

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Alimentos Funcionales

Con los recientes avances en la ciencia de alimentos se han desarrollado nuevos productos entre los cuales se encuentran los alimentos funcionales, este término fué introducido por primera vez en Japón a mediados de 1980 y se refiere a los alimentos procesados que contienen ingredientes que ayudan en funciones específicas del organismo, además de que son nutritivos (Golberg, 1994).

El Instituto de Alimentación Médica y el Consejo de Nutrición (IOM/NAS, 1994) definió a los alimentos funcionales como “cualquier alimento o ingrediente alimenticio que puede proveer un beneficio en la salud más allá de los elementos nutritivos que pueda contener”. Otra definición dada por Golberg (1994) es que son cualquier alimento o ingrediente alimenticio que tiene un impacto positivo en la salud, bienestar físico o estado mental de un individuo además de su valor nutritivo.

En cuanto al mercado de esta nueva rama de alimentos se estima que más del 70% son bebidas y que la distribución de ingredientes en los alimentos funcionales es de 40% fibra dietética, 20% calcio, 20% oligosacáridos, 10% bacterias ácido lácticas y 10% otros (PA Consulting Group, 1990).

Evidencias de datos epidemiológicos, en vivo, en vitro y pruebas clínicas indican que una dieta basada en alimentos vegetales puede reducir el riesgo de enfermedades crónicas, particularmente cáncer. En 1992, una publicación reportó que al realizar 200 estudios epidemiológicos (Block, 1992) se observó que el riesgo de cáncer en gente que consumía dietas altas en frutas y verduras era considerablemente menor, que en aquellas personas que tenían una dieta baja en estos alimentos.

Por otro lado para saber si es posible adicionar un nutriente a un alimento se deben hacer las siguientes preguntas (Vetter, 1982):

- 1 ¿Puede agregarse el nutrimento uniformemente al alimento?
- 2 ¿Si se agregó un ingrediente al alimento, será el nutrimento estable durante la vida de anaquel?
- 3 ¿Qué efecto tendrá el nutrimento durante el procesamiento del alimento?
- 4 ¿Hasta qué punto está biodisponible el nutrimento durante el procesamiento del alimento?
- 5 ¿Hasta qué punto está biodisponible el nutrimento durante el almacenamiento subsiguiente del alimento?
- 6 ¿Qué efecto tiene el nutrimento en la calidad y aceptación del alimento por parte del consumidor?
- 7 ¿Está el nutrimento biológicamente disponible en el alimento?

Se está probando y estudiando el rol de varios ingredientes en la prevención de enfermedades crónicas y su beneficio a largo plazo, por ejemplo: aceite de pescado y antioxidantes para reducir los daños causados por la aterosclerosis, beta caroteno para disminuir el riesgo de cáncer, calcio para disminuir la osteoporosis y ayudar a la mujer a combatir los síntomas del estrés y ansiedad del síndrome premenstrual, fibra para reducir el riesgo de enfermedades coronarias y cáncer , colina para bajar la presión sanguínea, niacina para tratar hiperlipidemia, zinc para disminuir la susceptibilidad a enfermedades infecciosas y mejorar la respuesta inmune, y otros mas (Golberg, 1994).

La legislación alimentaria japonesa reconoce 12 ingredientes que pueden ser considerados para mejorar la salud:

- Fibra dietética.
- Oligosacáridos.
- Polioles.
- Péptidos y proteínas.
- Glucósidos.
- Alcoholes.
- Isoprenoides y vitaminas.
- Colina (vitamina de yema de huevo).
- Bacterias ácido lácticas.
- Minerales (calcio, magnesio, hierro, zinc).

- Ácidos grasos poliinsaturados.
- Otros.

De acuerdo a la investigación de campo realizada, dentro de los alimentos funcionales existentes en el mercado mexicano se encuentran:

1. Probióticos. Alimentos que contienen microorganismos vivos que al ser ingeridos en cantidades suficientes ejercen un efecto positivo en la salud ayudando en el balance de la microflora en el intestino (Vasconcelos 2001). Este tipo de alimentos en su mayoría son bebidas lácteas fermentadas como Yakult, Chamyto de Nestlé , Bonacult que contienen lactobacilos ; LC1 de Nestlé (contiene *L. Johnsonii* y es de sabores natural, ciruela pasa, naranja y fresa); Actimel (*L. casei imunitas*); Sofúl (contiene *L. Casei shirota* y *S. Thermophilus* comercializado por la empresa yakult), Activia de Danone (contiene *Bifidus essensis* es de sabores natural, fresa y ciruela pasa); yogures en general.
2. Alimentos enriquecidos o adicionados. Aquellos alimentos a los cuales se les agregan cantidades extra de vitaminas y minerales principalmente. En este tipo de alimentos se ha enfocado mucho la industria y el gobierno, así productos comunes han sido enriquecidos con vitaminas y minerales por iniciativa propia o por la legislación.

Las harinas de trigo están enriquecidas con vitaminas (B1, B2, niacina, ácido fólico, A), Fe., otro caso es la Maizena (fécula de maíz para atole) está enriquecida con vitaminas y minerales. Italtapa adiciona sus pastas para sopa con vitaminas (B1, B2, niacina, ac. fólico) y hierro. Los jugos Sonrisa Premium están enriquecidos con calcio y vitamina C.

En cereales para desayuno ricos en fibra y enriquecidos con vitaminas y minerales existen Basic 4 (a base de cereales, fruta y nueces), Fibra Max (a base de salvado, trigo y maíz), Fitness y Fitness & fruits (a base de trigo, arroz y maíz), Cheerios (a base de avena), todos los anteriores de la marca Nestlé.

Kellogg's maneja el cereal y las barras Special K (a base de hojuelas de arroz), la línea Bran Flakes (hojuelas de trigo), All Bran Flakes (hojuelas de trigo integral) que proporcionan un desayuno balanceado y son bajos en calorías (Special K) o ricos en fibra (Bran y All Bran Flakes); dentro de los alimentos de conveniencia Kellogg's desarrolló las barras energéticas de trigo Nutri – Grain con una amplia gama de sabores y enriquecidas con 9 vitaminas y minerales.

3. Fitoalimentos. Alimentos que contienen sustancias fitoquímicas, es decir, sustancias de fuentes vegetales que ayudan a prevenir enfermedades, como licopeno, β caroteno y otros. Por ejemplo el aceite Capullo (a base

de canola) está enriquecido con vitamina E y es comercializado como “el aceite que cuida tu corazón”.

4. Alimentos con ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). Los PUFAs esenciales son $\Omega-3$ (ácido linolénico) y $\Omega-6$ (ácido linoleico) (Vasconcelos, 2001). En México existe leche con $\Omega-3$ de la compañía Nestlé llamada Omega Plus en dos presentaciones: enriquecida con hierro y deslactosada. En España existen huevos y productos cárnicos ricos en $\Omega-3$. En el caso del atún Nair éste es comercializado como rico en inteliomega ya que se sabe que el atún y las sardinas son ricos en $\Omega-3$ y $\Omega-6$ (Vasconcelos 2001).
5. Bebidas Rehidratantes. Las bebidas rehidratantes generalmente son una combinación de sales para recuperar el equilibrio en el organismo después de haber perdido fluidos corporales ya sea por sudar o por la orina, generalmente están enfocadas a deportistas, la más famosa es Gatorade, pero existe también Enerplex (Sabormex) y Jumex Sport (Jumex).
6. Bebidas energéticas. Bebidas ya sean carbonatadas o no, que contienen sustancias que ayudan a recuperar la energía del organismo, por ejemplo Red Bull que es una bebida no alcohólica que contiene taurina (amino ácido esencial que ocurre de manera natural en el organismo) y

glucoronolactona (que sirve para eliminar sustancias dañinas del organismo) y cafeína además de vitaminas y carbohidratos.

7. Farmaalimentos. Alimentos con ciertas propiedades dietarias pero que pueden ser usados por los consumidores en general. Un alimento de este tipo son los bio jugos de laboratorios Arkopharma creados en el 2000 que consisten en extractos de plantas mezclados con jugos de frutas. (Welti, 2002).
8. Alimentos para dietas especiales. El más comunes es la leche deslactosada, de la cual existe una gran variedad en el mercado por ejemplo: Desly que tiene las variantes de semidescremada, fresca descremada o entera; Lala también maneja una leche deslactosada entera; Ades es un alimento líquido de soya que además tiene proteínas, minerales y vitamina c, es de sabor naranja, durazno o guanábana.
9. Alimentos enriquecidos para niños. Este sector del mercado ofrece mucho crecimiento y ganancias para los fabricantes de alimentos, aunque también presenta la demanda de productos nutritivos pero a la vez de

buen sabor y apariencia, ya que no sólo se tiene que convencer a los niños sino también a los papás.

Existen desde papillas y dulces para bebés hasta cereal y leche para niños en edad escolar. Algunos productos son: jugos y papillas de Gerber que están enriquecidos con Zn, Fe, ácido fólico y vitamina C; B•besitos de Sonric's que son pastas y pulpas de caramelo recomendadas para niños de 12 meses en adelante que contienen vitaminas (A, D, C), minerales (Fe y Zn), color y sabor natural; leche Nestlé crecimiento que contiene miel, vitaminas y minerales; Chiquitin de Nestlé (contiene lactohierro).

Por su parte Nido lanzó una línea de leche especializada para niños: Nido Kinder para niños de 1 año y su principal aporte a la dieta es el Prebio¹, Nido 3+ desde los 3 años y contiene Hierro C, Nido 6+ con extracalcio por ser para niños de 6 años en adelante. Alpura tiene su leche en polvo Alpura Kids que contiene miel, cereales, prebióticos y vitaminas.

Las galletas tanto de Bimbo, Gamesa y Marinela están enriquecidas con 11 ó 12 vitaminas y minerales. Los polvos para leche sabor chocolate marcas Nestquik, Cal – c – tose, Choco milk y Choco leche de Melvin (Kellog's) están enriquecidos con 9 a 20 vitaminas y minerales (Ca y Zn).

En cuanto a cereales para desayuno existe una gran variedad en sabores, colores y formas, todos están enriquecidos con 10 a 13 vitaminas y minerales, las principales marcas son Nestlé, Maizoro y Kellog's.

3.2 Macrominerales y elementos traza o microminerales

Los macrominerales son aquellos de los cuales se ha demostrado que son deficientes en grandes segmentos de la población, en cambio los microminerales son aquellos que potencialmente pueden ser deficientes en la población pero es difícil establecer una deficiencia de ellos. Los dos minerales cuyos problemas debido a deficiencias son bien conocidos son hierro y calcio, y de una manera menos clara zinc, magnesio, cromo, selenio e yodo.

3.3 Requerimientos de minerales

La FDA (Food and Drug Administration) y el Depto. de Agricultura de los Estados Unidos han establecido cantidades diarias de ingesta de vitaminas y minerales de acuerdo a estudios realizados y verificados, así se tienen RDAs (Raciones Dietarias Recomendadas) y RDIs (Ingestas Diarias Recomendadas).

En el etiquetado nutrimental de los alimentos se usan VD (Valores Diarios) de vitaminas y minerales, que se refieren a la ingesta de nutrientes en su mayoría

relacionados con enfermedades crónicas. El calcio y el hierro son los únicos minerales obligatorios en el etiquetado nutrimental.

El organismo humano cuenta con un mecanismo homeostático el cual se encarga de mantener constante la concentración interna de minerales ya sea modulando la velocidad de absorción de los mismos en el tracto gastrointestinal, incrementando la excreción en caso de que se absorba en exceso o almacenando el exceso de mineral en forma inocua en diferentes tejidos. Además el porcentaje de absorción de cationes como calcio, zinc, cobre y hierro, disminuye conforme se aumenta la ingesta de estos minerales (Goldberg, 1994).

3.4 Deficiencias nutrimentales de minerales

La desnutrición es una enfermedad provocada por la deficiencia o exceso en la ingesta diaria de vitaminas y minerales esenciales para el organismo, puede clasificarse de acuerdo a criterios de tipo etiológico (primaria o secundaria) o de intensidad (leve, moderada y grave), pero la clasificación más útil es la que se basa en criterios clínicos (Hernández, 2001).

Hasta hace algunos años las autoridades comenzaron a preocuparse por adicionar a los alimentos los nutrientes que se perdían durante su procesado, actualmente es una

práctica común y son muchas las marcas que adicionan a sus productos minerales como calcio, zinc, aluminio, hierro y cromo (Brown, 1995).

Algunos ejemplos de alimentos fortificados son los cereales para desayuno (vitaminas y minerales), harinas (hierro), formulas lácteas para infantes (zinc y otros minerales), sal (yodo), y otros; aunque aún hay muchos productos que pueden ser fortificados o enriquecidos como las botanas por ejemplo.

3.5 Calcio

El calcio junto con el fósforo, es el mineral más abundantes en el organismo, representa entre el 1.5 y 2 % del peso corporal y el 39% de los minerales corporales totales (González, 1998). El 99 % del calcio se encuentra en huesos, dientes y el resto se encuentra en la sangre y los líquidos extracelulares, donde regula las funciones de contracción y relajación de los músculos; por eso se considera que los huesos son el lugar de almacenamiento del calcio corporal. El calcio ionizado tiene gran importancia en la coagulación sanguínea, en el funcionamiento del corazón, de los músculos y nervios y en la permeabilidad de la membrana celular (Hernández, 2001).

Debido al mecanismo homeostático del organismo (mantener constante la concentración de minerales) si se ingiere poco calcio, el porcentaje a absorberse aumenta y si por el contrario se toma una gran cantidad de calcio el porcentaje

absorbido por el intestino disminuye, a fin de evitar hipercalcemia (exceso de calcio), por lo que las megadosis no son recomendables. La mayoría de estudios indica que las pérdidas obligatorias de calcio son alrededor de 250 mg. diarios en un adulto sano, esta cantidad aumenta con la edad, menopausia o enfermedad (Zurita G, 2003).

En promedio los adultos absorben 30% del calcio dietario, mujeres embarazadas absorben 50% y niños 50 – 60 %. Existen varios factores que afectan la absorción/utilización de calcio:

- La vitamina D y los fluidos gástricos favorecen la absorción / utilización .
 - La Vitamina D ayuda en la síntesis de las proteínas que se unen al calcio y que son necesarias para transportarlo a través de la pared intestinal.
 - Los fluidos gástricos favorecen la absorción manteniendo soluble al calcio.
- La lactosa, ciertas proteínas y aminoácidos estimulan la absorción.
- La presencia de fósforo en iguales cantidades mejora la absorción de calcio.

Por otro lado existen compuestos que interfieren en la absorción del calcio:

- El ácido oxálico presente en espinacas forma oxalato de calcio (como piedras).
- El ácido fítico presente en la cascarilla de algunos cereales forma fitatos de calcio (como piedras pequeñas también).

- El consumo excesivo de salvado o cereales enteros puede interferir con la absorción de calcio.
- El consumo excesivo de grasas puede provocar la formación de “jabones duros” (sales de calcio de ácidos grasos) haciendo al calcio no absorbible (Vasconcelos, 2001).

Los requerimientos de calcio de acuerdo a edad y sexo se presentan en la tabla I.

Tabla I. Requerimientos de calcio en diferentes etapas de la vida.

Etapa		Requerimiento diario
Infantes	0 – 0.5 años	400 mg
	0.5 – 1 año	600 mg
	Niños	1200 mg
	Adultos	1200 mg
	Mujeres embarazadas y en lactancia	1600 mg

Modificada de Vasconcelos, A. 2001.

Las deficiencias de calcio en niños se manifiestan en retardo en el crecimiento, un pobre desarrollo de huesos y dientes, ricketsia (huesos débiles y deformes). En adultos los principales problemas por deficiencia de calcio son:

- Osteoporosis. Afecta a mujeres mayores de 45 años aproximadamente, los huesos son porosos y frágiles debido a que el calcio se pierde o no se absorbe adecuadamente.

- Osteomalacia. Afecta más a los hombres, se manifiesta también con huesos frágiles principalmente debido a falta de vitamina D, también se le llama Riquetsia de adultos.

El calcio de mayor absorción y biodisponibilidad está en alimentos lácteos. Existen sin embargo otros alimentos ricos en calcio como: los vegetales de hojas verde oscuro por ejemplo brócoli y espinaca, aunque esta última tiene un contenido cálcico con baja absorción y biodisponibilidad debido a la presencia de ácido oxálico (Zurita G, 2003); nueces, frijol de soya, higos secos, cítricos; jugo de naranja, leche, pan fortificados con calcio (Vasconcelos, 2001).

Un estudio publicado en el New England Journal of Medicine muestra que no se encontró diferencia en el nivel de calcio absorbido de cantidades equivalentes de varias fuentes, incluyendo leche y varias sales de calcio, este estudio se realizó en voluntarios sanos y jóvenes en ayunas. Esto resultó cierto independientemente de la solubilidad de las varias formas de calcio (Sheikn, 1987).

3.6 Zinc

Se sabe que el zinc funciona como una coenzima en muchas reacciones metabólicas (Brown, 1995) y sobre todo en la hormona del crecimiento, en pequeñas

cantidades es necesario para diversas reacciones relacionadas con el metabolismo del bióxido de carbono (González, 1998), ayuda a la insulina a regular la glucosa en la sangre, es componente de cabello, uñas, tejido conectivo y sangre (Vasconcelos, 2001). Además actúa: evitando resfriados, sanando heridas, manteniendo la piel sana, conservando la vista, mejorando la memoria y en el crecimiento de niños.

El zinc es almacenado en cantidades limitadas en el hígado y el esqueleto, aún no es muy conocido su mecanismo de absorción pero si se sabe que existe una inhibición competitiva entre zinc y cobre, entonces si se consumen altas cantidades de zinc puede presentarse una deficiencia de cobre (Botash et al. 1992) y viceversa.. Al igual que con el calcio el ácido fítico (presente en granos y leguminosas) puede formar fitatos e interferir en la absorción de zinc.

El requerimiento de zinc en adultos es de 15 mg/día, la deficiencia de zinc causa deterioro del crecimiento de tejido y cicatrización de heridas; pérdida de apetito, pérdida de sensibilidad gustativa, pérdida de sensibilidad olfativa, y pérdida de cabello; desarrollo retardado de los huesos, de los órganos sexuales y anemia (Vasconcelos, 2001). Puede presentarse toxicidad si se ingieren más de 2 g de zinc al día y los síntomas son diarrea, vómito, fiebre y cansancio (Noss and Rady 1999).

El zinc se encuentra principalmente en alimentos ricos en proteínas como mariscos, pescado, carnes rojas, pollo e hígado; también está presente en vegetales,

nueces, cacahuates, chícharos, frijoles y granos pero en estos últimos hay problemas con la formación de fitatos.

3.7 Características de la manzana

Manzano es el nombre común que se le da a un grupo de árboles de la familia de las rosáceas el cual produce la manzana. El nombre científico de la manzana es *Malus sylvestris Mill*, es rica en pectina, fibra soluble y tiene la propiedad de ayudar al cuerpo a eliminar el colesterol (Youshimatz, 2002), además es un fruto climatérico.

3.7.1 Composición

El Instituto Nacional de Nutrición Salvador Zubirán (INNSZ, 1998) reporta la siguiente composición de *Malus sylvestris Mill*:

Tabla II. Composición de la manzana
Malus sylvestris Mill, en 100 g de fruta

Parámetro	Contenido
-----------	-----------

Humedad (%)	87
Cenizas (g)	0.30
Proteína bruta (g)	0.25
Carbohidratos (g)	12.26
Fibra bruta (g)	1.0
Calcio (mg)	8.0
Fósforo (mg)	6.0
Fierro (mg)	0.82
Carotenos (mg)	0.6009
Tiamina (mg)	0.02
Riboflavina(mg)	0.02
Niacina (mg)	0.19
Ácido ascórbico (mg)	4.6

Modificada de INNSZ, 1998

3.7.2 Porosidad de la manzana

La porosidad es una propiedad de los alimentos para poder utilizar su estructura como vehículo de componentes que regularmente no contienen o están en baja concentración, en el caso de la manzana se ha determinado una porosidad efectiva del 33 % (Mújica-Paz et. al., 2001), esto significa que la manzana puede retener una solución hasta por un total del 33 % de su volumen, esto porque la manzana posee espacios ocupados por aire y que pueden ser sustituidos por una solución o jarabe. De

acuerdo a Mújica-Paz et al., (2001) la manzana resultó ser más porosa que papaya, plátano, mamey y mango.

3.8 Deshidratación osmótica (DO)

El agua es uno de los componentes que se encuentra en mayor cantidad en los alimentos, afecta directamente la calidad y seguridad del alimento controlando muchos cambios fisicoquímicos y bioquímicos. La remoción de agua o el hacerla no disponible para el crecimiento microbiano y el desarrollo de reacciones deteriorativas, es el principio más importante en el procesado de alimentos.

Durante las últimas décadas la mayoría de las investigaciones se han enfocado a la mejora de la calidad de los productos terminados por lo que se han probado diferentes técnicas de procesamiento, la deshidratación osmótica por ejemplo se reconoce como un método de procesado económico, que remueve el agua para reducir la actividad de agua (a_w) del producto haciendolo más estable (Welti y Vergara, 1997).

La deshidratación osmótica es un proceso de remoción de agua mediante la inmersión del alimento en una solución hipertónica lo que provoca flujos simultáneos de agua y soluto en sentido contrario (Raoult – Wack, 1990) debido a que la migración del agua hacia la solución externa es mayor que la de solutos hacia el alimento se produce un efecto de deshidratación (Conway et al., 1983).

La DO es aplicable a frutas y verduras (Wolti et. al. 1997) porque sus membranas celulares tienen una permeabilidad diferencial que permite la salida más rápida del agua que de solutos (Shi et. al., 1995), el resultado es una variación en el peso de la fruta y una disminución de su actividad de agua (Magee y Murphy, 1983; Le Maguer, 1996).

La selección del soluto o solutos para la elaboración de la solución osmótica está basada en tres principales factores:

- Características sensoriales del producto.
- Costo del soluto o solutos.
- Peso molecular de solutos.

Los solutos más usados para deshidratación osmótica son el cloruro de sodio (sal común), sacarosa, lactosa, jarabe de alta fructosa y glicerol (Barbosa y Vega, 1996).

3.9 Impregnación al vacío

La impregnación al vacío es un método de deshidratación osmótica novedoso que aprovecha la microestructura porosa de los alimentos para que ocurra una transferencia de masa e implica mecanismos aún no muy bien conocidos, uno de ellos es el mecanismo hidrodinámico (Fito y Chiralt, 1995).

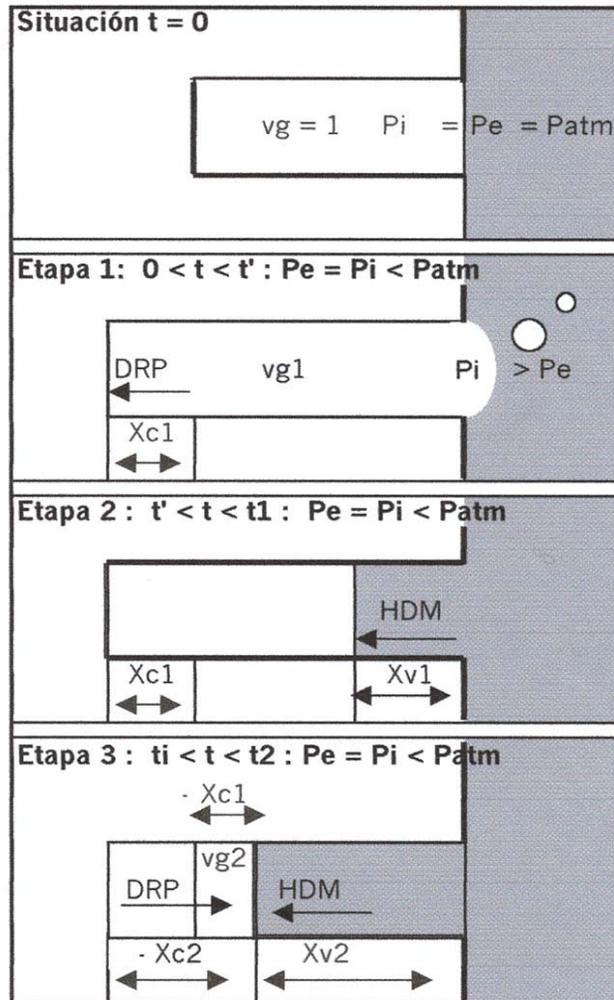
Las ventajas de usar la impregnación al vacío en lugar de la DO son que la pérdida de agua es más rápida, hay mayor ganancia de sólidos y a veces se mejora la presentación del producto final (Gilibert, 2002).

Las investigaciones sobre la aplicación de la impregnación al vacío se dirigen a la obtención de productos mínimamente procesados (Santacruz, 1997) y obtención de productos de humedad intermedia a los cuales se les incorporan ciertos nutrientes como Ca y Zn (Gilibert, 2002).

3.9.1 Mecanismo Hidrodinámico

El mecanismo hidrodinámico se presenta cuando se sumergen estructuras porosas en líquidos bajo condiciones de vacío. Este mecanismo describe la transferencia de masa entre la parte interna de los poros y la fase líquida externa, como resultado de las diferencias de presión actuando como fuerzas impulsoras controladas por la compresión o expansión del gas ocluido en los poros de la estructura (Andres y Fito, 1993).

La representación gráfica de lo que ocurre en un poro cilíndrico de un alimento sólido sumergido en un líquido se muestra en la figura 1.



Fuente: Gilibert, 2002

t = tiempo

vg = volumen del gas dentro del poro

$Patm$ = Presión atmosférica

Pi = Presión interior

Pe = Presión exterior

DRP = Fenómeno deformación – relajación

MHD = Mecanismo Hidrodinámico

Xv = fracción volumétrica ocupada por el líquido

Xc = incremento de la fracción volumétrica en el poro

Figura 1. Diagrama de un sistema sólido – líquido, sufriendo los fenómenos de deformación – relajación seguido por el mecanismo hidrodinámico.

- ✓ Al tiempo 0 ($t = 0$) se tiene un volumen de gas atrapado en el poro antes de cualquier interacción sólido – líquido.
- ✓ En la etapa 1 se aplica vacío para aumentar la presión interna (P_i) respecto a la presión externa (P_e) provocando que el gas atrapado en el poro se expanda y fluya hacia el exterior teniéndose una reducción del volumen del gas que se encontraba dentro (v_g), esto provoca que la matriz sólida se deforme.
- ✓ En la etapa 2 la salida de gas del poro cesa cuando las presiones internas y externas se igualan ($P_i = P_e$), para esto, el tamaño del poro se ha incrementado respecto al tamaño inicial. El sistema se mantiene a esta presión de equilibrio que es la presión de trabajo por un cierto tiempo (t_1), entonces ocurre el MHD como consecuencia del gradiente de presiones entre la presión interna del gas atrapado en los poros y la presión del sistema, provocando que los espacios intercelulares se llenen parcialmente de líquido.
- ✓ En la etapa 3 se reestablece la presión atmosférica al sistema por un cierto tiempo (t_2) y nuevamente se presenta el MHD por diferencia entre las presiones interna y externa, durante este tiempo cierta cantidad de líquido es transportado al interior de la matriz en lugar del gas que inicialmente tenía, provocando así un cambio de volumen y peso que se determinan analíticamente (Guerrero, 1996).

3.10 Alimentos mínimamente procesados

Este tipo de alimentos también son conocidos como alimentos de alta humedad. Esta tecnología se desarrolló para obtener productos con características de frescura y vida de anaquel extendida, aún en almacenamiento a temperatura ambiente, usando un proceso simple y energéticamente eficiente (Tapia de Daza et al., 1997).

Esta tecnología se aplica principalmente a frutas y vegetales, y el concepto de mínimamente procesado originalmente se aplicaba sólo a aquellos productos en los que el tejido se mantiene con vida y continúa respirando, actualmente este concepto se extiende a productos con ligeras modificaciones de su condición de frescura pero que mantienen características similares a las del producto fresco, aunque el tejido no este vivo (Welti et al. 1996).

El principal mecanismo deteriorativo de los alimentos mínimamente procesados es el crecimiento microbiano, cambios bioquímicos y fisicoquímicos (oscurecimiento, etc.), pérdida de nutrientes, cambio en propiedades organolépticas como color, sabor, aroma, textura (Alzamora et al, 1995).

El proceso de conservación de estos alimentos se conoce como tecnología de obstáculos la cual consiste en modificar una serie de factores que individualmente no dañan a los microorganismos que se encuentran en el alimento pero en conjunto pueden inhibirlos. En la tabla III se presentan algunos obstáculos y los niveles usados.

Tabla III. Principales obstáculos usados para frutas mínimamente procesadas.

Obstáculo	Intensidad
a_w	0.92 – 0.98
pH	2.5 – 4.1
Escaldado	30 – 240 seg
Sorbato de potasio	0 – 1500 ppm
Benzoato de sodio	0 – 1500 ppm
Sulfitos	0 – 400 ppm

Argaiz et al., 1995

Algunos alimentos mínimamente procesados que se han desarrollado dentro de la Universidad de las Américas son:

1. Gajos de toronja pelados químicamente y deshidratados osmóticamente con jarabe de sacarosa de 55°Bx, envasados en frascos con jarabe de sacarosa de 25.8°Bx, a_w de 0.98, 500 ppm de SK y 500 ppm de benzoato de sodio como líquido de cobertura en una relación (2:1). Este producto se estudió por 45 días resultando estable a 3 diferentes temperaturas 5, 15 y 25 °C (Villa, 1999).

2. Jitomate **Saladet** entero de alta humedad con: Cloruro de sodio 1.21 a 1.29%, 6.9 a 7.3 °Bx, a_w .988 a .990, pH 3.5 a 3.7, Calcio 264 ppm, Sorbato de potasio 585 ppm, Benzoato de sodio aprox. 500 ppm. La vida útil de este producto almacenado a 5 °C se determinó superior a 2 meses, alrededor de 4 meses y medio (Fernández, 1998).

Pérez (2002) desarrolló productos de frutas mínimamente procesados enriquecidos con componentes fisiológicamente activos (calcio y zinc) a partir de mango y papaya escaldados a baja temperatura (BET); estos productos fueron monitoreados por un periodo de 15 días, resultando microbiológicamente seguros, y con pérdidas de color en cuanto en su saturación por este lapso de tiempo (Pérez, 2002).

Los alimentos mínimamente procesados pueden no ser de consumo directo sino recibir también un procesamiento posterior con tratamiento térmico, empaque al vacío, refrigeración, empaque en atmósferas modificadas, irradiación, altas presiones, impregnación al vacío, entre otros (Barbosa – Canovas et al., 1995).

