGURA 9	HORNO CONTINUO CON RADIADORES PARABOLICOS	59

FIGURA 10 HORNO CONTINUO CON CINCO MAGNETRONES 60

FIGURA 11 HORNO CONTINUO CON UN SOLO MAGNETRON 61

FIGURA 12 HORNO CONTINUO CON GUIA ONDAS DE
LABERINTO 62

CAPITULO 1: ANTECEDENTES.

1.1: PRINCIPIOS BÁSICOS.

1.1.1: Funcionamiento del horno de microondas:

Las microondas son una forma de radiación electromagnética que se caracteriza por ondas y frecuencias. Generalmente todos los hornos de microondas utilizados operan a una frecuencia de 2,450 millones de ciclos por segundo (2,450 MHz), en un espacio libre de ondas asociadas con esta frecuencia (el aire es un buen ejemplo).

La energía es repartida en forma de ondas sinusoidales, con componentes ortogonales eléctricos y magnéticos, como se muestra en la figura 1:

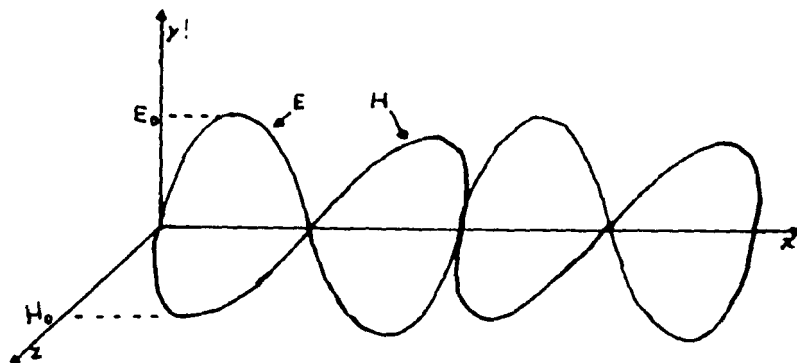


Figura 1: Diagrama de un plano de ondas electromagnéticas. E y H, representan los componentes eléctricos y magnéticos de la onda, respectivamente; E_0 y H_0 son sus respectivas amplitudes. (Robertson, 199

La fuerza del campo eléctrico en volts por unidad de distancia oscila de un estado de tierra a un máximo de voltaje positivo, regresando a cero,

entonces aumenta a un máximo voltaje de polaridad opuesta y regresa a cero. Estos ciclos completos ocurren a 2,450 millones de tiempo por segundo, y el mismo fenómeno es observado en el campo magnético. La relación entre los componentes y cualquier campo magnético esta dada por las ecuaciones de Maxwell, un grupo de cuatro primeras ecuaciones formuladas por el físico escocés James Clark Maxwell alrededor de 1860 (Robertson, 1993)

En el horno de microondas la cavidad del horno es tridimensional y las ondas se dispersan en todas direcciones. Por esta razón, es frecuentemente considerar las variaciones en el campo eléctrico a lo largo de las tres principales direcciones. Las microondas son generadas por un dispositivo conocido como magnetrón. Las ondas son transferidas por medio de una guía de ondas hacia el alimento el cual se coloca en una cavidad u horno. Estas ondas guía son frecuentemente tubos de aluminio con secciones cruzadas rectangulares o circulares a lo largo de las cuales las ondas son reflejadas internamente. Para obtener una buena distribución dentro del campo tiene un ventilador metálico que refleja la radiación aleatoriamente y/o una plataforma giratoria, esta hace que el alimento gire a través de un campo variable. Las paredes metálicas del horno de microondas son cubiertas con un material que refleja totalmente las microondas, por lo que estas no elevan su temperatura (Robertson, 1993)

La interfase entre el alimento y el aire (o entre varios materiales de empaque y el alimento) tienen condiciones límite ya establecidas. En la interfase aire/alimento, existe un cambio en el camino de propagación de las microondas (debido a grandes diferencias de las propiedades dieléctricas entre el alimento y el aire) y estos controlan la velocidad del reflejo (de la superficie del alimento) y de transmisión (pasando dentro del alimento) de las ondas. Cuando una radiación de microondas es reflejada, la incidencia y el reflejo de la irradiación interactúan para formar un patrón permanente. Aunque la irradiación incidente y reflejada están siempre en movimiento continuo, el campo eléctrico patrón actúa como estacionario. Los reflejos múltiples en tres dimensiones que ocurren en el horno de microondas resultan en un número de posibles irradiaciones de patrón tridimensional, cada patrón es referido como un modo. En un horno clásico el campo puede ser descrito en términos de una mezcla de 20 o 30 modos, conduciendo a la descripción de hornos como cavidades multi-modos.

1.1.2: Mecanismos de calentamiento:

El calentamiento por microondas depende de principios fundamentales que deben considerarse en el diseño de producto y empaque. En el calentamiento convencional, los alimentos son puestos en un ambiente de altas temperaturas y absorben calor del horno a un determinado tiempo. En un horno de microondas, los alimentos son colocados en un campo electromagnético a temperatura ambiente y el calor

se genera por los ingredientes del mismo alimento y en algunas ocasiones por el empaque. Los gradientes de temperatura pueden ser observados si el mismo alimento se calienta en un horno convencional y en un microondas, como se muestra en la figura 2:

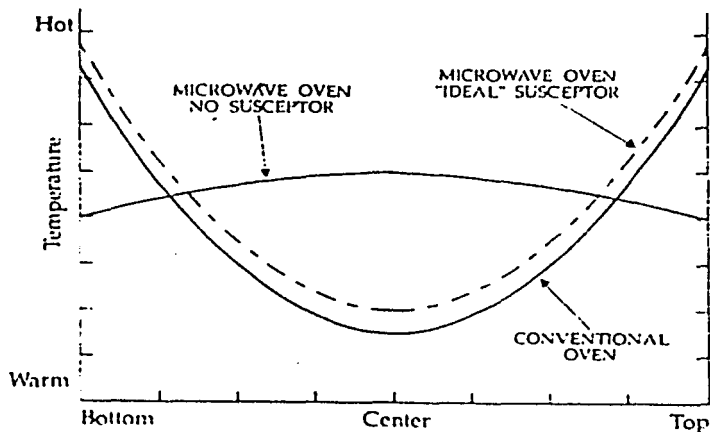


Figura 2: Gradientes de temperatura en el calentamiento convencional y por microondas en alimentos. (Robertson, 1993)

La rápida variación del campo de las microondas es la responsable del calentamiento del alimento en el horno de microondas. Aunque existen también grupos análogos de componentes del campo magnético. En el desarrollo para productos procesados en microondas es importante reconocer que las microondas son una forma de energía y no de calor, y son manifestados solamente como calor por interacciones con un material como resultado de uno o más mecanismos de transporte de energía. Los principales mecanismos de energía que producen calor por microondas son:

son:

Rotación dipolar: Las moléculas polares (el agua es el material mas común) son cargadas, moléculas asimétricas que son orientadas aleatoriamente bajo condiciones normales. En la presencia de un campo eléctrico, las moléculas polares tratan de alinearse con cambios rápidos, alterando el campo eléctrico. La polaridad del campo varía con la velocidad de frecuencia de las microondas. En este campo las moléculas actúan como dipolos miniatura e intentan dirigirse a sus propios polos positivos o negativos, ganando energía potencial. Como el campo cae a cero, esta ganancia de energía es liberada como energía cinética o calor. En otras palabras, la fricción intermolecular que se crea por la oscilación se manifiesta como un efecto de calentamiento.

Polarización iónica: La polarización iónica ocurre cuando los iones, colindan con otros iones, convirtiendo la energía cinética en calor. La solución mas concentrada o mas densa, la mayor frecuencia de colisión libera mas energía cinética. A las frecuencias del microondas ocurren numerosas colisiones, lo que hace que se genere mas calor.

El calentamiento por microondas es también dependiente del estado físico del material, como la temperatura del material aumenta, las moléculas tienden a alinearse mas rápidamente y regresar a su estado aleatorio también mas rápidamente. El agua en estado líquido absorbe la energía del microonda mas eficientemente que en estado sólido, pues en el hielo el movimiento de las moléculas es restringido. Por lo que si existe agua tanto líquida como sólida, en un alimento, el agua líquida absorberá mas

Con el calentamiento convencional el agua se mueve a la superficie del alimento como un resultado de la fuerza conductora debido a que se tiene una superficie seca y un interior húmedo. Este movimiento es principalmente por capilaridad y está limitado por la velocidad de difusión. Con el calentamiento en microondas, la temperatura interior puede ser más alta que en la superficie, causando una presión interna de vapor más alta permitiendo que el agua se dirija hacia la superficie en forma de vapor. Como resultado se tiene una velocidad de movimiento de agua y de evaporación mucho mayor que en un horno convencional.

c) **Materiales dieléctricos:** La constante dieléctrica es una propiedad de los materiales y representa la cantidad de electricidad almacenada a través de un material entre la cantidad almacenada a través de un espacio vacío. Esta es una medida de la rapidez con la que las ondas electromagnéticas pasan a través de un material. La frecuencia de las ondas en el microondas es constante (2450 MHz) a pesar del medio que estén atravesando. Si la velocidad de propagación cambia y la frecuencia permanece igual, la longitud de onda cambiará. La pérdida del factor dieléctrico es una propiedad intrínseca del alimento y es una medida de la habilidad del material para disipar la energía eléctrica, esto indica la eficiencia con la cual la radiación electromagnética es convertida en calor. Entonces, un factor de pérdida grande indica que el alimento será calentado rápidamente. Los materiales con un alto factor de pérdida son llamados materiales perdidos y son convenientes para el calentamiento en microondas. El factor de pérdida se ha encontrado dependiente de la frecuencia, de la radiación y de la

se ha encontrado dependiente de la frecuencia, de la radiación y de la temperatura.

La tangente de pérdida (también conocida como el factor de disipación) es la razón del factor pérdida por la constante dieléctrica y representa la pérdida de energía característica del material. El grado de pérdida de estos dos términos de un material varía irregularmente con la frecuencia, la temperatura y la naturaleza del material. (Robertson, 1993)

1.1.3: PROPIEDADES DIELECTRICAS:

La estructura de la molécula de agua está constituida por un átomo de oxígeno, cargado negativamente, y dos átomos de hidrógeno, cargados positivamente. La molécula adquiere, por tanto, la forma de un dipolo eléctrico. Cuando el alimento se somete a un campo eléctrico oscilante de elevada frecuencia, los dipolos de agua se reorientan con cada cambio de polaridad. El número de dipolos existente y los cambios inducidos por el campo eléctrico, determinan la constante dieléctrica del alimento en cuestión (ver tabla 1). La constante dieléctrica representa la relación existente entre la capacitancia del alimento y la del aire. Las diversas distorsiones y deformaciones de la estructura molecular provocadas por la reorientación de los dipolos, disipan la energía aplicada en forma de calor. El tiempo (unas fracciones de microsegundo) que transcurre hasta que los dipolos reaccionan al campo eléctrico, se denominan tiempo de relajación. Este tiempo depende de la viscosidad del alimento y por tanto, también de la temperatura. Así, por ejemplo, cuando el agua se transforma en hielo, la

constante dieléctrica continua disminuyendo a medida que el hielo se va formando. El hielo, por tanto es mas transparente a la energía de microondas que el agua. Los alimentos congelados cuyo contenido de agua es elevado van absorbiendo mas energía a medida que se van descongelando. (Fellows, 1994)

Tabla 1: Propiedades dieléctricas de algunos alimentos.

ALIMENTO	TEMPERATURA (°C)	FRECUENCIA (MHz)	CONSTANTE DIELECTRICA	FACTOR DE PERDIDA
VACUNO	25	915	62	27
		2.450	61	17
CERDO	25	915	59	26
		2.450	58	16
PAPA	25	915	65	14
		2.450	64	14
ZANAHORIA	25	915	73	20
		2.450	72	15

Fuente: Fellows, 1994.

Cuando el alimento se coloca en la trayectoria de las microondas, parte de la energía electromagnética es absorbida convirtiéndose en calor. La cantidad de energía absorbida se halla determinada por el coeficiente de pérdida del material (denominado pérdida dieléctrica o tangente de pérdida). En los alimentos de elevado contenido en agua, su factor de pérdida es elevado también, por lo que la absorción de energía es muy rápida, por ejemplo, en la tabla 1 se muestra que la carne de vacuno y de cerdo tienen un mayor factor de pérdida que los vegetales como son la papa y la

zanahoria, las cuales tienen un menor contenido de humedad. Como la energía se distribuye en el alimento de forma desigual, la transmisión de

calor se produce en el alimento por conducción. El vidrio, el papel y algunos materiales de envasado constituidos por polímeros, poseen un factor de pérdida bajo (son transparentes a las microondas) y en consecuencia, no se calientan. En cambio los metales reflejan las microondas. (Fellows, 1994)

La profundidad de penetración de las microondas se halla determinada por el factor de pérdida del alimento en cuestión y la longitud de onda o la frecuencia de la radiación:

$$X = \frac{\lambda}{2\pi \epsilon \tan \sigma}$$

En la anterior expresión x representa la profundidad de penetración, λ la longitud de onda en el espacio, ϵ la constante dieléctrica y σ la tangente de pérdida (Fellows, 1994)

Por tanto, con los alimentos de pequeño tamaño, o con un bajo factor de pérdida, utilizando longitudes de onda mas largas (896 MHz y 915 MHz) se obtiene una mayor penetración, por lo que la longitud de las microondas se elige de acuerdo con el objetivo perseguido por la radiación (Fellows, 1994)

1.1.4: CALENTAMIENTO NO UNIFORME

Muchos de los problemas mas serios asociados con los productos calentados por microondas pueden ser atribuidos al calentamiento no uniforme. Por ejemplo, esto es muy común en un platillo congelado calentado en un horno de microondas, primero se calienta y se comienza a cocer en los bordes mientras que en el centro aún está congelado. Si se elige adecuadamente el tiempo de calentamiento para asegurar que la temperatura del centro es aceptable (50°C), el producto en los bordes estará seco y carbonizado. Alternativamente, si el tiempo de calentamiento es reducido el centro del producto estará frío. Debido a la no uniformidad, esto es imposible para lograr un buen resultado de calidad satisfactoria (Robertson, 1993).

Un gran número de factores contribuyen a la no uniformidad en el calentamiento por microondas. Los tres principales son :

- a) Indeseable distribución del campo, la energía de microondas es significativamente mas intensa alrededor de la periferia que en el centro del horno.
- b) La energía se introduce a través de las paredes laterales del contenedor, causando mas calentamiento del alimento cerca de las paredes y poco en la región central
- c) Diferencias en la absorción de la energía de microondas para alimentos congelados y descongelados.

La energía requerida para descongelar los alimentos puede ser determinada usando técnicas de calorímetro diferencial de barrido (DSC) (Robertson, 1993)

Se contemplan tres aproximaciones para eliminar o minimizar los efectos del calentamiento no uniforme:

- a) Formulación del alimento, donde por el cuidado de la selección de los ingredientes y combinaciones de alimentos.
- b) Procedimientos del calentamiento donde influye el uso de tiempos fijos, , ya que muchas veces, debido a la baja conductividad térmica de muchos alimentos y el poco tiempo involucrado, no existe una buena transferencia de calor.
- c) Sistemas de empaque activos que interactúan y modifican las distribuciones del campo de las microondas por aumento simultáneo de la intensidad del campo al centro del alimento y reduciendo la intensidad del campo en los bordes (Robertson, 1993)

1.1.5: APLICACIONES:

El uso del calentamiento por microondas va en aumento, pues inicialmente, se utilizaba en restaurantes y hoteles, debido al interés que despertó entre los consumidores se comercializó para uso doméstico e industrial, actualmente se aplica en actividades como:

Deshielado: Muchos alimentos antes de ser procesados son congelados y almacenados por varios días. Cuando estos son deshielados, comúnmente se presentan problemas de contaminación al utilizar técnicas convencionales para acelerar el deshielo mediante el calentamiento por convección de aire o con agua; con el calentamiento por microondas este tipo de contaminación se evita, pues este se combina con el calentamiento convencional para evitar el calentamiento incontrolable que se tendría con el uso de microondas únicamente. Esta práctica se utiliza en pescado y carne (Sánchez, 1985)

Cocinado: El cocinado industrial de alimentos representa un mercado muy amplio y de rápido crecimiento, por lo que se han desarrollado nuevos procesos de cocinado continuo para mejorar rendimiento, calidad y economía. Actualmente se conocen varias plantas para el cocinado rápido de piezas de pollo en un proceso de microondas-vapor. La combinación con una fuente convencional de calentamiento como es vapor, aire y calentamiento infrarrojo, resulta muy adecuada pues se mantiene la pérdida en peso en límites aceptables y previene el gasto de energía por evaporación de agua (Sánchez, 1985)

Escaldado El escaldado de los alimentos se lleva a cabo para los siguientes fines, inactivar las enzimas que deterioran la calidad del alimento en el almacenamiento, remover el aire y ablandar el tejido de algunos vegetales

conservados en latas, los vegetales con los que se han hecho experimentos son con papas y elotes (Sánchez, 1985)

Pasteurización: La principal función de la pasteurización es la de destruir microorganismos vegetativos y esporas sensibles al calor. Se han reportado experimentos con microondas a gran escala, sobre la pasteurización de rebanadas de pan y pasteles. Este calentamiento se efectúa después del empacado por 2 o 3 minutos hasta una temperatura de 65 y 70°C; sin embargo se tienen mas bajos costos con la pasteurización convencional.

Esterilización: En la esterilización de alimentos por calor , el tratamiento debe ser suficiente para matar todas la materias patógenas con un margen muy alto de seguridad, el tiempo de tratamiento puede ser considerablemente reducido mediante el procesamiento por microondas, sin ningún peligro a la salud o calidad de los alimentos proporcionando, además, mejorías en cuanto a su sabor. Las técnicas convencionales de esterilización resultan inadecuadas para alimentos gruesos y esto representa una definitiva aplicación para el calentamiento por microondas (Sánchez, 1985)

Horneado: Las ventajas de esta operación en microondas es la reducción del tiempo de horneado, la reducción del espacio ocupado por el equipo de

microondas y el aumento de volumen del alimento tratado. Este procesado ha sido aplicado principalmente a pan (Sánchez, 1985)

1.1.6: ENVASES PARA MICROONDAS

Un envase para microondas es aquel que puede ser utilizado para cocinar o calentar un producto en un horno de microondas, teniendo la capacidad de alterar el patrón o forma de calentar el producto, ya que la conductividad térmica del envase puede afectar (acelerar, facilitar, obstruir) el calentamiento entre el alimento y la temperatura del horno. El envase puede liberar o mantener el vapor de agua dentro del mismo y por consiguiente mejorar el cocimiento del producto debido a las condiciones controladas a presión y temperatura.

Se dice que los envases para microondas pueden ser de dos tipos: transparentes y activos, en el primer caso no significa que el envase tenga una apariencia física transparente sino que en el momento de calentar el producto, el envase permite el paso de las ondas libremente sin afectación, mientras que los envases de tipo activo modifican las ondas mediante el uso de reflectores, sistemas para dirigir las ondas y a través de modificadores de onda (susceptors), por lo que el tamaño, la forma, localización y composición del envase activo para microondas puede alterar el medio dentro del envase y en el horno mismo. Por lo que el envase debe diseñarse considerando no sólo los aspectos de comportamiento térmico durante el calentamiento, lo

cual generalmente debe considerar temperaturas de congelación y por supuesto que el envase conserve la vida útil del producto. evitando la pérdida de humedad, oxidación, rancidez, cambios de color, pérdidas de sabores volátiles, nutrientes, reducción de contaminación microbiológica y reacciones enzimáticas. Es decir estos envases deben tener todas las características de un envase convencional y además debe ser capaz de comportarse adecuadamente en el proceso del calentamiento por microondas. (Rodríguez, 2001)

El material de envase es muy importante, ya que de este depende la eficiencia del calentamiento, pues debe tener la capacidad de alterar el patrón o la forma de calentar el producto, ya que la conductividad térmica puede afectar (acelerar, facilitar, obstruir) el calentamiento entre el alimento y la temperatura del horno. El envase puede liberar o mantener el vapor de agua dentro del mismo y por consiguiente mejorar el cocimiento del producto controlando las condiciones de temperatura y presión (Rodríguez, 2001). Los tipos de materiales de empaque que reaccionan de las tres formas anteriores se describen a continuación:

Materiales transparentes: En este tipo de empaques, las microondas penetran el material transparente y son absorbidas por el producto. Todos los polímeros utilizados actualmente para envases de alimentos, como productos de papel y vidrio, son transparentes para las microondas. Los

productos de papel contienen agua y los iones se mueven en su estructura generando calor, sin embargo, la velocidad es lenta e insignificante.

Materiales absorbentes: Los materiales de empaque que absorben la energía y la re-emiten como calor son comúnmente llamados suceptores son también referidos como elementos receptores, absorbentes o calentadores. Estos se han utilizado comercialmente desde 1975 y son utilizados para alcanzar efectos localizados como dorado y obscurecimiento.

Se sugiere que los suceptores se dividan en tres clases: cubiertas orgánicas, quemiceptores y cubiertas conductoras.

Cubiertas orgánicas: Estas consisten de una sustancia en polvo o en escamas (parecido a un pigmento) mezclado con una cubierta (por ejemplo, una escama de cobre en una base orgánica) y cubierta con un sustrato. Aunque los suceptores son referidos en la literatura como cubiertas conductoras, es la resistencia entre las partículas metálicas y sus puntos de contacto que resultan en la generación de calor. Cuando los suceptores se encuentran en un campo magnético, una corriente fluye a través de la cubierta metálica. Siempre que la resistividad de la superficie es propia, el calentamiento ocurre muy rápido por la conversión de la energía de microondas en calor sensible, de acuerdo a la ecuación:

$$P = I^2 R$$

Donde:

P = es el poder generado en watts

I = es la corriente en amperes

R = es la resistividad de la superficie.

La resistividad de la superficie de un material es la proporción del gradiente potencial paralelo a la corriente a lo largo de la superficie a la corriente por unidad de superficie y es numéricamente igual a la resistencia de la superficie entre dos electrodos formando lados opuestos de un cuadrado.

Las cubiertas ferromagnéticas se utilizan para aumentar la interacción de la incidencia de la energía magnética en el horno de microondas. Una propiedad interesante de los materiales ferromagnéticos es la dependencia de la temperatura de su naturaleza ferromagnética. Como la temperatura del material ferromagnético aumenta, se ha encontrado un punto donde su estado magnético cambia a paramagnético.

Quemiceptores: Un quemiceptor es esencialmente una solución de sal, la sal se disocia en el agua y la solución se vuelve semi-conductora convirtiendo el calor en un campo de microondas. El agua es retirada como un resultado del calentamiento, y el quemiceptor detiene el calentamiento cuando el agua suficiente ha sido retirada.

Cubiertas inorgánicas: Para producir una película suceptora, las partículas de un metal tales como aluminio son aplicadas en una densidad particular a una resistencia de superficie tal como una película de poliéster. Se utilizan dos técnicas : evaporación térmica y "sputtering"

Los principios básicos de la destitución de la película por evaporación térmica es que aumenta la temperatura del material y también aumenta su equilibrio de presión de vapor. Cuando esta presión de vapor es significativamente mas alta que la presión residual en la cámara de destitución, un flujo de átomos o partículas de un material será proyectado en todas las direcciones a partir de la fuente de evaporación. El proceso se lleva a cabo en una cámara de vacío y el medio mas común para calentar el material es por el paso de una corriente

Sputtering es el proceso de sustituir un material sólido por bombardeo de partículas pequeñas (usualmente iones) que han sido acelerados hacia el material sólido por un alto voltaje. El impulso del impacto de los iones es transferido a los átomos de la superficie del material sólido desalojándolos y expulsándolos a altas velocidades. Los átomos expulsados son depositados sobre un sustrato en una película que tiene una composición idéntica a la del material sólido inicial. (Robertson, 1993)

1.2: HORTALIZAS PRECOCIDAS (hortalizas mínimamente procesadas)

1.2.1:Definición:

Ha habido un gran número de artículos que han definido el procesado mínimo. Por ejemplo: Rolle y Chrism sugieren que el procesado mínimo incluya todas las operaciones (lavado, clasificación, selección, cortado en rodajas, etc..) que puedan hacerse antes del escaldado en una línea de procesado convencional, considerando a todos estos productos como tejidos vivos. Un enfoque ligeramente diferente ha sido considerado por Huxsoll y Bolin que opinan que el producto mínimamente procesado es fresco y las células de los tejidos están vivas pero no se exige que cumplan estas características.

Generalmente se supone que las frutas y hortalizas mínimamente procesadas son productos que contienen tejidos vivos o que han sido sólo modificados ligeramente de su estado fresco, siendo en su naturaleza y calidad semejante a los frescos. Los tejidos de estos productos exhiben las mismas respuestas fisiológicas de los tejidos vivos intactos de los productos vegetales sin tratar. Así el troceado, la abrasión o el calentamiento mínimo de estos tejidos pueden originar respuestas ampliamente diferentes en distintas situaciones ambientales y de empaquetado. Las frutas y hortalizas

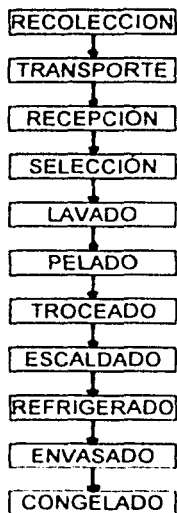
mínimamente procesadas las definiremos como las preparadas mediante una única o varias operaciones unitarias tales como pelado, cortado en rodajas, fragmentación, obtención de zumo, etc.. asociada a un parcial tratamiento de conservación que puede incluir el uso de calentamiento mínimo, un conservador o radiación. La preparación inicial y los tratamiento de conservación se continúan normalmente con alguna forma de atmósfera controlada/modificada, envasado a vacío y el sometimiento a temperaturas reducidas, por encima del punto de congelación, durante el almacenamiento, distribución, comercialización y preparación justo antes del consumo. En consecuencia , estos productos, tanto por seguridad como para una mejor retención de la calidad sensorial y nutritiva, deben distribuirse conservando la cadena del frío (Wiley,1997)

1.2.2: Proceso

Operaciones unitarias iniciales de las hortalizas mínimamente procesadas:

La recolección, manipulación, procesado, preparación y distribución industrial de las hortalizas requieren un buen número de fases que son en principio de naturaleza física aunque sus efectos pueden contribuir a cambios biológicos , químicos y físicos de los productos. Para cambiar o separar los productos hortofrutícolas a los distintos alimentos mínimamente procesados se requieren muchos tratamiento individuales.

Figura 3: Diagrama de proceso general.



Operaciones de manipulación Aquí se incluyen todos los movimientos desde el campo hasta las vitrinas de exposición al por menor, lo que implica el transporte y el almacenamiento de los productos. En sistemas de manipulación de muchas materias primas se utilizan flujo hidráulico, métodos de flotación con aire o neumático, cintas transportadoras y carretillas elevadoras. Para el diseño de los procesos y equipos es esencial conocer

las características de los productos tales como forma , tamaño, densidad y dureza. Una forma de preservar la calidad de los productos es efectuar una manipulación rápida así como preenfriar la materia prima sin lesionarla. La materia prima no debe transferirse en ningún momento de sus contenedores a otros ya que se incrementaría la posibilidad de dañarla.

Recolección: Las operaciones de recolección y manipulación de las hortalizas son muy variables y altamente dependientes del producto de que se trate. Así la falta de uniformidad en la maduración puede hacer difícil la recolección de toda la producción a la vez, pero en cambio es mas manejable. La recolección en el momento adecuado de la madurez es una operación extremadamente exacta. La delicada naturaleza de muchas hortalizas requieren de una manipulación cuidadosa, de ahí que muchos productos se recolecten a mano, sin embargo, la recolección mecánica puede mejorar la calidad respecto a la realizada manualmente ya que reduce el tiempo de permanencia en los campos, ya que es mas rápida.

Transporte: Es obvio que las hortalizas mínimamente procesadas percederas deben manipularse durante el transporte lo mas rápidamente posible y de forma cuidadosa. La elección del transporte en forma envasada o a granel depende del producto y de los requerimientos comerciales y económicos. En el envasado a granel de hortalizas con hojas y tallos la

aplicación de hielo fundente hace descender la temperatura mientras que mantiene una humedad relativa alta durante el transporte. En el transporte de hortalizas debe utilizarse contenedores que eviten cualquier daño mecánico de los productos entre si o por contactos productos-contenedor, por commiento de la carga, shock, sobrepeso y vibraciones.

Recepción: En el momento de la recepción de los productos se interrumpe la cadena del frío, en consecuencia debe tenerse al máximo el cuidado de que no se pierda la calidad que se ha mantenido durante las operaciones de recolección y transporte. Durante la recepción los productos deben separarse convenientemente para conseguir una correcta clasificación. Durante la recepción es deseable que la evaluación de la calidad de los productos frescos se realice rápidamente y con procesos no destructivos. En esa evaluación se incluyen aspectos sobre la seguridad de los productos tales como los residuos de pesticidas, elevadas cargas microbianas, metales tóxicos, compuestos indeseables naturalmente presentes y reguladoras del crecimiento en plantas.

Selección, calibración y categorización: Esta operación sirve para dar uniformidad y estandarizar a los productos acabados en el momento de la compra-venta. Los factores mas importante a tomar en cuenta para clasificar son tamaño, forma, color, firmeza, friabilidad, magulladuras, superficies

cortadas, composición química, alteración y solidez. La selección y categorización son las últimas etapas antes del procesado. En la selección y categorización de hortalizas se utilizan dispositivos y aparatos que facilitan y mecanizan las operaciones de clasificación. Para ello se utilizan seleccionadoras de cinta plana, de tambores, de rodillos, vibratorias y de cinta y rodillo. En ocasiones se realiza la clasificación manualmente por personas entrenadas que son capaces de comprobar diversos factores simultáneamente.

Limpieza, lavado y desinfección: En la mayoría de las hortalizas la limpieza y el lavado pueden ser los únicos tratamientos de conservación. La limpieza se refiere a la eliminación de los materiales extraños. Como una operación unitaria en la primera etapa del procesado, la limpieza es una forma de separación relacionada con la eliminación de ramitas, estacas, suciedad, arena, tierra, insectos, pesticidas y residuos de fertilizantes de las mismas hortalizas así como procedentes de los equipos y contenedores

En una línea de procesado de hortalizas, la operación de lavado se hace generalmente en una cámara aislada con restricción de entradas, de forma que el contacto humano con los productos esté limitado. En este momento el producto se convierte en listo para consumir y también para ser conservado. Para este fin el producto se lava mediante cloración de hasta 200 ppm, quedándose libre de la mayoría de los microorganismos. El producto se sumerge en un baño en donde se mantiene burbujeándole

aire a través de una boquilla. Esta turbulencia permite la eliminación de prácticamente todas las trazas de tierra y sustancias extrañas sin producir magulladura del producto. La adición de cloro al agua de lavado previene el crecimiento microbiano. El cloro es el único producto que se permite en el lavado, el cloro se elimina del producto como una etapa final.

Pelado: La eliminación de la capa mas externa de una hortaliza se denomina pelado, raspado, despellejado, descortezado, descascarillado, etc... El pelado puede hacerse manual, con vapor o agua caliente, con lejía o álcalis, mediante pelado caústico seco por calentamiento de infrarrojos, con llama, por medios mecánicos, con vapor a presión elevada, por congelación y con ácidos. La operación industrial del pelado a grandes volúmenes de productos puede llevarse a cabo mecánicamente, químicamente o en peladoras de vapor a presión elevada. Los tubérculos tales como papa, remolacha, zanahorias, nabos y cebollas pueden pelarse por medios mecánicos o con lejía.

Reducción de tamaño: La reducción de tamaño se refiere a los procedimientos que cortan o trocean las hortalizas en trozos mas pequeños y uniformes dándoles un tamaño y forma definida. Esta operación puede ser una etapa esencial para mejorar el sabor, digestibilidad, facilidad de manipulación y transferencia de calor en los productos. El corte de los tejidos acelera la respiración, provoca daños mecánicos y ablanda el tejido vegetal. Los tejidos cortados constituyen barreras menos eficaces a la difusión de

los gases y toleran concentraciones mas elevadas de oxígeno y niveles inferiores de bióxido de carbono que los productos intactos. Es por eso que los productos troceados deben enfriarse a 4°C inmediatamente después del cortado.

Escaldado: Las alteraciones debido a las enzimas se desarrollan en la mayoría de las hortalizas, si no están escaldadas, incluso cuando son almacenadas a -18°C, convirtiéndolas en impropias para su comercialización. El escaldado destruye con el calor los sistemas enzimáticos presentes en las hortalizas. Se utiliza sumergiendo la hortaliza en agua caliente, generalmente a 98°C aproximadamente, o exponiéndola al vapor de agua a 100°C, la duración del escaldado en breve (de 1 a 10 minutos).

La temperatura se aplica mas o menos entre 85 y 100°C; la inactivación enzimática se alcanza en un tiempo que está mas o menos ligado exponencialmente a la temperatura del agua, pero la sensibilidad al calor varía mucho de un sistema enzimático a otro y, para un determinado sistema, de una hortaliza a otra, incluso dentro de una misma especie vegetal. La duración del calentamiento no depende únicamente de la temperatura sino también de la naturaleza del producto, del sistema enzimático a inactivar, de la estructura, de las dimensiones y de la madurez del producto, esta duración esta ligada también al medio de transferencia térmica, por otra parte, en idénticas condiciones, el escaldado por vapor

de agua exige un tiempo del 30 al 50% mas largo que por agua caliente.

Ventajas y desventajas del escaldado: Además de la destrucción de los sistemas enzimáticos, el escaldado presenta otras ventajas, destruye las formas vegetativas de los microorganismos, al menos en la superficie; ayuda a evacuar el aire de los tejidos, aviva el color, reduce el aroma no deseable

de algunas hortalizas (el amargor de coles, coliflores y coles de bruselas), facilita el relleno de los paquetes. Por el contrario, el escaldado presenta graves inconvenientes, puede provocar modificaciones irreversibles en la estructura y produce un ablandamiento en el producto, si el escaldado es prolongado puede dar lugar a un gusto cocido de los productos frescos. El escaldado degrada las sustancias termolábiles (vitaminas, pigmentos, etc...) y combinado con el lavado posterior puede acarrear una pérdida de nutrientes solubles (materiales minerales, azúcares, proteínas, etc...). Finalmente el escaldado consume energía y es la principal razón del tratamiento de aguas.

Métodos de escaldado: En el curso de estos últimos años, se han concebido diversos procedimientos para disminuir la carga del contaminante de las aguas usadas, y al mismo tiempo, reducir la pérdida de nutrientes solubles en hortalizas; la mayor parte de ellos pretenden reducir a la vez las pérdidas por lavado, utilizando el escaldado por vapor de agua y evitar los efectos corrientes en el material tradicional, esta concepción permite reducir considerablemente la contaminación de los efluentes, particularmente, se

enfriamiento el producto por aire o aspersión de agua refrigerada, por el contrario el producto toma poco agua, por lo tanto, poco peso, lo que es una desventaja comercial. Algunos sistemas reciclan el agua del escaldado empleando vapor para calentar el agua; ofrecen la doble ventaja de una contaminación menor y de un consumo de energía disminuido, pero no permiten una limpieza tan buena del producto, ni mantenerlo en buenas condiciones higiénicas. Los métodos de escaldado en seco, que utilizan una energía radiante (por microondas, dieléctrica o por infrarrojos) se encuentran todavía en fase experimental de laboratorio

Enfriamiento: Es indispensable refrigerar rápidamente las hortalizas inmediatamente después de escaldadas, lo que se efectúa habitualmente por inmersión en una corriente de agua, y más raramente por aire forzado o por aspersión de agua refrigerada. El enfriamiento por agua corriente ocupa un equipo barato y fácil de instalar, asegura además el transporte del producto del escaldador a la etapa siguiente. por el contrario requiere de grandes volúmenes de agua y elimina la cantidad importante de compuestos solubles del producto. El enfriamiento por aire es mucho menos contaminante y ha sido aplicado con éxito, pero este tipo de procedimiento no permite recuperar mucho agua al producto, consideración comercial que limita su empleo

Envasado: El envasado comercial se hace antes o después de la congelación, en el segundo caso los productos congelados individualmente se envasan en recipientes del material y diseño que se haya elegido para el producto, tomando en cuenta que se va a congelar y posteriormente a someter en un calentamiento por microondas.

El envase debe proteger al producto de la deshidratación durante la congelación, ya que esto induce para que se lleve a cabo una alteración conocida como quemadura por frío confiriéndole al producto un aspecto manchado desagradable. El polietileno es la mejor barrera frente a la pérdida de humedad de los materiales que pueden obtenerse con facilidad para el envasado.

La protección frente al oxígeno es una ventaja, particularmente para los productos que tienen un sabor delicado (espárragos, espinacas, perejil), aunque la velocidad de oxidación a las temperaturas sumamente bajas encontradas durante la congelación y posterior almacenamiento son suficientemente lentas para asegurar que la transmisión del oxígeno no es un problema importante en la mayoría de los productos.

La exposición a la luz puede acelerar la destrucción de la clorofila en las hortalizas y el empleo de películas con pigmentos blancos u otros medios para crear opacidad mejora la vida útil de tales hortalizas.

Congelación: Se efectúa inmediatamente después del escaldado. En la práctica comercial muchas hortalizas de pequeñas dimensiones son

ultracongeladas individualmente en algunos minutos. Para muchas hortalizas la calidad final no se preserva mejor por una congelación rápida, pero una congelación lenta es nociva para el color. La mayor parte de las hortalizas son quebradizas a bajas temperaturas y deben manipularse con cuidado.

Almacenamiento: La temperatura de -18°C es considerada generalmente como límite superior para conservar la mayor parte de las hortalizas de una

estación del año a otra, en general, pueden conservarse en estado congelado mas de un año, bajo la reserva que el material de envase proteja convenientemente contra la migración de humedad y que las fluctuaciones de temperatura de la cámara sean débiles.

Comercialización: La mayoría de estos productos se comercializan en tiendas de autoservicios, ya que ahorran al consumidor el tiempo de cocción de la hortaliza, así como la selección, el pelado, el troceado, y éstas tienen una vida útil mas larga que las hortalizas en fresco, por el tratamiento al que previamente se somete. También en los comedores industriales, hoteles, restaurantes, entre otros, se consumen, pues se manejan grandes cantidades que si se ocuparan hortalizas en fresco se tendría que buscar un área de almacenamiento mayor, utensilios de cocción de grandes capacidades y un tiempo muy largo para llevar a cabo la cocción (Wiley, 1997).

1.2.3: Ejemplos del procesamiento de algunas hortalizas:

ZANAHORIAS: En muchos países se congelan zanahorias en muy grandes cantidades, principalmente en rebanadas o en cubitos como producto independiente o como componente de mezclas o verduras.

El proceso de preparación comprende las siguientes fases:

- Descabezado de las zanahorias y limpieza en seco de las mismas en el campo.
- Lavado de la materia prima (máquinas lavadoras de rejillas o de tambor).
- Pelado, para lo cual se dispone de diversos procedimientos industriales. Junto con los métodos mecánicos tradicionales (pelado en un tambor de marcha lenta), se utilizan cada vez mas procedimientos químicos (aplicación de una solución acuosa de lejía sódica) y térmicos (vapor a la presión de 0.5-0.7 Mpa durante 2 – 3 minutos). Los sistemas químicos y térmicos requieren concluir la limpieza y el pelado en máquinas de tambor que disponen de baño de agua con ducha a presión. El pelado alcalino exige aplicar adicionalmente un baño de neutralización
- Troceado mecánico (corte en rodajas o en cubitos), con fragmentado en tamaños distintos, dependiendo del fin a que se destinen las

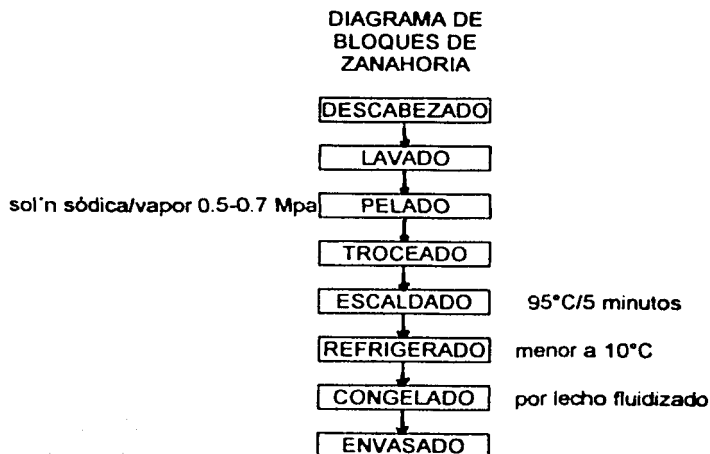
zanahorias y de las preferencias del mercado. Las zanahorias troceadas se mantendrán en agua hasta su escaldado. Muchas veces se realiza después del picado un calibrado adicional.

- Escaldado, determinándose los parámetros óptimos para un determinado grado de picado mediante una prueba de la peroxidasa. Por lo general, el escaldado dura unos minutos a 95°C. Tras el escaldado, la materia prima se refrigerará con la mayor rapidez a una temperatura menor de 10°C.
- Congelar, utilizándose a tal fin cuando se trate de zanahorias cortadas a granel el método de lecho fluidizado. El tiempo de congelación de este procedimiento es de 10-15 minutos
- Envasado, utilizando diversos tipos de recipientes según la finalidad del empleo. Por lo general se utilizan zanahorias como semiproductos para ulterior tratamiento. Para el envasado se emplean entonces cajas grandes de cartón onduladas forradas de polietileno. El envasado de recipientes al por menor, por lo general en mezcla con otros componentes, se realiza según la temporada

Cada vez con mayor frecuencia se congelan otros bulbos o tubérculos, sobre todo apios, puerros y colinabos. Se utilizan bien como mejoradores del sabor o como componentes de mezclas de verduras congeladas. Los procedimientos de elaboración son muy semejantes en estas especies vegetales al método de producción de zanahorias congeladas. Los métodos de escaldado se fijan experimentalmente de acuerdo con la

actividad enzimática de la materia prima, del grado de troceado, del método de tratamiento y de la finalidad del empleo del producto congelado. El tiempo de escaldado es de 3-8 minutos. Al escaldar con agua se agregan sustancias que se oponen a la modificación del color del producto por oxidación (por lo general, ácido cítrico). (Gruda,)

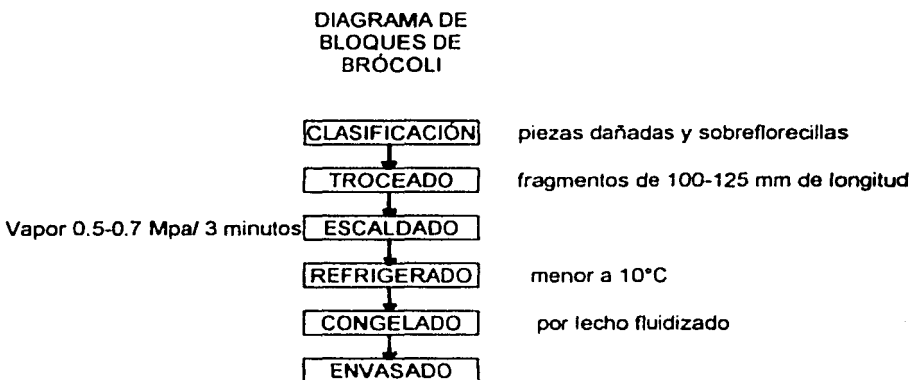
Figura 4: Diagrama de proceso para la obtención de zanahoria precocida congelada.



BRÓCOLI: Para la congelación sirven las clases con intenso color verde y también de ligero color violeta. Es importante el correcto grado de madurez de la materia prima y su preparación. En las condiciones climáticas europeas (Polonia), septiembre es el tiempo óptimo para la recolección y tratamiento de la mayor parte de la variedades de esta verdura.

Los brócolis se recolectan a mano y se entregan a la fábrica lo antes posible (es un producto muy sensible a los cambios normales de temperatura). La línea de procesado comienza con una cinta clasificadora, donde corre a cargo de mujeres la separación de las piezas dañadas o sobrecrecidas. Los brotes laterales se cortan y se destinan en la preparación de brócolis picados. Los tallos principales seleccionados se colocan atravesados sobre la cinta transportadora para ser cortados por una cuchilla en fragmentos de 100-125 mm de longitud. Luego se escaldan en agua durante 2 a 3 minutos, o bien 3-4 minutos en vapor. No hay ninguna preferencia por cualquiera de los dos procedimientos, ya que el brócoli no cambia de color. Una vez escaldado, el productos se refrigera con agua, se congela en lecho fluidizado y se almacena a granel en bandejas-contenedores forradas con PE. El envasado se hace a mano en bolsas PE o en recipientes pequeños de cartón

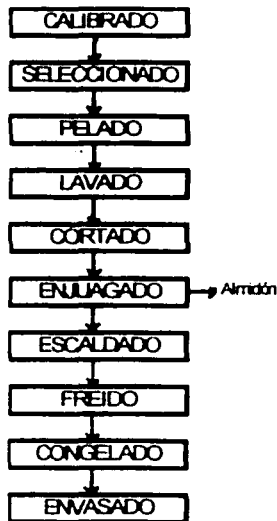
Figura 5: Diagrama de proceso para la obtención de brócoli precocido congelado.



PAPAS FRITAS: Una de las presentaciones de las papas congeladas son las papas fritas. Se fabrican de tres formas, que son precisamente papas fritas del todo, semifritas y sin freír (escaldadas) Las diferencias estriban en el grado de preparación antes de la congelación del plato dispuesto para la mesa. (Gruda)

La producción de papas fritas comprende las etapas señaladas en el diagrama de bloques mostrado a continuación:

Figura 6: Diagrama de bloques para la obtención de papas fritas congeladas



En la actualidad se practican tres procedimientos en el pelado industrial de papas:

1. Pelado mecánico. Las piezas a pelar se impulsan contra superficies ásperas o provistas de cuchillas, que rebajan las zonas de contacto de las papas

2. Pelado al vapor. Los tejidos situados por debajo de la cáscara se reblandecen con un tratamiento térmico con vapor (desnaturalización de las paredes celulares, gelificación del almidón); disminuyendo a continuación bruscamente la presión circundante, se desprende la cáscara al distenderse los tejidos reblandecidos, pudiendo entonces efectuarse el pelado definitivo con ayuda de cepillos.
3. Pelado alcalino. Los tejidos situados por debajo de la cáscara se reblandecen en este procedimiento tratando las papas con una solución de lejía generalmente caliente (escisión hidrolítica de las paredes celulares y de las sustancias del interior de las células), que desprende la cáscara y permite su posterior retirada mediante cepillado.

Las papas peladas y limpias se cortan , dependiendo la forma y grado de picado de la finalidad del empleo (para la fabricación de papas fritas, se cortan tiras de unos 10mm de espesor y rodajas de 10-17 mm de grosor). Luego se lavan durante 2-3 minutos con agua fría en máquinas lavadoras rotatorias, con objeto de eliminar el almidón y excluir los trozos de papa demasiado pequeños. La siguiente operación consiste en eliminar el agua absorbida a la superficie (por lo general se utilizan a tal fin rodillos especiales revestidos de gomaespuma, tamices vibratorios o bien, ventilación forzada)

El escaldado de las papas con agua antes de su tratamiento térmico abrevia el tiempo de freidura, reduce la adsorción de grasa, mejora la consistencia y la homogeneidad de la coloración del artículo terminado. Los parámetros del escaldado deben fijarse siempre de acuerdo con las

propiedades de las papas partidas a tratar. Por lo general, el tiempo de escaldado es de 6-8 minutos a temperaturas de 90-95°C. El escaldado en solución de sal común o la inmersión de las papas en una solución de esta clase antes de freír no están indicados, debido a la ligera coloración gris que adquieren las papas fritas una vez congeladas. La materia prima destinada al tratamiento térmico debe estar lo mas limpia posible de agua absorbida. Cuanto mas bajo es el contenido de humedad, mas corto es el proceso de freidura, menor es la cantidad de grasa que toma la papa y desaparece el peligro de que sufra desdoblamiento hidrolítico.

Durante la freidura de las papas se pueden distinguir dos etapas en la cesión de agua por el producto. En la primera etapa se evapora agua libre, sobre todo de la superficie y de los macro y microcapilares a velocidad constante. En la segunda etapa se desplaza la zona de evaporación al interior del producto, disminuyendo la velocidad. Esto es resultado de que a temperaturas menores de 160°C se produce una capa exterior deshidratada y saturada de grasa. Esta capa opone gran resistencia a la penetración de calor en el producto.

El tiempo de freido depende de la clase del producto, de su tamaño, de la manera de practicar la operación de freido y de la temperatura de la grasa con que se frie. La temperatura óptima de la grasa durante la freidura de las papas está, segun las clases, en 140-180°C; temperaturas demasiado bajas prolongan el tiempo de freido, mientras que las temperaturas demasiado altas provocan un notable pardeado de la superficie cuando el efecto de la freidura no fue suficiente.

El tiempo que ha de emplearse en freír las papas se fija de acuerdo con la experiencia obtenida, debiendo después de respetarse escrupulosamente. Un tiempo de freído demasiado corto perjudica el sabor y la consistencia, si este tiempo es demasiado prolongado, origina desigualdades de forma y aspecto. Las investigaciones efectuadas en Polonia en el Laboratorio Central de Técnica Frigorífica arrojaron los siguientes parámetros óptimos para el tratamiento térmico: 5 minutos a 180°C para papas fritas, y 3 minutos a la misma temperatura para papas semifritas.

Después de freír, se sustrae al producto el exceso de grasa que pudiera tener (tamices vibratorios, aporte de aire caliente). A continuación el producto se refrigera con la máxima rapidez a 4-5°C con aire filtrado y muy frío en su transporte sobre una cinta al efecto. El enfriado dura algunos minutos y reviste particular importancia para mejorar las características estructurales del producto, así como potenciar la acción del congelado; posteriormente se congelan en túnel a -35°C durante 10 minutos. (Gruda)

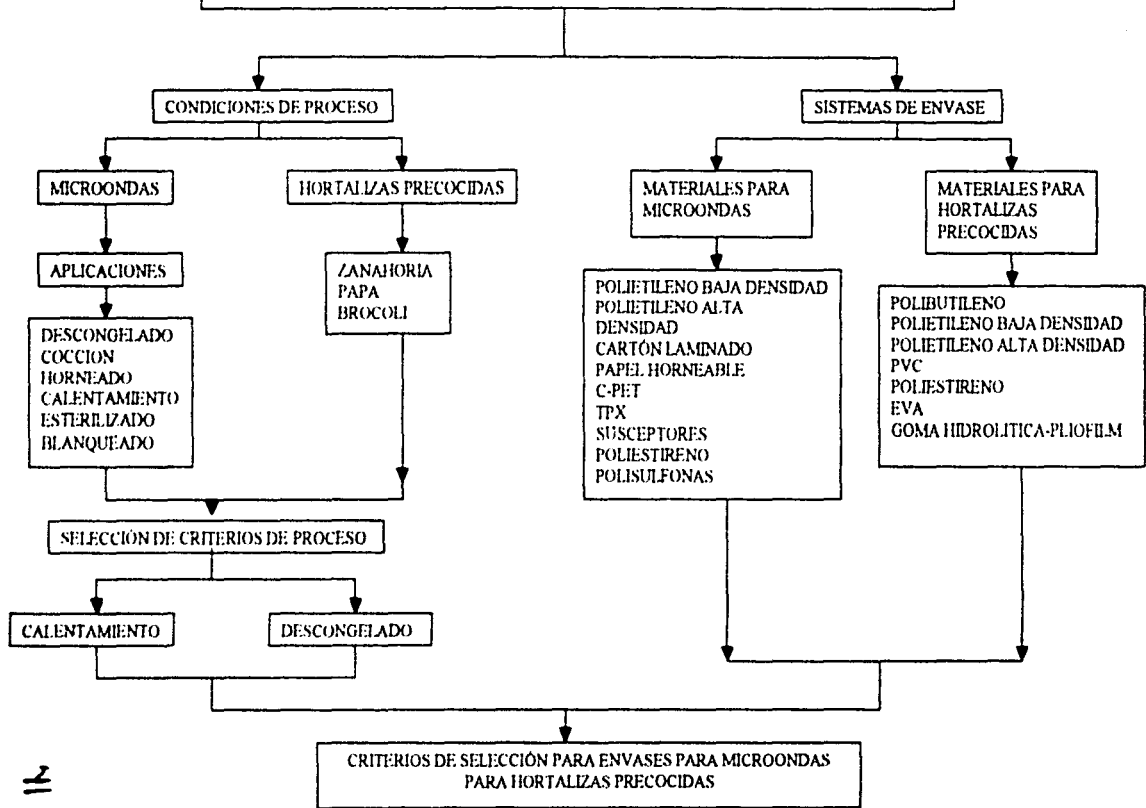
PARTE II: PLANEACION METODOLOGICA

2.1: DESCRIPCIÓN DEL CUADRO METODOLOGICO.

Para cubrir el objetivo general primeramente se realizó una revisión bibliográfica de las condiciones de proceso tanto del horno de microondas como el procesamiento de hortalizas precocidas de las cuales posteriormente se seleccionaron tres, por su mayor frecuencia de consumo (papa, brócoli y zanahoria), con respecto a las condiciones de proceso del horno de microondas aparte del funcionamiento se revisaron las aplicaciones en las que tiene uso, para así distinguir las que son aplicadas a las hortalizas precocidas y establecer las aplicaciones mas comunes a las que se someten las hortalizas precocidas por dicho método.

Por otro lado se revisaron los sistemas de envase que se utilizan en horno de microondas y los que se utilizan para envasar hortalizas precocidas, analizando después su compatibilidad entre ellos y poder establecer un criterio de selección que pueda involucrar las propiedades de las hortalizas precocidas y del material para envasar, antes de ser sometido al un procesamiento por microondas.

OBJETIVO GENERAL. ANALIZAR LOS DIFERENTES TIPOS DE MATERIALES EMPLEADOS EN HORTALIZAS PRECOCIDAS EN BASE A SU COMPATIBILIDAD CON EL CALENTAMIENTO POR MICROONDAS.



PARTE III: IMPORTANCIA DE LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA EN MICROONDAS

3.1: Principales materiales de envasado para hortalizas precocidas.

Polibutileno: Se trata de un grupo de polímeros compuestos principalmente de poli-1-buteno. El polibuteno se obtiene por polimerización de monómero 1-buteno, utilizando un catalizador bajo alta presión y a 65°C de temperatura. El polibutileno también puede incluir como monómeros los siguientes: 1-penteno, propileno y etileno. El polibutileno tiene buena resistencia al desgarro y a la punción, utilizándose en el envasado de carne y de otros alimentos. Cuando el polibuteno está orientado ofrece un rango de características de rigidez y dureza de utilidad en el envasado retraible y para el transporte de un amplio rango de productos.

Poliétileno de baja densidad: El LDPE es un polímero de cadena ramificada obtenido por polimerización de monómeros de etileno y con un rango de pesos moleculares de 14 000 a 1.400.000. En cualquier caso el polímero LDPE puede adaptarse para que sirva para un amplio rango de funciones. Por ejemplo, el LDPE para envoltura de pallets tiene que escogerse cuidadosamente con un amplio margen de pesos moleculares al objeto de que proporcione tanto resistencia como adherencia. El LDPE

puede obtenerse con características retraíbles mezclándolo con HDPE induciéndole entrecruzamiento mediante radiación.

El polietileno conteniendo partículas de distintos materiales de relleno inorgánicos, se comercializa en Japón como película para la protección de la frescura. Cuando se utilizan materiales de relleno a base de minerales, uno de los efectos que produce es la perforación del PE con lo que incrementa la velocidad de transmisión del CO₂ mientras que se pierde capacidad para ajustar correctamente la concentración del O₂.

Polietileno de alta densidad: Tiene una estructura lineal muy ordenada con poca ramificación, que hace que sea un polímero altamente cristalino. De esta forma presenta una mayor resistencia a la tensión, dureza y rigidez que el LDPE, si bien tienen menor resistencia al impacto y menor permeabilidad a los gases y al vapor de agua y mucho menor claridad.

Polipropileno: El PP se obtienen por polimerización del monómero propileno, utilizando un catalizador y un solvente hidrocarbonado. Una forma de PP altamente cristalina y útil es la del homopolímero. La orientación del polímero da lugar a una película (OPP) con una menor permeabilidad a los gases y al vapor de agua que la película no orientada, la película soplada (PP) y la película fundida. El PP se utiliza ampliamente en la coextrusión de películas en donde el PP orientado biaxialmente (BOPP) ocupa la capa del centro y en ambos lados se sitúan copolímeros de mas bajo punto de fusión. Esto permite el termosellado sin retracción. Los procesos de película

soplada son mejores que las películas delgadas, mientras que el de orientación inducida por tensión es mejor para películas mas gruesas.

Cloruro de polivinilo: El PVC se fabrica a partir de la polimeración del monómero cloruro de vinilo mediante cuatro diferentes tecnologías de polimerización. Para reducir la fragilidad de las películas se les añade, durante su elaboración, cualquiera de los numerosos compuestos que le dan plasticidad; igualmente se añaden estabilizadores y lubricantes. Tales componentes y procedimientos de fabricación pueden impartir a los polimeros propiedades protectoras intermedias que hacen que puedan usarse en el envasado de productos frescos. La película del PVC delgada y orientada biaxialmente se utiliza como envoltura retraible de frutas y hortalizas y en ocasiones copolimerizada con el monómero de acetato de vinilo que proporciona una película mas blanda.

Poliestireno: El PS se obtiene mediante la polimerización del monómero estireno que produce un estireno de utilización general que es un homopolimero puro. En la película de PS se pueden incluir materiales volátiles tales como hexano que forman burbujas durante la extrusión lo que origina un PS fuerte y expandido. Este material exhibe excelentes propiedades de amortiguación, utilizándose para fabricar bandejas no retornables o cajas para los productos

Copolímeros Acetato de vinil-etileno: El EVA es similar en muchas características al LDPE, si bien exhibe una mucho mayor claridad y presenta una elevada flexibilidad y resistencia al impacto. El homopolímero VA no se utiliza como una película de envasado. Sin embargo, cuando el etileno se copolimeriza con el acetato de vinilo se forma una familia de copolímeros que se utiliza ampliamente en el empaquetado de alimentos debido a la mayor resistencia que le confiere el contenido de VA. Al mismo tiempo la película se vuelve mas elástica y compacta. La claridad de la película de EVA que resulta de la disminución de la cristalinidad debe sacrificarse con la adición de agentes antibloqueantes y aditivos deslizantes en las películas con altos porcentajes de EVA

Goma hidroclorada-Pliofilm: La goma hidroclorada se introdujo comercialmente en 1934. El desarrollo de este compuesto se consideró como un hito en la industria del envasado flexible ya que presentó el desarrollo de la primera película termoplástica transparente no celulósica. Las variedades plastificadas presentan unas velocidades de transmisión al vapor de agua y a los gases que dependen de la cantidad de plastificante utilizado; así a medida que aumenta la concentración de plastificante se incrementa la permeabilidad al vapor de agua y a los gases. El pliofilm es mas bien impermeable a los gases. En las primeras investigaciones con los alimentos se encontró que esta película no podría usarse con éxito debido al desarrollo de condiciones anaerobias que se producen dentro del paquete y que sólo podrían evitarse perforando la película.

Ionómero: Las resinas de copolímeros ácidos son polímeros termoplásticos fabricados mediante copolimerización del monómero etileno con un monómero de vinilo en presencia de un residuo ácido como el ácido metacrílico.

Miles y Briston lo utilizaron en principio como capas unidas con coextrusiones donde alguno de los grupos ácidos se neutralizan para formar sales de iones metálicos y las cadenas poliméricas se entrecruzan por atracción iónica. En consecuencia, los ionómeros proporcionan un excelente termosellado y confieren a los envases resistencia a la punción.

El Surllyn A de Du Pont, desarrollado en 1964, es un ejemplo de un típico copolímero ácido o ionómero. Las películas de envasado fabricadas de ionómeros tienen buenas propiedades de cierre, resistencia al aceite y grasas, alta transparencia y excelente dureza. (Wiley, 1997)

3.2: APLICACIONES EN PRECOCIDOS:

DESCONGELACION: La descongelación es un proceso mas difícil de realizar que la congelación por varios factores, por ejemplo: en la descongelación mediante transferencia de calor desde un medio mas caliente como agua o aire ambiente, el calor debe ser conducido hacia el interior a través de una capa externa congelada cuya conductividad térmica es menor que la del hielo del interior y que se hace mas gruesa según avanza la descongelación, en la congelación, las condiciones son

inversas, siendo conducido el calor hacia el exterior a través de una capa externa de hielo con mayor conductividad térmica. Por consiguiente, la descongelación precisa mas tiempo que la congelación aunque sean las mismas diferencia de temperatura (entre el centro del producto y el ambiente); el crecimiento microbiano queda inhibido inmediatamente que se congela la superficie, mientras que en la descongelación a temperatura ambiente, pueden multiplicarse los microorganismos en la superficie durante todo el proceso de descongelación. Para que esto sea mínimo, la temperatura superficial se mantendrá baja hecho que se contrapone con a necesidad de que existan amplias diferencias de temperatura para acelerar el proceso; el agua es mejor medio para la transferencia de calor que el aire, por lo que la descongelación es mas rápida en agua. Aunque el aire a la misma temperatura permite menos el crecimiento microbiano que el agua. El agua corriente puede eliminar la contaminación aunque puede ser un proceso muy caro.

Las condiciones prácticas de la descongelación deben constituir un compromiso entre estos requisitos en conflicto. La descongelación prolongada en aire a temperaturas relativamente bajas es la solución más común. La descongelación mediante microondas o calentamiento dieléctrico evita la mayoría de estos problemas. Los procesos funcionan bien sobre unidades de tamaño y de forma uniformes tales como bloques o paquetes.

En estos sistemas se aprovechan las propiedades dieléctricas de los alimentos congelados, que absorben las radiaciones electromagnéticas y las transforman en calor, lo que trae como consecuencia un aumento de la

temperatura del producto. Estos procesos de transformación energética son muy variados y se basan, entre otros, en la actividad iónica, rotación bipolar, fenómenos de electrostricción, piezoelectricidad y resonancia ferromagnética. La cantidad de calor producida al utilizar este procedimiento depende en gran medida de las características eléctricas de los artículos

Los focos de microondas utilizados para descongelar alimentos van acoplados a los generadores correspondientes, que transforman la energía eléctrica en energía de microondas. El rendimiento de las instalaciones industriales depende de la potencia de los generadores correspondientes. La frecuencia de los generadores industriales se ve limitada por factores de construcción y por la potencia inicial (al aumentar la frecuencia, disminuye considerablemente la potencia de emisión). Por construirse los generadores actuales para una sola frecuencia, acomodada a la potencia inicial, el rendimiento unitario de los aparatos de microondas sólo se puede regular modificando la tensión. Aquí debe destacarse la frecuencia óptima de funcionamiento de los aparatos de microondas está en función del espesor de los productos a descongelar (al aumentar la frecuencia, aumenta así mismo la acción calórica, sin embargo simultáneamente se reduce la capacidad de penetración de las ondas en el seno del producto). El grado de absorción y la profundidad de penetración de las radiaciones electromagnéticas dependen también de las propiedades dieléctricas de los productos

El uniforme incremento de la temperatura en toda la masa del producto es una característica positiva del calentamiento por microondas

en comparación con todos los demás sistemas de descongelación, en los que es peculiar la existencia de un núcleo térmico dentro del producto. Una rápida descongelación de las capas superficiales del aire, con un bajo coeficiente de transmisión calórica de dichas capas, da como resultado que en el tiempo necesario para alcanzar la temperatura crioscópica en el centro térmico del producto se produzca un aumento considerable de la temperatura de la superficie, y con ello se crean unas condiciones óptimas para que se presenten alteraciones por oxidación o desecación, a la vez que aumenta la actividad microbiana.

Los tiempos de descongelación en aparatos de microondas son mucho más cortos que en las instalaciones tradicionales

CALENTAMIENTO: El calentamiento por microondas cuenta con las siguientes ventajas; calentamiento relativamente uniforme de productos homogéneos; considerable acortamiento del tiempo de calentamiento; posibilidad de observar estrictas especificaciones de higiene

Al aplicar las microondas, todas las moléculas del producto se calientan teóricamente a la vez, sin que se produzca ninguna conducción de calor. Con ello se evitan como queda dicho sobrecalentamientos circunscritos a la superficie, y la aparición de alteraciones indeseables a la calidad adquiere carácter excepcional. La uniformidad del calentamiento mediante microondas es tanto mayor cuanto más homogéneo sea el producto, cuanto mayor sea su contenido de agua, menor sus dimensiones y más regular sea su forma.

3.3: Propiedades y usos de envases para microondas.

A continuación se muestra una tabla en donde se muestran los principales materiales de envase para alimentos precocidos para calentamiento en microondas:

ENVASE	PROPIEDADES	USOS
POLIETILENO BAJA DENSIDAD	IMPERMEABLE A GRASAS Y ACEITES, RESISTENTES A ACIDOS DE FRUTOS	VEGETALES PRECOCIDOS Y FRUTOS
POLIETILENO ALTA DENSIDAD	IMPERMEABLE A HUMEDAD, OXIGENO Y LUZ	JUGOS DE FRUTAS
CARTÓN LAMINADO	IMPERMEABLE A HUMEDAD, GAS Y RESISTENTE A BAJAS TEMPERATURAS	VEGETALES, POLLO FRITO Y PIZZA
PAPEL HORNEABLE	RESISTENTE A ALTAS Y BAJAS TEMPERATURAS	PALOMITAS Y HELADO
PLIOFILM (CLOROCAUCHO)	IMPERMEABLE A OXIGENO, OLORES, GRASAS Y ACEITES, ENCOGIBLE	AVES Y CARNES
SARAN (CLORURO DE POLIVINILIDENO)	IMPERMEABLE A GRASAS, OLORES, HUMEDAD, BUENA ADHESIVIDAD.	POLLO
HOJA DE ALUMINIO RECUBIERTA	EXCELENTE BARRERA AL VAPOR, GRASAS, OLORES, RESISTENTE A ALTAS Y BAJAS TEMPERATURAS	COMIDAS PREPARADAS, PAYS, DESAYUNOS.
LAMINACIONES COEXTRUIDAS DE ALUMINIO	EXCELENTE BARRERA A LA HUMEDAD, GASES, OLORES Y GRASAS.	PESCADO, SOPAS Y ENSALADAS

CPET (RESINA DE POLIESTER CRISTALIZADO)	EXCELENTE BARRERA AL VAPOR, GRASAS Y OLORES, RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS.	COMIDAS PREPARADAS PASTAS Y
POLIESTIRENO (MEZCLADA EN OXIDO DE POLIPROPILENO)	RESISTENTE A ALTAS TEMPERATURAS	SOPAS, HOT DOGS.

En la tabla anterior podemos observar que los materiales que se ocupan para hortalizas precocidas son polietileno de baja densidad, cartón laminado, CPET y hoja de aluminio recubierta, que en su mayoría podemos resaltar que son resistentes a bajas y altas temperatura y que son impermeables a grasas y aceites, lo que hace un fácil manejo en el calentamiento por microondas. Los materiales que se ocupan para el diseño de envases para calentamiento por microondas son entre otros C-PET, Polisulfonas, TPX y algunos suceptores.

C-PET: El copoliéster cristalizado es el material plástico mas ampliamente utilizado. Tiene un punto de fusión de 554°F y puede ser utilizado para horno convencional y microondas. No puede ser utilizado para equipo form-fill-seal. El grado de cristalinidad varía entre el 15 y 30%, pero generalmente es del 25%. Las láminas plásticas tienen una densidad amorfa de 1.195, pero en el material cristalino al 100% la densidad aumenta a 1.265 durante la cristalización térmica.

Polisulfonas: Este plástico puede ser utilizado en un amplio rango de temperatura, puede exponerse tanto a la congelación como al calentamiento por microondas o convencional, su rango de temperatura es de -150°F a 400°F . Para su formación no se requiere un paso de cristalización y tampoco es compatible para equipos ffs. El grosor de las paredes se selecciona dependiendo del diseño, material a empacar y dimensiones del mismo. Hace algunos años fueron evaluados los compuestos de polisulfonas/polipropileno y polisulfonas/HDPE, las razones para seleccionar estos materiales fueron varias, la primera razón fue por su resistencia a altas temperaturas de las poliolefinas. El PP y el HDPE son mucho menos costosos que las polisulfonas o el poliéster. Las poliolefinas se prefieren como superficie de adhesión y ofrecen mejores propiedades de barrera, especialmente para retener la humedad

TPX: La polimetilteptona puede ser sometida a temperaturas de 455°F , tiene una alta resistencia química, resiste muy bien los impactos y tiene interesantes propiedades físicas y mecánicas. Se tienen algunos problemas para la formación de sus láminas, pero si se tiene un apropiado secado de la resina, un buen control de la temperatura de extrusión, etc, se puede obtener satisfactoriamente una lamina

Suceptores Los suceptores pueden consistir en láminas compuestas de papel o cartón adhenido a poliéster metalizado. Los suceptores reflejan y/o

absorben la energía de microondas a la superficie del alimento, pueden ser una parte integral del empaque o se puede insertar estratégicamente alrededor del alimento. (Jenkins, 1991).

3.4: EQUIPOS PARA CALENTAR LOS PRODUCTOS:

Para descongelar y calentar los productos, se utilizan generalmente los siguientes aparatos:

- Horno de convección.
- Hornos con atmósferas de vapor de agua.
- Hornos con tina de agua.
- Hornos de microondas.

En la escala doméstica se suelen utilizar hornos de gas o electricidad. Los productos congelados se ponen en anaqueles o bandejas. En estos aparatos se produce el intercambio de calor por convección natural. En las instalaciones industriales se colocan ventiladores. Con la circulación forzada del aire mejoran las condiciones de transmisión calórica, y la descongelación se acorta en un 40 %. En los hornos grandes se regula la temperatura (al principio es alta y luego va descendiendo paulatinamente). En muchos aparatos el calentamiento se interrumpe automáticamente de tiempo en tiempo; después fluye aire frío sobre el producto. De esta forma se evita el quemado de las superficies

La construcción de hornos con atmósfera de vapor es similar a la de los hornos ordinarios, si bien se coloca debajo un recipiente con agua. El agua se evapora intensamente, de manera que el recinto de descongelación se satura de vapor. La temperatura del horno se mantiene siempre a unos 100°C, con lo que se evita el quemado. Además se procurará que el cierre sea hermético, con lo cual el vapor no penetrará en su interior, en cuyo caso reducirá el sabor de los alimentos. Estos aparatos se montan generalmente formando parte de las instalaciones de comedores comunitarios.

La parte especial de un horno con tina de agua son pilas llenas de agua hirviendo. Estos aparatos solo sirven para tratar envases de vacío con cierre perfectamente hermético, resistentes a temperaturas de unos 100°C. Aparatos de esta clase se utilizan así mismo en instalaciones de comedores comunitarios.

Los hornos de microondas se recomiendan especialmente para descongelar y calentar productos particularmente delicados. Los hornos de microondas se utilizan cada vez mas en muchos países.

Entre las ventajas mas destacadas de estos aparatos se cuentan: fácil manejo rápido tratamiento de los productos, notable ahorro de energía (consumo de corriente del 25 al 75% menor, en comparación con los hornos eléctricos convencionales. El tiempo de calentamiento de una porción

depende del rendimiento y potencia del magnetrón y de las características dieléctricas del producto.

De acuerdo con la clase de aparato calentador, el tiempo para el descongelado y calentado de una porción desde -18°C hasta 70°C asciende en los diversos hornos (minutos) a:

Hornos de convección sin ventilador	30-40
Hornos de convección con ventilador	20-40
Hornos con atmósfera de vapor de agua	20-25
Hornos con tina	20-25
Hornos de microondas	1-3

3.4.1: Descripción del equipamiento para microondas

Los calentadores de microondas están compuestos por un generador de alta frecuencia (como un magnetrón, por ejemplo) desde el que la energía se transporta hasta la cámara de calefacción por medio de un conducto de ondas rectangular hueco o por el doble coaxial. La cámara de calefacción es un horno o túnel metálico aislado eficientemente del agua en sus extremos, a través de los cuales pasa una cinta de pérdida pequeña que lleva los alimentos a calentar. En cualquier caso la cavidad de calentamiento debe

estar ajustada con exactitud al generador, ya que en otro caso el desajuste resultante produce recalentamiento del tubo de energía que puede con ello resultar deteriorado.

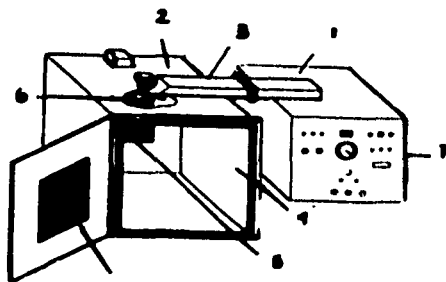
Alternativamente puede transportarse el alimento a través del conducto de ondas, que se transforman entonces en cámara de calentamiento. El movimiento del alimento a través de la zona de calentamiento contrarresta las irregularidades del campo que, en los procesos de calentamiento rápido como el calentamiento por microondas, dan como resultado gradientes de temperatura elevadas en el producto (Brennan, 1980).

Un horno de microondas está constituido de siete componentes principales:

- 1: El abastecedor de energía, conformado por un transformador que convierte la energía eléctrica de 240v 60 Hz de corriente alterna a 4 kv, la que a su vez es rectificadada a 4 kv de corriente directa; y que es la energía reuqendida por el magnetrón para hornos pequeños.
- 2: El magnetrón, el cual es un oscilador que convierte la energía de baja frecuencia (60 Hz) a energía de alta frecuencia que generalmente puede estar entre 915 MHz y 2450 MHz.
- 3 El guía ondas, el cual permite la transferencia de energía del magnetrón al horno.

- 4: La cavidad del horno constituida por paredes metálicas donde la energía es reflejada y distribuida a los alimentos que ahí se encuentran.
- 5: Un ventilador, cuya función es mantener frío el magnetrón.
- 6: Un agitador de campo el cual es un dispositivo que se encuentra dentro de la cavidad y es semejante a un ventilador. Esta hecho de metal y su función es aumentar la homogeneidad en la distribución de las ondas dentro de la cavidad.
- 7: Controles de seguridad y operación del horno.

Figura 7: Horno de microondas.

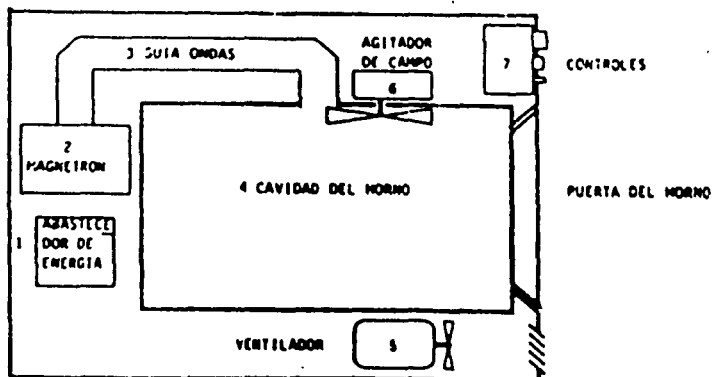


TESIS CON
FALLA DE OXIGEN

3.4.2: TIPOS DE HORNOS DE MICROONDAS:

Horno batch: El primer tipo de aparato de procesamiento por microondas que se desarrolló fue el tipo de horno batch. La radiación es emitida del tubo de potencia magnetrón a la cavidad, donde las ondas son reflejadas en todas direcciones y son absorbidas por los alimentos. Originalmente este tipo de hornos operaba a 3000 MHz y en la actualidad estos son usados en la banda de 2450 MHz.

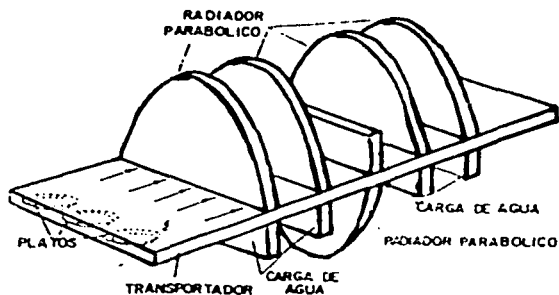
Figura 8: Horno batch y sus partes.



Horno continuo con radiadores parabólicos: El segundo tipo de procesador por microondas utiliza cinco radiadores parabólicos de 1-2 kw, que radian los alimentos puestos en una correa de transmisión hecha de un material con baja pérdida dieléctrica. En este tipo de horno los alimentos son expuestos a la energía de microondas en una distancia de cerca de 5 cm sobre la correa de transmisión, y entonces el alimento se equilibra hasta que llega al

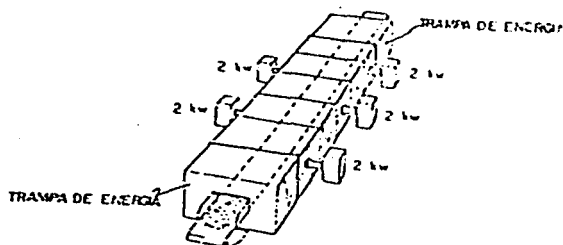
siguiente radiador parabólico. Se usan hasta cinco radiadores de 2 Kw. Este tipo de unidades puede tener un particular uso en el descongelado de alimentos con diferentes características de pérdidas dieléctricas.

Figura 9: Horno continuo con radiadores parabólicos.



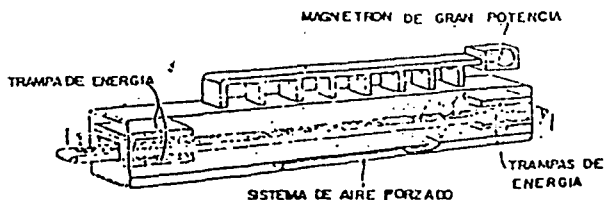
Horno continuo con cinco magnetrones: Un tercer tipo de horno fue desarrollado similar al anterior. Este utiliza cinco generadores de potencia (magnetrones) a lo largo de una línea de transporte. Este sistema también opera a 2450 MHz y su potencial total es de 10 kw.

Figura 10: Horno continuo con cinco magnetrones.



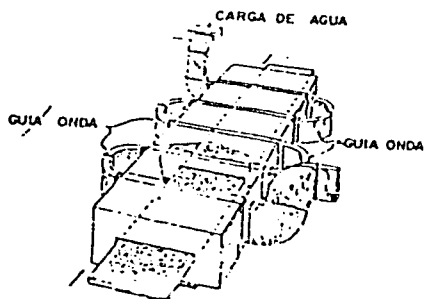
Horno continuo con un solo magnetron de gran potencia: Otro tipo de horno de microondas continuo se ha desarrollado el cual alimenta las microondas de un simple y grande tubo generador de 25 kw al interior de un túnel a través de una serie de ranuras. En este horno en los dos extremos del túnel son colocadas trampas de energía las cuales tienen dos funciones: 1) evitan las fugas de excesos de radiación en los extremos del túnel, en lugar de ser absorbidas por cargas de agua. 2) absorben la energía cuando no hay carga en el túnel para no dañar el magnetrón. El sistema de aire forzado unido al calentamiento remueve el vapor de agua.

Figura 11: Horno continuo con un solo magnetron de potencia.



Horno continuo con guía ondas de laberinto: Uno de los últimos hornos desarrollados, utiliza un guía ondas doblado o un sistema de laberinto, en donde la energía se conduce através de un ducto y el producto atraviesa el guía ondas. De este modo se dispone de mayor energía al inicio del tránsito a través del laberinto, donde el producto está mas húmedo. Conforme el producto pasa a lo largo del túnel se absorbe energía y cerca del final del guía ondas, donde el producto está seco la energía disponible y requerida es mínima. Este sistema es particularmente útil para el secado de papel, textiles, hoja de madera, etc...

Figura 12: Horno continuo con guía ondas de laberinto.



3.5: PERSPECTIVAS DE LA APLICACIÓN DE ENVASES PARA HORNO DE MICROONDAS:

La industria procesadora de alimentos y la industria del microondas, desde el año de 1950, han tenido una obsesión tratando de ofrecer productos que se puedan someter al calentamiento por microondas. Las patentes de estos productos están en excelentes sitios para iniciar una investigación de los diferentes tipos de aplicaciones, en Estados Unidos la lista patentada de Gerling muestra mas de 100 métodos que cubren los siguientes tipos de

alimentos procesados: horneado, blanqueo, dorado, coagulación, cobertura, compactado, cocción, curado, secado, fermentado, gelatinizado, calentamiento, pasteurización, conservación, rostizado, esterilización, atemperado y secado a vacío. Así mismo, se tiene un listado de investigaciones de procesado de alimentos por microondas de los siguientes países: Brasil, Canadá, China, Egipto, Alemania, Israel, Japón, Italia, Corea del Sur, Suiza, Estados Unidos y Yugoslavia. Esto demuestra que existe un compromiso para desarrollar procesos para microondas, diseño de aparatos, instalación de plantas y sistemas de líneas de producción.

Desafortunadamente, existen muy pocas aplicaciones a nivel industrial para el procesamiento en equipo de microondas, a pesar de que se han hecho grandes inversiones; muchas de las instalaciones pilotos y de producción que fueron instaladas no son operables y los que han sobrevivido se pueden contar con los dedos de la mano.

La literatura no es un lugar muy productivo para discutir el porqué los procesos que se prometieron no son utilizados o porqué fallaron. Decareau (1985) da una excelente discusión del caso de las papas en trozo y O'Meara (1973) sugiere que muchas de las aplicaciones que fueron examinadas en la llamada "era dorada" (1958-1970) no fue porque no fueran practicadas económicamente y/ técnicamente. A parte de estos artículos , la literatura generalmente sugiere que cada proceso es descrito como un "ganador" y que el mundo pronto vera hacer uso de nuevas instalaciones de este gran desarrollo.

Los factores económicos y técnicos son muy importantes para la creación de un proceso viable . Ciertamente, estos factores, en luz del presenteconocimiento, explica porqué muchos de los procesos propuestos nunca se hacen. Algunas veces, las consideraciones técnicas y económicas no son solamente razones del porqué muchas aplicaciones fallan.

Los tres problemas principales que parecen ser comunes para que las pruebas sean viables técnica y económicamente pero nunca exitosas son, problemas contractuales, falta de experiencia en la parte de ingeniería y fracaso al preparar al personal de producción para un sistema de microondas.

Aunque las sugerencias generalizadas no son aplicables en todas las situaciones, se recomiendan las siguientes sugerencias para estos casos:

- Prepararse para dedicar al proceso mas dinero que el propuesto inicialmente.
- Elegir una compañía de microondas de confianza.
- Escribir especificaciones razonables y comprensibles.
- Negociar un contrato razonable.
- Comunicarse.
- Tener un diseñador de maquinaria de alimentos dentro del grupo de diseño
- Preparar adecuadamente al departamento de producción.

CONCLUSIONES

El uso de el horno de microondas aumenta cada día mas, pues tiene varias ventajas por sobre otros equipos que tengan funciones similares, reducción del tiempo de proceso, se alcanza una mayor temperatura en poco tiempo, se utiliza para diversos fines y en diversos materiales, por lo que en la actualidad existen en el mercado una amplia gama de productos, generalmente precocidos, que son para calentar en horno de microondas y también una gran cantidad de materiales de envase para el mismo fin.

La ingeniería del empaque desarrolla productos con los cuales no solamente se tiene un mejor aprovechamiento de las microondas, sino que también se le da al producto final características deseables como el efecto de dorado y de rizado que se obtiene por un envase que consta de una lámina corrugada (poliéster metalizado), o bien materiales con una constante dieléctrica específica que facilita el calentamiento de productos con una cantidad de humedad muy alta o envases tipo bolsa que cuentan con un mecanismo de seguridad que libera el exceso de presión que pueda alcanzar el alimento al momento de calentar, entre otras opciones que no da el consumo de alimentos precocidos.

Dentro de la industria aún no ha habido un gran auge para las microondas, sin embargo, como vimos anteriormente estas tienen una diversidad de aplicaciones que combinado con otros métodos de calentamiento o

aplicando las microondas individualmente se tienen muy buenos resultados y con amplias ventajas, ejemplo de esto es la pasteurización de jugos cítricos, donde se aumenta gradualmente la temperatura hasta un punto donde es suficiente para que el jugo sea pasteurizado, la esterilización de alimentos como salchichas o pollo previamente empacados es otro ejemplo de aplicación en la industria alimenticia.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

Brennan, J.G. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Acribia. Zaragoza, España. 1980.

Fellows, Peter. Tecnología del procesado de alimentos. Acribia. Zaragoza, España. 1994.

Gordon L. Robertson. Food packaging. Marcel Decker Inc. USA. 1993

Gruda, Zbigniew. Tecnología de la congelación de los alimentos. Acribia. Zaragoza, España.

Hall, Farral y Rippen. Encyclopedia of food engineering. Avi Publishing Company Inc. USA. 1986.

Hirsch, Arthur. Flexible Food Packaging. Van Nostrand Reinhold. USA. 1991.

I.I.F. Alimentos congelados. Acribia. Zaragoza, España. 1990.

Risch, Sarah. Food and packaging interactions. American Chemical Society. USA. 1991.

Sánchez, Luis Alberto. Principios básicos del calentamiento por microondas en alimentos. UNAM. México. 1985.

Wiley, Robert. Frutas y hortalizas mínimamente procesadas y refrigeradas. Acribia. Zaragoza, España. 1997.

Wilmer, Jenkins. Packaging foods with plastics. Lancaster Basel. USA. 1991.

REVISTAS

GERLI E JOHN. (1986). Microwaves in the food industry : Promise and reality. Food Technology.

KATZ FRAN. (1999). Microwave packaging addresses speed, clarity, and ease of use. Food Technology.

KELLER L: (2000). Los materiales y sus aplicaciones en el termoformado. Empaque Performance.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

SMOLUK GEORGE. (1984). Nuevas e importantes oportunidades para el PET cristalizable en el sector del termoconformado. Revista de plásticos modernos.

TARANGO JOSE A. (2001). Envases para microondas. Envase y embalaje.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN