

**Efectos de los tratamientos térmicos sobre las propiedades nutricionales de las
frutas y las verduras**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de
Especialista en Alimentación y Nutrición

Luis Fernando Arias Cardona

Asesora:

Beatriz Estella López Marín

Nutricionista – Dietista

Msc. Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias

Corporación Universitaria Lasallista

Facultad de Ingeniería

Especialización en Alimentación y Nutrición

Caldas - Antioquia

2016

Hoja de aceptación

Firma del jurado

Dedicatoria

A todos aquellos que de una u otra manera me apoyaron y acompañaron en este esfuerzo académico, en procura de lograr este sueño...

En especial a mi familia, quienes con su aliento constante permitieron que esta meta fuera alcanzada.

Tabla de contenido

| | Pág. |
|---|-----------|
| <i>Introducción</i> | 14 |
| <i>Objetivos</i> | 15 |
| Objetivo general..... | 15 |
| Objetivos específicos..... | 15 |
| <i>¿Qué son las frutas y las verduras?</i> | 16 |
| Las frutas | 16 |
| las verduras | 20 |
| Composición de las frutas y las verduras | 21 |
| <i>Métodos convencionales y no convencionales empleados en la industria de alimentos para la conservación de las frutas y verduras</i> | 24 |
| Métodos físicos de conservación por alta temperatura | 26 |
| Escaldado | 26 |
| Esterilización | 27 |
| Cocción | 27 |
| Métodos físicos de conservación por baja temperatura | 29 |
| Refrigeración | 29 |
| Congelación | 29 |
| Métodos físicos de conservación por variación del contenido de agua | 30 |
| Métodos químicos de conservación | 31 |
| Salazón | 31 |
| Curado | 32 |
| Adición de ácidos | 32 |
| Conservantes | 33 |
| Edulcorantes | 34 |
| <i>Métodos de conservación y calidad organoléptica y nutricionales de las frutas y verduras</i> | 35 |
| Uso de tecnologías no térmicas | 42 |
| Alta presión hidrostática (HHP) | 43 |
| Ultrasonido | 46 |
| Irradiación | 47 |
| Uso de antimicrobianos y bacteriocinas | 49 |
| Micro y ultrafiltración | 50 |
| Sistema oxyion | 51 |

| | |
|---|------------------|
| <i>Comparativo de efectos de los tratamientos térmicos, no térmicos, convencionales y no convencionales sobre las propiedades nutricionales de las frutas y las verduras</i> | <i>55</i> |
| <i>Referencias</i> | <i>62</i> |

Lista de tablas

| | Pág. |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1. Clasificación de las frutas.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabla 2. Clasificación taxonómica de algunas hortalizas en Colombia.....</i> | <i>20</i> |
| Tabla 3. Métodos de cocción de los alimentos..... | 28 |
| <i>Tabla 4. Comparativo de efectos de los tratamientos térmicos, no térmicos, convencionales y no convencionales sobre las propiedades nutricionales de las frutas y las verduras.....</i> | <i>55</i> |

Lista de gráficas

| | Pág. |
|---|------|
| Gráfica 1. Métodos de conservación empleados en la industria de alimentos | 25 |

Lista de imágenes

| | Pág. |
|--|------|
| Imagen 1. Marmita industrial SCM-100 | 28 |
| Imagen 2. Funcionamiento del sistema Oxyion..... | 54 |

Lista de figuras

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Estructura general de la fruta | 17 |

Glosario

Antioxidante: Sustancia que inhibe directa o indirectamente las oxidaciones causadas por el oxígeno.

Enzima: Sustancia que permite reforzar y acelerar las reacciones bioquímicas en el organismo.

Fructosa: Azúcar presente en muchos zumos de fruta, más dulce que la glucosa, que dentro del cuerpo se convierte en esta última con mucha facilidad.

Glucosa: Elemento principal de los glúcidos alimentarios y compuesto energético más importante del organismo.

Micronutrientes: Conjunto de vitaminas, oligoelementos y diversos microconstituyentes aportados por los alimentos.

Minerales: O más concretamente sales minerales. Se trata de unos componentes presentes en el organismo que desempeñan una función importante tanto estructural como fisiológica (regulación del agua), en el ámbito de la transmisión nerviosa. El calcio, el fósforo, el potasio, el magnesio, el hierro y el sodio son algunos de los minerales más conocidos.

Nutriente: Sustancia de interés nutricional para el cuerpo. Se dividen entre macronutrientes (proteínas, grasas y carbohidratos) y micronutrientes (vitaminas, minerales y oligoelementos).

Pasteurización: Proceso térmico que se realiza en líquidos (generalmente alimentos) con el objeto de reducir los agentes patógenos que puedan contener, como

bacterias, protozoos, mohos y levaduras, etc. El proceso de calentamiento recibe el nombre de su descubridor, el científico-químico francés Louis Pasteur (1822-1895).

Oxidación: Concepto bioquímico que corresponde a una ganancia de oxígeno y pérdida de hidrógeno.

Verdura: En el sentido estricto de la palabra, una verdura es una planta generalmente cultivada en huertos que presenta alguna o varias partes comestibles. En el ámbito culinario, el término verdura hace referencia a toda parte comestible de un ser vivo no animal, vegetal, hongo o protista (algunas algas), que no tenga un sabor dulce. Este concepto también engloba las plantas que nos proporcionan especias o finas hierbas. Por otra parte, las partes comestibles con un sabor más dulce son consideradas, en el ámbito culinario, frutas.

Vitamina: Sustancia necesaria para la vida que no somos capaces de sintetizar en cantidad suficiente. Es necesario aportarlas con la alimentación. Existen 13 vitaminas, de las cuales las más presentes en las verduras son la vitamina C, la provitamina A y la vitamina B9.

Resumen

El propósito de la presente investigación se centra en describir los efectos que tiene el uso de los diferentes métodos empleados para la conservación de las frutas y verduras (convencionales y no convencionales) sobre la calidad organoléptica y nutricional de estos alimentos; para ello, se parte de una revisión crítica de la literatura científica sobre los diferentes métodos empleados para la conservación de las frutas y verduras; de igual manera, se describe la forma como los métodos empleados en la industria de alimentos para la conservación de las frutas y verduras afecta la calidad organoléptica y nutricional de estos alimentos; y por último, se relaciona, una identificación de las diferentes tecnologías no térmicas y no convencionales para la preservación de frutas y verduras.

Palabras clave: *conservación de frutas y verduras, métodos convencionales y no convencionales, calidad organoléptica, calidad nutricional, afectación de la demanda.*

Abstract

The purpose of this research focuses on describing the effects of the use of different methods used for the preservation of fruits and vegetables (conventional and unconventional) on the organoleptic and nutritional quality of these foods; for this, it is part of a critical review of the scientific literature on the different methods used for the preservation of fruit and vegetables; likewise, how the methods used in the food industry for preserving fruits and vegetables affects the organoleptic and nutritional quality of these foods it is described; and finally, it relates, an identification of the different technologies and do not finish unconventional for preserving fruits and vegetables.

Keywords: *preservation of fruit and vegetables, conventional and unconventional methods, organoleptic quality, nutritional quality, impact on demand.*

Introducción

De acuerdo con Gil (2010), las frutas y las verduras forman un grupo muy variado en el campo de los alimentos, además, son una importante fuente de vitaminas, minerales, fibra y agua; suministran poca cantidad de carbohidratos clasificados como disacárido. La mayoría de estos productos son de consumo inmediato, pues una vez obtenidos de la cosecha se comercializan frescos y en óptimo estado de madurez.

Para el aprovechamiento, mantenimiento y prolongación de la calidad de las frutas y verduras, desde el punto de vista organoléptico y nutricional, señala Lesur (2006), existen diferentes métodos de transformación física, química y físico-químico; sin embargo, actualmente existe un desconocimiento sobre cómo el uso de estos métodos puede deteriorar el aporte nutricional de estos alimentos fuentes de micronutrientes.

Por lo tanto, con esta monografía se realiza un estado del arte por medio de un rastreo bibliográfico y documental en diferentes bases de datos, en el que se abordó la descripción de los efectos que tiene el uso de los diferentes métodos empleados para la conservación de las frutas y verduras (convencionales y no convencionales) sobre la calidad organoléptica y nutricional de estos alimentos, se centró la atención en alternativas como escaldado, esterilización, cocción, refrigeración, congelación, salazón, curado, adición de ácidos, conservantes y edulcorantes, así como el abordaje de algunas tecnologías no térmicas y no convencionales en frutas y verduras.

Objetivos

Objetivo general

Describir los efectos que tiene el uso de los diferentes métodos empleados para la conservación de las frutas y verduras (convencionales y no convencionales) sobre la calidad organoléptica y nutricional de estos alimentos.

Objetivos específicos

Describir los métodos convencionales y no convencionales empleados en la industria de alimentos para la conservación de las frutas y verduras.

Realizar una revisión crítica de la literatura científica sobre los diferentes métodos empleados para la conservación de las frutas y verduras (convencionales y no convencionales).

Identificar las diferentes tecnologías no térmicas y no convencionales para la preservación de frutas y verduras.

¿Qué son las frutas y las verduras?

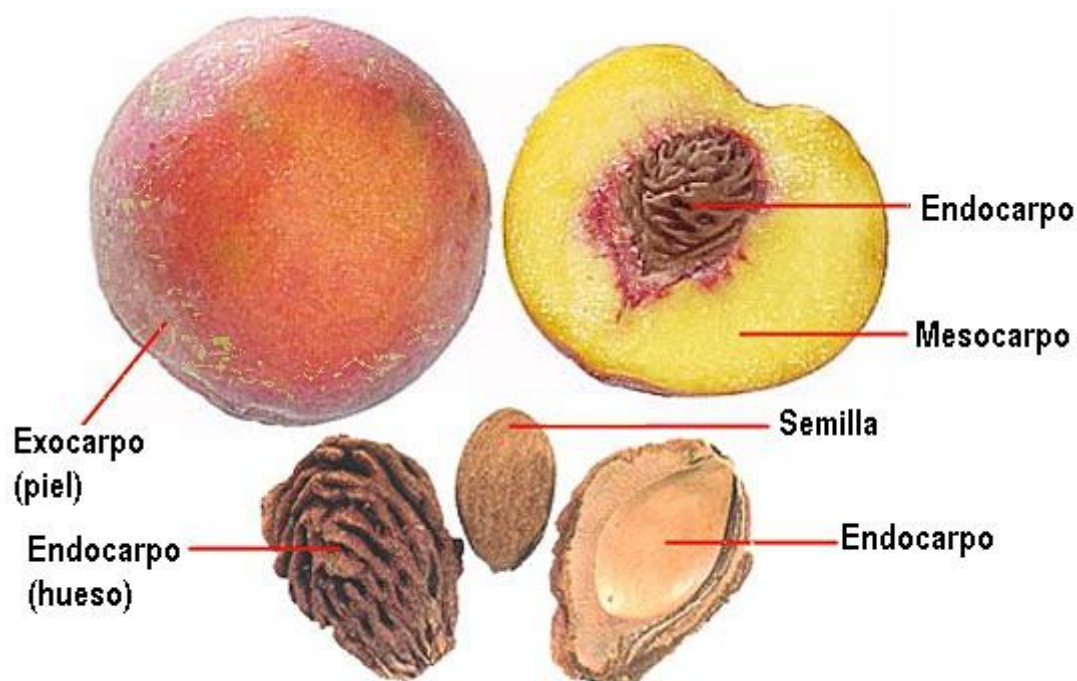
Las frutas

Según la Resolución 3929 del 02 de octubre de 2013, la fruta es “un órgano comestible de la planta vegetal constituido por el ovario fecundado y maduro de la flor que por lo general contiene una o más semillas y cualquier parte de la flor que tenga íntima asociación con dicho ovario” (art. 3).

Una designación más general de fruta, de acuerdo con Ramírez (2011,20), puede ser el “fruto, la semilla o las partes carnosas de órganos florales que hayan alcanzado un grado adecuado de madurez y sean propias para el consumo humano”. De esta forma, el fruto es el ovario transformado y cuyos óvulos han sido fecundados.

Según Doblado (2006), en la madurez, el fruto posee una buena cantidad de agua y sustancias nutritivas, es pulposo, aunque si pierde la mayor parte del agua entonces es un fruto seco. Durante maduración hay lugar a la transformación de sustancias químicas, entre las cuales se cuenta el paso de los almidones a sacarosa y glucosa (fruto dulces o frutas). El fruto posee de tres capas diferentes en grosor y consistencia (epicarpo, mesocarpo y endocarpo), de acuerdo a la especie vegetal, y a las tres, unidas, se les llama pericarpo.

Figura 1. Estructura general de la fruta



Fuente: García (2003).

Para Ramírez (2011), no existe una clasificación unánime para clasificar las frutas, aunque este autor sugiere la siguiente clasificación:

Tabla 1. Clasificación de las frutas

| criterio | Clasificación | | Características y ejemplos |
|---------------------|---------------|------------------|---|
| Según su naturaleza | Frutos secos | Legumbre o vaina | Es propio de las leguminosas como el guandú, el maní, la acacia, el tamarindo y el falso alcaparro. |
| | | Folículo | Nabo, cubio. |
| | | Silicua | Fruto bicarpelar de una cavidad. Es el fruto de las crucíferas como el rábano y la coliflor. |
| | | Cariopsos | Son los frutos de las gramíneas como el trigo, la cebada, la |

| | | | |
|--|----------------------------|---------------|--|
| | | | avena y el centeno. |
| | | Nueces | Pericarpio o cáscara dura con una parte comestible que es la semilla o almendra como la avellana y la nuez. |
| | Frutos carnosos simples | Drupa (hueso) | Tienen un solo hueso o drupa como las ciruelas, el melocotón, la cereza, el aguacate, el durazno y la oliva. |
| | | Pomo | Se caracteriza porque la pulpa rodea un receptáculo interno que contiene las semillas como la manzana y la pera. |
| | | Pepónides | Posee una cubierta externa gruesa como el cocombro, la sandía, el melón, la calabaza y la ahuyama. |
| | | Baya | Mesocarpo carnoso y jugoso, el endocarpo se reabsorbe y las semillas quedan mandando en el mesocarpo como el tomate, la uva, la guayaba, el plátano y el dátil. |
| | Frutos carnosos compuestos | Hesperidio | Epicarpo blando, grueso, con glándulas productoras de aceites esenciales; mesocarpo esponjoso, blanco y comestible; endocarpo dividido en tabiques membranosos que pueden separarse unos de otros y contienen pelos glandulares fusiformes, ricos en jugos con ácidos cítricos o sus derivados y vitamina C. Son los frutos cítricos como la naranja, la lima, los limones, la toronja y la sidra. |
| | Frutos carnosos compuestos | Agregados | Derivados de una cantidad variable de ovarios como las fresas, las frambuesas y las moras. |
| | | Múltiples | Derivados de una cantidad variable de ovarios de varias flores que crecen más o menos juntos formando una masa como la piña, la fresa, la frambuesa, la mora, la granada y la breva. |

| | | |
|--|------------------------|--|
| Según su estado | Fruta fresca | Fruta que es consumida sin sufrir ningún proceso tecnológico. |
| | Fruta desecada | Son las frutas frescas que se le reduce el porcentaje de humedad. Entre este grupo se tiene la aceituna, el albaricoque desecado, la ciruela pasa, el dátil, el melocotón, las peras desecadas y las uvas pasas. |
| | Fruta deshidratada | Es el producto que se obtiene de retirar la humedad mediante procesos de deshidratación, con el control de variables para no afectar la calidad final de la fruta. |
| Según como se produzca el proceso de maduración de la fruta | Frutas climatéricas | Estas frutas sufren una maduración brusca y grandes cambios de color, textura y composición. Normalmente se recolectan en estado preclimatérico y se almacenan en condiciones controladas para que la maduración no tenga lugar hasta el momento de sacarlas al mercado como la manzana, la pera, el plátano, el melocotón, el albaricoque y la chirimoya. |
| | Frutas no climatéricas | Estas frutas maduran de forma lenta y no tienen cambios bruscos en su aspecto y composición. Presentan mayor contenido de almidón. La recolección se hace después de la maduración porque si se hace cuando están verdes luego no maduran, sólo se ponen blandas como la naranja, el limón, la mandarina, la piña, la uva, el melón y la fresa. |

Fuente: Ramírez (2011).

las verduras

Según Muñoz (2010), las verduras son hortalizas, especialmente las que poseen color verde, aunque, en general, es cualquier planta que se pueda usar como alimento, sea en forma cruda o cocinada.

Muchos investigadores hacen una calificación de las hortalizas más como un grupo que no pertenece a una especie botánica específica y que tienen una amplia variedad de estructuras vegetales; aunque, se pueden clasificar, de acuerdo con Ramírez (2011), en tres categorías principales: semillas y vainas, bulbos, raíces y tubérculos y flores, yemas, tallos y hojas.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de algunas hortalizas en Colombia

| Nombre | Nombre latino |
|----------------------------|---|
| Champiñón cultivado | <i>Agaricus hortensis</i> |
| Zanahoria | <i>Daucus carota</i> |
| Perejil | <i>Petroselinum crispum ssp. tuberosum</i> |
| Rábano | <i>Raphanus sativus var. niger</i> |
| Patatas | <i>Solanum tuberosum</i> |
| Apio (tubérculo) | <i>Apium graveolens var. rapaceum</i> |
| Remolacha roja | <i>Beta vulgaris ssp vulgaris var. rapaceum</i> |
| Ajo | <i>Allium sativum</i> |
| Cebolla | <i>Allium cepa</i> |
| Puerro | <i>Allium porrum</i> |

| | |
|------------------|--|
| Col | Brassica oleracea covar. acephala var. sabellica |
| Remolacha | Beta vulgaris ssp. vulgaris var. vulgaris |
| Espinacas | Spinacia oleracea |
| Lechuga | Lactuca capitata var. crispa |
| Coliflor | Brassica oleracea covar. botrytis var. botrytis |
| Berenjena | Salanum melongena |
| Calabaza | Cucurbita pepo |
| Pimiento | Capsicum annum |
| Pepino | Cacumis sativus |
| Tomate | Lycopersicon lycopersicum |
| Calabacín | Cucurbita pepo covar. giromontiina |

Fuente: Ramírez (2011).

Composición de las frutas y las verduras

En los vegetales el agua es el elemento predominante; ello permite vislumbrar a las frutas y verduras como pobres en energía, lo que, aunado a su gran variedad, las convierte en alimentos perfectos para desarrollar modelos de alimentación equilibrados y variados de aplicación en regímenes nutricionales, según señalan Paltrinieri, Berlijn y Meyer (2007).

El agua se encuentra en las frutas y verduras entre un 70% y un 90%, de acuerdo con Badui (2006), lo que las hace jugosas. Dentro del agua disuelta están las vacuolas y dentro de estas últimas están las sustancias solubles como por ejemplo las sales, los ácidos, los azúcares, los pigmentos solubles y las vitaminas. Ahora, las sustancias que no se disuelven en el agua se esparcen de forma coloidal en ella.

Específicamente, y siguiendo con lo que establece Badui (2006), en las frutas y verduras aparecen tres formas de agua: capilar, que es la que se retiene en la delgadísima red de espacios capilares extracelulares que están en los tejidos vegetales; de monocapa o monopelícula, que es la que se retiene y absorbe a los puntos electrostáticos activos de las macromoléculas de los alimentos como por ejemplo los carbohidratos complejos y las proteínas, los cuales forman presión, concentración o cantidad de humedad sobre las superficies de las macromoléculas; y la débilmente ligada, que es la que no se congela ni tampoco se utiliza como solvente.

El deterioro y la descomposición de los alimentos gracias a la actividad acuosa se puede dar por fenómenos biológicos, químicos o físicos. “El deterioro biológico determinado por los procesos fisiológicos de respiración y germinación. El deterioro físico y químico, determinado por las alteraciones que se presentan en los alimentos como resultado de cambios físicos, enzimáticos y químicos” (Ramírez, 2011, 27).

Según Badui (2006), entre las funciones más importantes del agua dentro de las frutas y las verduras están las siguientes:

- Posee la capacidad de transportar, disolver y mantener sustancias en solución y suspensión coloidal.
- Es un componente nutricional y fisiológico.

- Es un reactivo en procesos bioquímicos, además de un poderoso acelerante en las reacciones químicas.
- Tiene una importante determinación en los caracteres sensoriales y en las propiedades fisicomecánicas de los productos (atributos de apetencia, textura, consistencia, etc.).
- Tiene influencia en la conservación de los alimentos y, además, es responsable de la carnosidad de las células y los tejidos.

Métodos convencionales y no convencionales empleados en la industria de alimentos para la conservación de las frutas y verduras

Desde hace siglos el hombre ha tratado de conservar sus alimentos y ha aprendido procesos de la propia naturaleza con el fin de mejorar la estabilidad de las materias primas alimenticias para que estas alcancen una vida útil de consumo más prolongada, creando diversos procesos.

De acuerdo con Bello (2005), con el avance logrado a través de sus conocimientos, tanto científicos como tecnológicos, el ser humano ha podido desarrollar métodos, más o menos sofisticados y complejos, los cuales se han basado en la aplicación de temperaturas tanto calientes como frías.

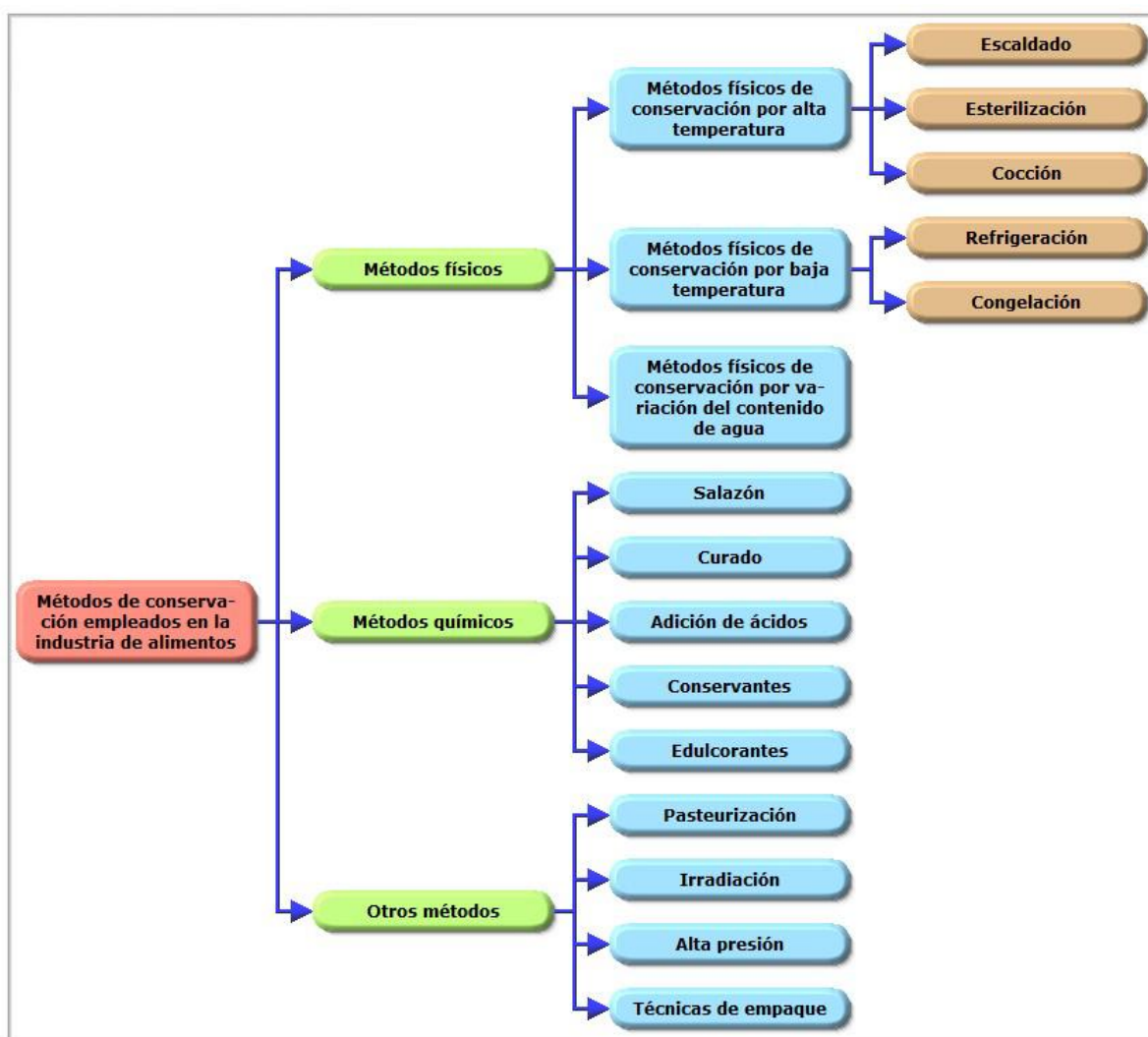
Según Velásquez (2011), para retardar el deterioro de los alimentos y aumentar su vida útil se emplean diversas técnicas para dilatar o prevenir el desarrollo y proliferación de bacterias, levaduras y mohos. La conservación puede lograrse por medios físicos, variando la temperatura y el contenido de agua, o por medios químicos, a través de la aplicación de aditivos que pueden o no cambiar las características organolépticas.

El método a escoger debe reunir una serie de condiciones que se pueden resumir de la siguiente manera:

1. No debe disminuir la calidad inicial del producto desde el punto de vista físico-químico.

2. No puede implicar un riesgo sanitario ni para el manipulador ni para el consumidor.
3. Debe ser un método confiable, que arroje resultados uniformes.
4. Debe ser compatible con las demás operaciones del proceso de fabricación y comercialización del alimento.
5. Debe ser una solución técnica y económicamente factible.

Gráfica 1. Métodos de conservación empleados en la industria de alimentos



Fuente: elaborado por Cardona Arias, Luis Fernando (2015).

La aplicación de temperaturas calientes, es decir, los tratamientos térmicos, que es el tema central de la presente monografía, se consideran una técnica antiquísima utilizada no sólo para mejorar las propiedades sensoriales de los alimentos, sino también para conservarlos. Es en este sentido que la industria de alimentos ha desarrollado distintos sistemas de conservación, basada en los efectos positivos que proporciona el uso de temperaturas más o menos elevadas.

Para Velásquez (2011), cuando se hace uso del incremento temporal de la temperatura como método de conservación de los productos alimenticios, necesariamente, debe acompañarse o completarse de otros métodos de conservación como el uso de empaques adecuados para evitar la recontaminación del producto. A nivel comercial, los métodos de incremento de temperatura más empleados son el escaldado, la esterilización y la cocción, aunque también es muy utilizada la pasteurización. En cualquier caso, el propósito principal, es aumentar la vida útil de los alimentos, pero también contribuyen a dar el acabado final a algunos productos en cuanto color, textura y otras características.

Métodos físicos de conservación por alta temperatura

Escaldado

Para Ramírez, Arenas, Acosta, Yamarte y Sandoval (2012), el escaldado es el proceso en el cual el centro geométrico del producto llega a temperaturas entre 69 y 72 °C durante unos pocos minutos (de 1 a 5). Se utiliza generalmente para la cocción de

productos embutidos como salchichones, mortadelas y otros. Además de la cocción, el escaldado inactiva la actividad enzimática y limpia y elimina los microorganismos superficiales del producto tratado. El escaldado por sí solo no constituye un método de conservación, sino un pre-tratamiento para acondicionar para la materia prima o como preparación para otras operaciones de conservación.

Esterilización

La esterilización es un tratamiento severo, en el cual el producto se expone a altas temperaturas por periodos de tiempo determinados, generalmente cortos. Por ejemplo, 121°C durante 2,8 minutos. Con este tipo de tratamiento se garantiza que se eliminen las esporas del *Clostridium botulinum*, que es una bacteria altamente termorresistente y, de tal manera, se garantiza también que se destruyen todas las demás bacterias que tienen una resistencia menor al calor. Así se logra la llamada esterilidad comercial, la cual asegura la calidad del producto bajo las condiciones adecuadas de manejo. Los equipos de esterilización se conocen comercialmente como autoclaves (Velásquez, 2011; y Alvarado et al., 2009).

Cocción

Para Granito, Pérez y Valero (2014), la cocción es un tratamiento un poco más severo que el escaldado, llegando a la temperatura de ebullición de agua a unos 94°C y su uso no está muy generalizado en el tratamiento térmico de frutas y verduras; uno de los equipos utilizados para la cocción son las marmitas abiertas o cerradas, las cuales son recipientes (ollas) que tienen una tapa para con ello aprovechar el vapor,

además de una o dos asas (agarraderas). Velásquez (2011) establece que existen marmitas industriales SCM-100 (ver imagen), las cuales se utilizan para altos volúmenes de producción.

Imagen 1. Marmita industrial SCM-100



Fuente: Citalsa, 2016.

Tabla 3. Métodos de cocción de los alimentos

| Método | Ejemplo | Sistema de transferencia de calor |
|---------------------|---------------|-----------------------------------|
| Calor seco | Horneado | Aire caliente |
| | Tostado | Calor radiante |
| | A la parrilla | Radiación |
| | A la brasa | Convección |
| Calor húmedo | Hervido | Conducción |

| | | | |
|------------------------|---------------------|--|---|
| | Al vapor | | |
| | Vapor a presión | Conducción | - |
| | Estofado | convección | |
| Aceite caliente | Freído | Conducción | |
| | Sofreído | | |
| Microondas | Horneado y cocinado | Calor generado por fricción intermolecular | |

Fuente: elaborado por Cardona Arias, Luis Fernando (2015).

Métodos físicos de conservación por baja temperatura

Es la vía más usada para retardar la proliferación bacteriana en alimentos. En la medida que el descenso sea más severo, mayor será el control que se puede efectuar, especialmente si se da un cambio en el estado del agua del producto. Sin embargo, entre más rápido sea el descenso, más costoso será el proceso. Los métodos comúnmente empleados son la refrigeración y la congelación.

Refrigeración

El proceso de refrigeración, según De la Fuente y Barboza (2010), se entiende como la disminución de la temperatura hasta valores próximos a donde se inicia la congelación, es decir, valores cercanos a $-1,5^{\circ}\text{C}$. Normalmente se entiende que un producto está conservado por refrigeración cuando está a una temperatura que oscila entre 0 y 4°C .

Congelación

La congelación es el método ideal para la conservación alimentos por tiempos prolongados. En la congelación se busca disminuir la temperatura por debajo de $-1,5^{\circ}\text{C}$

donde se empieza a congelar el agua presente en el alimento, objetivo que se logra en las mismas cámaras o cavas de refrigeración, pero programadas para alcanzar temperaturas más extremas (Velásquez, 2011). En la industria alimenticia, se dice que se congela el producto cuando éste llega hasta los -18°C (Gómez y García, 2012).

Métodos físicos de conservación por variación del contenido de agua

El secado o la deshidratación es quizá el método más antiguo a través del cual se conservan alimentos como la carne, las frutas, las verduras, la leche y sus derivados, entre otros (Marín, Lemus, Flores y Vega, 2006); este método se fundamenta en la exclusión del agua por medio de diversos métodos, con el fin de eliminar el medio de crecimiento de los microorganismos y retardar ciertas reacciones (Velásquez, 2011 y Valencia, Rodríguez y Giraldo, 2011).

En la industria alimenticia se habla de secado cuando el proceso se lleva a cabo naturalmente, y de deshidratación cuando se emplean medios mecánicos, como túneles de secado, para retirar el agua del producto (Valencia et al., 2011).

Otro tipo de conservación por eliminación de agua en la industria de alimentos, según señalan Mondragón, Julia, Barba y Jarque (2013), es el secado por aspersion o atomización, también conocido como rocío o spray; proceso que consiste en la “transformación de una suspensión o disolución en un material seco particulado, mediante la atomización del primero en un medio caliente y seco” (Mondragón et al., 2013, p. 159). Básicamente, y de acuerdo con Yanza (2003), este tipo de secado en gotas es usado en muchas aplicaciones de tipo industrial, especialmente en productos

de cerámica, químicos, alimenticios y farmacéuticos. lo que se transforma es la materia que se encuentra en forma líquida a seca y ello se logra a través de la generación de gotas imperceptibles que tienen una gran área superficial para la evaporación de su humedad y el medio para secar, por lo general, es gas caliente en gran volumen, con suficiente energía para terminar la evaporación del líquido.

Métodos químicos de conservación

Según Pérez (2011), los aditivos químicos más usados en la industria alimenticia que tienen propiedades conservantes son la salazón, el curado, la adición de ácidos y los conservantes.

Salazón

Para Velásquez (2011) y Barboza, Vázquez, Salcedo y Bautista (2004), el objetivo de la salazón es deshidratar parcialmente, reforzar el sabor e inhibir algunas bacterias. La salazón se hace mediante el uso de la sal en forma de cristales o mediante el empleo de salmueras (soluciones concentradas de sal). Cuando se usa sal como método de conservación, un 10% de este aditivo será suficiente para lograr ese objetivo, pero excederá el nivel de sabor aceptable por el consumidor, que acepta entre un 1,5 y un 2,8% de sal en el producto.

Curado

El término curación se ha venido empleando para describir dos procesos totalmente diferentes: en primer lugar, la curación asociada con la maduración de la carne y con la considerable pérdida de la humedad, con el uso de sal común y con una disminución del pH, factores todos tendientes a la conservación de la carne por períodos largos. Este proceso se basa en la adición de nitritos y otras sustancias como humo líquido y azúcar a la carne. En segundo lugar, el curado a la carne se hace para producir pigmentos termoestables a partir de la mioglobina, el pigmento natural del tejido muscular, el cual se utiliza en muchos embutidos escaldados y cocidos, además de los embutidos curados (Velásquez, 2011).

Adición de ácidos

El efecto conservante de los ácidos se da por la disminución del pH. (Rodríguez, 2011). En la industria procesadora de vegetales, se cumplen esas mismas especificaciones; sin embargo, el tipo de aditivos varía de acuerdo con la naturaleza de los productos que se trabajan, aunque los grupos de aditivos más empleados son los acidulantes y antioxidantes; Velásquez (2011) argumenta que los acidulantes son sustancias o mezclas de sustancias capaces de comunicar un pH ácido o intensificar el sabor ácido, o visto desde otra forma, capaces de disminuir el pH alcalino de los alimentos. Los antioxidantes son sustancias capaces de evitar o retardar la oxidación de algunos compuestos presentes en el alimento, como las grasas saturadas, ayudando a conservarlo y a prevenir la aparición de sabores y olores indeseables. En productos vegetales se suelen usar los siguientes:

Ácido ascórbico (vitamina C).

Ácido cítrico.

Ácido fumárico.

Ácido tartárico.

Conservantes

Los conservantes, son sustancias o mezclas de sustancias que impiden o retardan el proceso biológico de alteración producido en los alimentos por los microorganismos o las enzimas propias del alimento (García, 2007). En productos vegetales, por ejemplo, señala Wendee (2013), se utiliza una gran variedad, dentro de los que se destacan:

- Ácido benzoico y sus sales: se permite un máximo de 1000mg/kg, y que el ácido benzoico represente hasta el 0,1% de la formulación.
- Ácido sórbico y sus sales: se permite un máximo de 1000mg/kg, y que el ácido sórbico represente hasta el 0,1% de la formulación. El sorbato de potasio se utiliza para alimentos cuyo pH está entre 4,5 y 6,5, para combatir hongos y levaduras.
- Sulfitos: evitan la reacción de pardeamiento enzimático, ejerciendo una acción de blanqueamiento. También ayudan a la deshidratación de ciertos productos. Se emplean para frutas cuyo pH es menor que 4,5.

Otros conservantes menos empleados en la industria de alimentos son: sorbato de sodio, sorbato de potasio, sorbato de calcio, anhídrido carbonilo, hexametenotetramina, ácido bórico, ácido acético, ácido láctico, ácido propiónico,

propionato de sodio, propionato de calcio, ácido ascórbico, ascorbato de sodio, ascorbato de calcio, diacetato de ascorbilo, palmitato de ascorbilo, tetraborato de sodio, galato de propilo, gelato de octilo, gelato de dodecilo, butilhidroxianisol o BHA, butilhidroxitol o BHT, lecitina, lactato de sodio, lactato de potasio, lactato de calcio, ácido cítrico, citrato de sodio, citrato de potasio, citrato de calcio, ácido tartárico, tartrato de sodio, tartrato de potasio, tartrato de sodio y potasio y sal (Wendee, 2013).

Edulcorantes

Los edulcorantes son sustancias que endulzan los alimentos, realizando sus características organolépticas. Su uso en altas concentraciones puede convertirse en un método de conservación (Sánchez, 2014). En productos vegetales, señalan García, Casado y García (2013), se emplean normalmente la sacarosa, la fructosa, el aspartamo y el sucril; sin embargo, frente al uso de aspartamo y sucril, algunos estudios sugieren que este tipo de productos dietarios pueden generar ciertos efectos secundarios (Roberts, 2006), aunque otros sostienen que no conlleva riesgos para la salud (Labra et al., 2008).

Todos los métodos de conservación mencionados, son los mas empleados actualmente en la industria alimentaría y su principal fin es prolongar la vida útil de estos dos grupos de alimentos básicos en la alimentación humana, sin embargo no se le ha dado la relevancia respecto a como estos afectan la calidad nutricional y organoléptica de estos alimentos de manera positiva o negativa, aspectos que serán analizados a continuación.

Métodos de conservación y calidad organoléptica y nutricionales de las frutas y verduras

En el trabajo de Yahia y Zamora (2002) se establece que en años recientes se ha incrementado la atención sobre el papel de los antioxidantes en la salud humana. Tales compuestos, particularmente los de origen natural, son reconocidos como factores en la preservación de alimentos y como factores protectores de la salud. Destacan los autores que recientemente ha crecido la conciencia por parte de los consumidores, acerca de que muchos de los tratamientos químicos de frutas y hortalizas para el control de insectos, enfermedades y desórdenes fisiológicos son potencialmente dañinos para los humanos, por lo que existe la necesidad de desarrollar tratamientos efectivos, y no dañinos, para la salud. Tratamientos con altas o bajas temperaturas, atmósferas modificadas/controladas (como es el caso de los productos empacados al vacío) e irradiación (también conocida como pasteurización fría) son algunas de las posibilidades que están siendo investigadas. Dichas prácticas son utilizadas en poscosecha para disminuir las pérdidas de las frutas y las verduras; sin embargo, no se ha prestado mucha atención sobre sus efectos en la pérdida de los factores nutricionales y de salud, como son los antioxidantes.

En el trabajo de Agostini, Morón, Ayala y Ramón (2004) se determina que la capacidad antioxidante de los flavonoides, especialmente de las manzanas rojas con y sin cáscaras, de las fresas, de los tomates y de las cebollas disminuye luego de hacerles un tratamiento térmico, sea éste en horno, hervido o a vapor. Señalan así que las frutas y verduras frescas presentan mayor capacidad antioxidante que las tratadas

térmicamente; el menor valor se obtiene, sobre todo, con la aplicación de calor seco (horno), por las temperaturas elevadas aplicadas y tiempo prolongado de cocción. En las manzanas, por ejemplo, cuando estas se hornean con o sin cáscaras existe una diferencia y ésta se puede deber a que la cáscara actúa como medio de protección durante la cocción del alimento evitando en lo posible las pérdidas de los compuestos.

Por su parte, Iniesta et al. (2007) argumentan que existe un efecto por causa del tratamiento térmico (98°C durante 5 segundos), especialmente sobre el contenido de folatos del tomate crudo y del puré de tomate. Los resultados de diversas investigaciones muestran que el contenido en folatos cuantificados tras la homogenización y tratamiento térmico aumenta de manera significativa. La homogeneización produce un incremento en la cuantificación del 5-metil-tetrahidrofolato (5- MTHF), siendo mayor el incremento en las muestras tratadas a una presión final de 200 megapascales (MPa), bien en una sola etapa o en dos etapas de homogeneización, lo cual puede deberse a la rotura de las estructuras celulares que favorecen la liberación del folato del interior de la célula.

Barbosa y Bermúdez (2010) sostienen que los procesos comúnmente utilizados por la industria de alimentos ofrecen productos seguros pero, en muchos casos, la calidad de los mismos es significativamente más baja a los productos no procesados. En forma reciente, se ha empezado a investigar de manera sistemática y desde un punto de vista científico, tecnológico y práctico, las llamadas tecnologías “no térmicas” (conservación por atmósferas modificadas/controladas e irradiación). Las mismas utilizan como factores principales de inactivación microbiana estrategias que no utilizan el calor. El mismo puede utilizarse como suplemento o puede ser autogenerado por la

tecnología utilizada, y a veces puede jugar un papel importante en el proceso como por ejemplo en la esterilización de alimentos de baja acidez utilizando altas presiones. en la investigación de Barbosa y Bermúdez se describen algunas tecnologías “no térmicas” que han adquirido mucha relevancia y que han sido incorporadas a las líneas de proceso en algunas industrias o que, eventualmente, serán incorporadas en un futuro muy cercano. Todas estas tecnologías tienen ventajas y desventajas, y ninguna de ellas es capaz de procesar todos los alimentos, sin embargo debido a la seguridad que ofrecen, la calidad del producto final y los costos involucrados en el uso de las mismas, las hacen una opción muy atractiva a los métodos convencionales, generalmente centrados en el uso del calor. Es del caso señalar que las tecnologías no térmicas pueden ser utilizadas en combinación entre ellas o con otras, buscando efectos sinérgicos lo cual redundará en procesos más cortos y la obtención de productos de mejor calidad.

En el artículo de Barbosa y Bermúdez (2010) se examinan nuevas tecnologías no térmicas como la alta presión y la radiación y su desarrollo en el que han trabajado en colaboración la industria, el entorno académico y el gobierno. Estos tres grupos trabajan conjuntamente con las agencias reguladoras para su uso en la industria alimentaria, con el fin de ofrecer productos de consumo alimentario seguros, nutritivos y sabrosos. Es del caso señalar que algunas regulaciones tradicionales para la pasteurización y esterilización se han modificado para dar cabida a estas nuevas tecnologías, donde el calor no es el principal factor de estrés para inactivar los microorganismos. Dichas tecnologías poseen sus ventajas y desventajas, algunas afectan la calidad nutricional de ciertos alimentos, pero otras logran conservarlos; pero

ninguna de ellas es capaz de procesar todos los alimentos, sin embargo debido a la seguridad que ofrecen, la calidad del producto final y los costos involucrados en el uso de las mismas, las hacen una opción muy atractiva a los métodos convencionales, generalmente centrados en el uso del calor.

Domínguez y Parzanese (2012) hacen énfasis en uno de los distintos métodos de conservación de alimentos como es el uso de luz ultravioleta, el cual procura incrementar la vida útil de los productos durante su almacenamiento, idealmente, aplicando técnicas que impidan alteraciones microbiológicas y mantengan la calidad del producto. La eficacia de estos métodos depende principalmente del cuidado de la higiene durante el proceso productivo, siendo su objetivo disminuir la carga microbiana y evitar su desarrollo. Para tal fin muchos productos son tratados térmicamente, técnica que muchas veces modifica las características, tanto sensoriales (textura, sabor y color), como nutricionales (pérdidas de vitaminas, principalmente) del alimento. Debido a estos efectos adversos del tratamiento a altas temperaturas, se encuentran en desarrollo procesos no térmicos de conservación, también denominados tecnologías suaves como es el caso del uso de la luz ultravioleta. Son poco agresivos y tienen la ventaja de ofrecer productos semejantes a los frescos, por lo tanto, acordes con las demandas actuales del mercado pero sin perder sus garantías en materia de inocuidad. En la actualidad el sistema más utilizado es continuo y se compone de emisores de radiación encendidos en forma permanente que aplican luz UV (Ultra Violeta) sobre productos líquidos o sólidos. El principal uso es el tratamiento de agua. La radiación UV se utiliza en diferentes sectores de la industria de alimentos, debido al efecto nocivo que causa sobre el ADN de muchos microorganismos. Asimismo, es elegida por

tratarse de un proceso que no altera las propiedades organolépticas de los productos y reduce el uso de sustancias químicas. Se emplea para la preservación de alimentos líquidos y sólidos, pero en estos últimos su aplicación es efectiva a nivel superficial.

Borda y Caicedo (2013) señalan que la osmodeshidratación es un método de conservación de frutas, que en ocasiones se acompaña de escaldado; por ello, su objetivo es evaluar el cambio en el contenido nutricional de la uchuva (*Physalis peruviana*) después del proceso de osmodeshidratación previo escaldado y sin este; para ello, se sometieron a osmodeshidratación en jarabe de sacarosa de 80 °Brix durante 48 horas uchuvas maduras escaldadas y sin escaldar. Se secaron a 50 °C durante tres horas. En los productos se comparó el contenido de humedad, grasa, fibra, proteína, ceniza y vitamina C frente a la uchuva fresca. Se logró establecer que el aspecto visual de la uchuva fue igual en los dos tratamientos. El contenido de las frutas frescas frente a las sometidas a osmodeshidratadas con y sin escaldado fueron respectivamente: ceniza (g) $8,2 \pm 0,3$; $1,3 \pm 0,2$ y $3,4 \pm 0,4$; grasas (g) $1,0 \pm 0,0$; $1,0 \pm 0,1$ y $0,2 \pm 0,0$; proteínas (g) $9,8 \pm 0,2$; $3,8 \pm 0,3$ y $9,3 \pm 0,3$ y vitamina C (mg) $92 \pm 0,3$; $20 \pm 0,8$ y $34 \pm 1,0$. Los valores de p según Anova fueron 0,0001 para fibra, ceniza, proteína y vitamina C, y 0,0008 para grasa. Con excepción de las grasas, los valores más bajos fueron cuando se usó la osmodeshidratación con escaldado. Concluyen que la osmodeshidratación disminuye el contenido nutricional de la uchuva, sin embargo las pérdidas son mayores cuando se hace escaldado previo.

Ordóñez, Portilla y Rodríguez (2013) tienen por objeto evaluar la cinética de degradación térmica de la vitamina C en frutos de guayaba, en un rango de

temperaturas de 75-95 °C; destacan que la vitamina C es un micronutriente esencial en la alimentación del hombre al estar asociada a la síntesis de diferentes moléculas de importancia en la salud humana, y a su efecto antioxidante relacionado con la reducción del riesgo de contraer diferentes tipos de cáncer, como lo evidencian diferentes estudios epidemiológicos. Su concentración final es considerada como indicador de calidad nutricional durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos. Determina que después de los tratamientos térmicos (75-95 °C), la concentración de la vitamina C en los frutos de guayaba disminuyó entre 56,70-60 %, y su velocidad de degradación y energía de activación fueron: $k = 0,80-1,45 \text{ min}^{-1}$ ($R^2 > 0,90$), y $E_a = 7,57 \text{ Kcal/mol}$, respectivamente. Los autores concluyen que la concentración de vitamina C medida en los frutos de guayaba después de los tratamientos térmicos presentó una reducción al incrementar la temperatura y el tiempo del proceso, y los parámetros cinéticos de este antioxidante se ajustaron a una cinética de primer orden y a la ecuación de Arrhenius.-

Haro y Guerrero (2013) determinan que actualmente los consumidores han tomado conciencia acerca del decremento que los tratamientos térmicos pueden ejercer sobre los atributos sensoriales y nutricionales de los alimentos. Se han buscado alternativas a estos inconvenientes y una de las tecnologías, por su versatilidad y resultados, es el procesamiento de alimentos con radiación ultravioleta C de onda corta (UV-C). Esta revisión da a conocer los resultados de investigaciones actuales sobre frutas y verduras, tratadas con radiación UV-C, bajo dos enfoques: el antimicrobiano y los efectos sobre los atributos nutricionales, químicos y sensoriales de los alimentos. Contiene información acerca de los cambios post-tratamiento que los frutos y

vegetales, tratados con UV-C, experimentan durante el almacenamiento debido a las dosis de radiación empleadas. De manera general se puede concluir que el tratamiento UV-C ideal debería: reducir la carga microbiana, incrementar algunas propiedades nutricionales y no generar atributos sensoriales negativos.

Finalmente, en la publicación de Rao, Rizvi, Datta y Ahmed (2014) se aborda una amplia gama de temáticas, dentro de las que sobresalen asuntos como las propiedades de masa-volumen-relacionadas con el área de alimentos, se lleva a cabo un análisis de microestructura de los alimentos, se estudian las propiedades reológicas de los alimentos líquidos y sólidos; se analizan las propiedades térmicas de los alimentos sin congelar y congelados, al igual que las propiedades relevantes para la calefacción por infrarrojos de alimentos, propiedades termodinámicas de los alimentos deshidratados, las propiedades de transferencia de masa de los alimentos, entre otros temas.

Tecnologías no térmicas y no convencionales en frutas y verduras

Uso de tecnologías no térmicas

Las tecnologías no térmicas, según señalan Barbosa y Bermúdez (2010), no solamente son útiles para inactivar las bacterias o enzimas, sino que, además, se usan para desarrollar ingredientes y productos con nuevas características. La calidad final de los productos es excepcional, comparados con los métodos convencionales de conservación térmica, estas tecnologías necesitan menos tiempos de procesamiento en comparación con el tratamiento térmico tradicional, característica que siempre se busca con la implementación de nuevas tecnologías, pues es el principal elemento que contribuye en el ahorro de energía, lo que a la vez permite un proceso más económico, por la reducción del tiempo de procesamiento y otra de las ventajas de estas tecnologías es que es amigable con el ambiente, pues genera residuos de forma mínima durante el procesado.

Para Barbosa, Góngora y Rodríguez (2011), los alimentos pueden ser no térmicamente procesados a través de irradiación, alta presión hidrostática (APH), el uso de antimicrobianos, bacteriocinas o químicos, ultrasonido, micro y ultrafiltración y los métodos eléctricos como los pulsos de luz (LP) y los campos magnéticos oscilantes (OMF), así como tecnologías no convencionales como el sistema Oxyion. Cada una de estas técnicas se puede utilizar sola o combinada para optimizar la calidad del producto, tiempo de procesamiento y la inactivación bacteriana y la enzimática.

Cada tecnología no térmica tiene aplicaciones específicas en cuanto al tipo de alimentos procesados. Por ejemplo, la alta presión hidrostática, los campos magnéticos oscilantes, los antimicrobianos, los impulsos de luz y la tecnología de obstáculos o barreras (conservan los alimentos mediante la aplicación de factores de estrés en combinación) son útiles en el procesamiento de alimentos líquidos y sólidos, los campos eléctricos pulsados para alimentos líquidos y la irradiación para los alimentos sólidos. Los pulsos de luz, radiaciones y campos magnéticos son además utilizados para procesar los alimentos preenvasados, reduciendo el riesgo de contaminación cruzada o post proceso, lo anterior quiere decir que las tecnologías no térmicas no pueden ser aplicadas en el procesamiento de todas las variedades de alimentos. Cada tecnología no térmica tiene sus ventajas y limitaciones, pero en muchos casos es necesario el uso de un enfoque de método combinado.

Como el principal objetivo de este trabajo es dejar claro cuales son actualmente los mejores métodos de conservación para las frutas y verduras sin que se afecten las características nutricionales y sensoriales, se describirá el modo de uso de la tecnología no térmica y sus efectos en estas dos características, basados específicamente en los estudios de Barbosa et al. (2011).

Alta presión hidrostática (HHP)

De acuerdo con Barbosa et al. (2011), la tecnología HHP se basa en el uso de presión para comprimir la comida colocada en el interior de un recipiente a presión. Contrariamente a los procesos de calor, tales como la esterilización o pasteurización, la HHP es un proceso no térmico, ya que sólo implica aumentos menores en la

temperatura durante la presurización. Para una presión de trabajo de 600 MPa, el incremento de temperatura para el agua pura es de sólo aproximadamente 15°C.

Barbosa et al. (2011) y otros autores como Téllez, Ramírez, Pérez, Vázquez y Simal (2001) y Velázquez, Vázquez, Vázquez y Torres (2005), destacan que el procesamiento a través de alta presión hidrostática (HHP), también conocido como presión ultra alta pasteurización (UHP), no es una nueva tecnología para la industria alimentaria, pues las tendencias modernas del consumidor hacia los alimentos mínimamente procesados en la década de los noventa, ayudaron a renovar el interés en esta tecnología. Los primeros productos alimenticios comerciales tratados a través de este método fueron las jaleas y las mermeladas, apareciendo en el mercado japonés a principios del decenio de 1990. Más recientemente, algunos jugos y purés se produjeron en Europa y América.

Con esta tecnología los alimentos son sometidos a presiones que van desde 300 MPa a 800 MPa durante un corto período de tiempo, por lo general desde unos pocos segundos a varios minutos, inactivando microorganismos vegetativos patógenos y de descomposición, sin los efectos indeseables causados por el uso de altas temperaturas o del calor. Otros beneficios de esta tecnología incluyen la inactivación de enzimas y la gelificación de las proteínas. La congelación de alimentos y los procesos de descongelación se pueden realizar simultáneamente con la presurización, produciendo productos de calidad superior. La HHP también puede retener los atributos nutricionales y sensoriales de los sistemas alimentarios, lo que permite el desarrollo de productos con características novedosas.

Según diversos estudios, la HHP modifica las características organolépticas de los alimentos, pero en casi todos los casos actúa mejorándolas (Téllez et al., 2001; y Sangronis et al., 1997). En el caso de algunos tipos de frutas se produce un oscurecimiento rápido después del tratamiento por altas presiones (Asaka y Hayashi, 1991). Esto no ocurre en otras frutas como manzanas (Ibarz et al. 1996), tampoco en plátanos, ni en ciertos tubérculos (patatas y boniatos). Otros autores (Kimura et al., 1994) afirman que las mermeladas obtenidas por HHP retienen el sabor y el color de la fruta fresca, a diferencia de las mermeladas convencionales procesadas por calentamiento. La alta presión provoca la gelatinización del almidón, efecto que se manifiesta a presiones superiores a 400 MPa en harinas de trigo (Gomes et al., 1998). Los huevos sometidos a altas presiones no tienen el sabor y el olor sulfuroso característico provocado por el calentamiento. El calor produce la formación de lisinoalanina, promotora de estas características. Además, la lisinoalanina limita la asimilación de aminoácidos en el cuerpo humano (Hayashi, 1989).

En resumen, aunque las características sensoriales de los alimentos en la mayoría de los casos mejoran o no sufren modificaciones con la HHP, en otros sí se alteran y algunas veces de forma indeseable. La influencia de la HHP en las características organolépticas de los alimentos depende del tipo de alimento y de las condiciones de presurización y no se puede generalizar, hay que estudiar cada caso en particular antes de plantearse la comercialización de un producto alimenticio presurizado.

Ultrasonido

De acuerdo con Suárez (2001) y Barbosa et al. (2011), la aplicación del ultrasonido en la industria alimenticia ha sido ampliamente investigada y desarrollada en diferentes áreas importantes como determinación de las propiedades de los alimentos, sanidad vegetal y la elaboración de alimentos. Esta tecnología se basa en la transmisión de sonido a través de medios líquidos a una frecuencia más allá de la gama audible humana (por ejemplo, por encima de 18 MHz).

Estas ondas acústicas, según Robles y Ochoa (2012), son capaces de viajar a través de un medio de comunicación sin alterar el material, lo que permite mediciones no destructivas de procesos alimentarios. El ultrasonido de alta frecuencia de baja potencia se hace funcionar a frecuencias en la gama kHz en la que la potencia acústica puede extenderse desde unos pocos mW a kW. Ejemplos de uso de ultrasonido de alta frecuencia de baja potencia incluyen el saneamiento de la superficie e inactivación microbiana y enzimática.

De acuerdo con Robles y Ochoa (2012), esta tecnología ofrece las siguientes ventajas: es efectiva contra células vegetativas, esporas y enzimas; reduce los tiempos y temperaturas de proceso; exige pocos requerimientos de adaptación en plantas ya establecidas; incrementa los fenómenos de transferencia de calor; posibilita la modificación de la estructura y textura en alimentos; puede emplearse en procesos continuos intermitentes y crea efecto sobre la actividad enzimática.

Este tipo de tecnología se ha reconocido como un medio que asiste o ayuda en la modificación de procesos o mejora de los existentes (Knorr et al., 2004). Hoover (2000) define ultrasonido como una forma de energía que viaja en ondas de sonido

iguales o mayores a 20000 vibraciones por segundo, otra definición la realizó Mason (1990), en la cual lo establece como cualquier sonido con frecuencia más allá de lo que el oído humano puede percibir (16 KHz).

En general, las aplicaciones actuales del ultrasonido dentro del campo de la tecnología de alimentos, ha generado alternativas ventajosas en los procesos actuales ya establecidos, y de la misma manera, han propiciado nuevos procesos que permiten mantener o mejorar los atributos de calidad que no se alcanzan con la tecnología tradicional actual. Sin embargo, actualmente existen aun áreas con mayor o menor aplicación de Ultrasonido, debido a la inherencia de las condiciones y variables que se involucran. Además existe un rezago en la implementación de los equipos necesarios para aplicar esta tecnología, de grandes bondades y con un gran potencial de aplicación.

Irradiación

De acuerdo con Desrosier (1978), este método ofrece una “esterilización en frío”, por medio de la cual pueden conservarse los alimentos sin efecto considerable en su composición o valor nutricional original, a la vez que proporciona una mayor calidad higiénica.

Según Galves y Buitimea (2009), la irradiación de alimentos es un método físico de conservación, similar a otros que utilizan el calor o el frío. Consiste en exponer el producto a la acción de las radiaciones ionizantes (cuyas unidades son el kilogray, kGy) durante un tiempo determinado. Esta energía es emitida por elementos como el uranio,

radio, kriptón, torio, entre otros. La radiación es similar a la que recibimos diariamente del sol, teléfonos celulares, alumbrado público, computadoras, etcétera.

Las dosis de radiación usadas en los procesos industriales no tienen (o lo hacen en muy poca fuerza) efectos en la digestibilidad de las proteínas o en la composición de aminoácidos esenciales de los alimentos irradiados y a pesar de que se emplee una dosis de radiación muy elevadas, los cambios en el aroma, el sabor y en el valor nutricional de los alimentos es muy poco. El efecto que la radiación produce sobre los lípidos es semejante al de la autooxidación. Estas alteraciones pueden reducirse congelando previamente los alimentos, pero algunos, como los muy grasos, no son adecuados para este sistema de conservación (Galves y Buitimea, 2009, p. 30).

Como puede verse, el empleo de las radiaciones ionizantes es una herramienta útil para alimentos destinados al consumo humano. Además de garantizar una calidad microbiológica, la calidad sensorial y nutritiva de los productos no se ven afectadas, siempre y cuando se utilicen las dosis recomendadas en las normas establecidas para el empleo de radiaciones en alimentos. Del mismo modo, la vida de anaquel de los productos es mayor con este proceso que con cualquier otro método, permite contar con alimentos en cualquier temporada, y es una medida para evitar problemas de falta de alimentos en países pobres.

Uso de antimicrobianos y bacteriocinas

Según Beristain-Bauza, Palou y López-Malo (2012), las bacteriocinas son péptidos sintetizados por algunas bacterias ácido lácticas y presentan un amplio potencial como conservadores para inhibir el crecimiento de otros microorganismos. Actualmente, las bacteriocinas son utilizadas en una amplia categoría de alimentos incluyendo cárnicos, lácteos, productos enlatados, productos del mar, vegetales, jugos de frutas, y bebidas como cerveza y vino. Sus características de compatibilidad en dichos productos así como su modo de acción hacen atractivo su uso en los alimentos.

Las bacteriocinas se definen como péptidos de origen proteínico, que a bajas concentraciones presentan inhibición microbiológica efectiva (Beshkova y Frengova, 2012).

De acuerdo con lo propuesto por Cleveland et al. (2001), las bacteriocinas pueden ser utilizadas en los alimentos de las siguientes maneras: a) Como cultivos iniciadores en alimentos fermentados. b) Adicionadas directamente al producto, purificadas o semipurificadas. c) Como un ingrediente en la elaboración de alimentos (aditivos).

Las bacteriocinas son una opción atractiva como conservadores naturales para el desarrollo de alimentos mínimamente procesados. Actualmente, se ha demostrado que presentan alto potencial en la biopreservación de carne, productos lácteos, alimentos enlatados, pescado, bebidas alcohólicas, ensaladas, huevo, productos de panificación, vegetales fermentados, entre otros, ya sea solos o en combinación con otros métodos.

Micro y ultrafiltración

Según Romero (2010), la microfiltración y ultrafiltración tangencial es un mecanismo de concentración, purificación y separación de partículas finas, microorganismos y gotas de emulsión, a través de membranas semipermeables. En otras palabras es la separación de sustancias en una solución por medio de su filtración, donde la separación se realiza a partir de la presión que ejerce la solución sobre el filtro tangencial. Este tipo de filtración viene adquirido gran aceptación en las industrias, por su menor costo debido al bajo consumo de reactivos, menor consumo energético, menor degradación de los productos (al realizarse la separación a temperaturas semejantes a las ambientales) y genera menor suciedad en los filtros (Romero, 2010, p 6).

En la preparación de productos tradicionales, contribuye la simplificación de flujo de trabajo, reemplazando 2 o más pasos, y la mejora del desempeño del proceso, además de la mejora en la calidad de los productos. Participa en la innovación de procesos y/o productos. Esto cada día más por los temas de nutrición, salud, diversidad, calidad, novedad, etc. Con respecto al medio ambiente, es un proceso considerado limpio, ya que sustituye materiales contaminantes.

Este es el campo en el que la tecnología de membranas ha encontrado más diversas aplicaciones, y en el que su futuro está más ampliamente

garantizado. Importantes progresos se han alcanzado en diversas ramas de esta actividad, que van desde la industria láctea, a la industria azucarera, y desde la industria de las bebidas, tanto alcohólicas como no alcohólicas, y los extractos, aceites y jugos vegetales, a la de carnes y pescados, caldos de fermentación y muchos otros (Romero, 2010, 23).

Una de las industrias que mas utiliza este proceso, es la industria Alimentaria, debido a las exigencias en la seguridad y calidad de los productos, la competitividad y la búsqueda de procesos verdes para el mejoramiento del medio ambiente. Este es un proceso con muchas aplicaciones industriales, y faltan algunas más por explotar debido a la poca investigación en el campo de su control.

Sistema oxyion

La tecnología de higienización y protección de frutas y hortalizas frescas a través de la activación del oxígeno del aire, dicen los expertos (Ainia Actualidad, 2015), no genera residuos químicos, además, permite inactivar los microorganismos, de manera que estos no dañan a las frutas y hortalizas frescas; así mismo, disminuye la deshidratación de los productos, aumentando su vida útil, sobre todo en la fase de comercialización.

La tecnología OXYION, lanzada solamente en Europa a mitad del año 2015, sólo está dirigida a productores primarios, almacenes y cooperativas de frutas, hortalizas, vegetales frescos y mínimamente procesados, transportadores, centros y grandes superficies de distribución y venta de productos hortofrutícolas y técnicos y gestores de calidad e inocuidad de la industria alimentaria, esta tecnología es una tecnología limpia,

sin químicos, biosegura, que protege la fruta y la verdura desde el inicio de la poscosecha, complementaria a la cadena de frío, cuando llega al área de empaque para su proceso de exportación, transporte terrestre o marítimo hasta llegar a los lugares donde se compra el producto, generando más rentabilidad en todo el negocio frutícola y de vegetales, pues hay menos pudrición y deshidratación de la fruta y la verdura, además de calidad, seguridad e inocuidad para el producto (Ainia Actualidad, 2015).

Lo que genera el sistema OXYION se debe emplear en áreas de proceso de manipulación y preparación de alimentos, mediante el tratamiento continuo del aire, destruyendo los gérmenes patógenos presentes en el aire y que se encuentran en contacto con las superficies donde se manejan los alimentos.

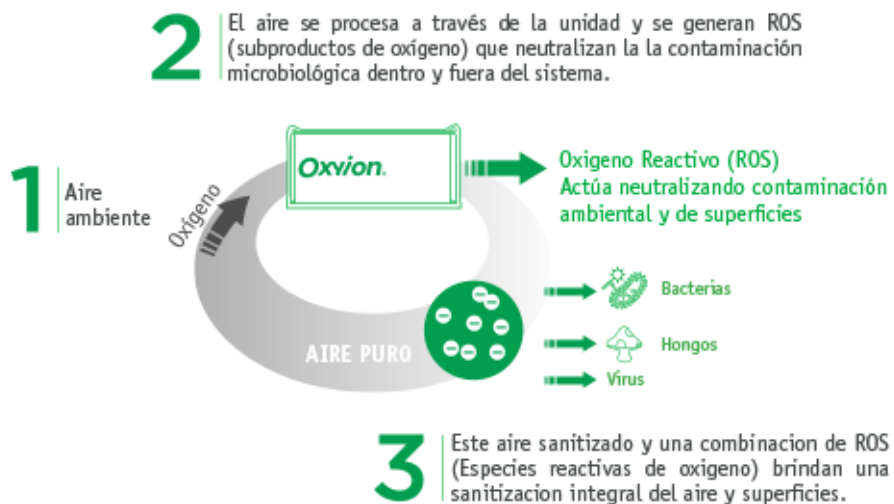
Esta tecnología se puede aplicar en cámaras de proceso y almacenamiento de productos, en salas de proceso y manipulación, en centros de distribución y en el transporte refrigerado (camiones y contenedores) y los beneficios en el manejo de frutas y verduras están asociados con la reducción del riesgo microbiológico, el retardo de la maduración, la reducción de la pérdida de peso y la disminución de la pudrición (Ainia Actualidad, 2015).

En general, la tecnología o sistema Oxyion brinda tanto al productor como al consumidor una serie de beneficios como inocuidad alimentaria (elimina de forma rápida y eficiente las eventuales bacterias presentes en la superficie de los productos a consumir, atacando patógenos como E. Coli, Listera, Salmonella, etc.), es fungicida (por oxidación-reducción controla en forma altamente eficiente la proliferación de hongos como

Penycilium, Botrytis, Aspergillus, Rizhopus, Monilia, etc.), retarda la maduración (por la oxidación continua de la molécula de etileno presente en las cámaras de almacenamiento de frutas climatéricas y flores) y reduce la deshidratación (al aumentar la carga electrostática ambiental en las áreas de aplicación se altera el funcionamiento de la bomba de protones, lo que impide la apertura de los astomas en las estructuras vegetales) (Ainia Actualidad, 2015).

El sistema Oxyion eleva la bioseguridad ambiental en los procesos de manipulación y preparación de hortalizas, siendo un refuerzo a las medidas habituales de higiene, pues Las frutas y vegetales, de acuerdo con Bravo (2006), son altamente vulnerables a la contaminación cruzada aérea, independiente de los niveles de higiene que se tengan en su manipulación. Existe un riesgo constante de proliferación de los gérmenes patógenos presentes en los alimentos, los que pueden llegar a ser incluso dañinos para la salud; por lo tanto, el sistema Oxyion, a través de la purificación constante del aire que está en contacto con los alimentos, controla la proliferación de los organismos patógenos en superficies y zonas de contacto al interior de la planta, donde los procesos de limpieza o aseo no son periódicos (equipos, ventiladores, techos, etc.), también controlando etileno y deshidratación.

Imagen 2. Funcionamiento del sistema Oxyion



Fuente: oxyion.com (2014).

**Comparativo de efectos de los tratamientos térmicos, no térmicos,
convencionales y no convencionales sobre las propiedades nutricionales de
las frutas y las verduras**

**Tabla 4. Comparativo de efectos de los tratamientos térmicos, no térmicos,
convencionales y no convencionales sobre las propiedades nutricionales de las frutas y las
verduras.**

| Tecnología | Efecto sobre la calidad nutricional (positivo o negativo) | Efecto sobre la calidad sensorial (positivo o negativo) |
|-------------------|--|---|
| Escaldado | El escaldado no afecta las propiedades físico-químicas de los alimentos, pero sí su calidad nutricional. | El escaldado por sí solo no constituye un método de conservación, sino un pre-tratamiento para acondicionar la materia prima o como preparación para otras operaciones de conservación. Este método afecta la calidad sensorial, ya que al usar fuentes de calor genera transformaciones en la estructura molecular del producto. |
| Esterilización | Se producen cambios sustanciales en el valor nutritivo y organoléptico de los alimentos; durante la esterilización la pérdida es de 50-90% para la vitamina C y del 20% para tiamina (B1), piridoxina (B6) y B12 y del 30% para el ácido fólico. También durante la esterilización de fruta y verdura se producen pérdidas importantes de todas las vitaminas hidrosolubles, | Se logra la llamada esterilidad comercial, la cual asegura la calidad del producto bajo las condiciones adecuadas de manejo. Con este método, no se afecta la calidad sensorial del producto. |

| Tecnología | Efecto sobre la calidad nutricional (positivo o negativo) | Efecto sobre la calidad sensorial (positivo o negativo) |
|-------------------------|--|---|
| | especialmente de vitamina C. | |
| Cocción | Los componentes menos estables después de la cocción de frutas o vegetales son la Vitamina C, el Ácido Pantoténico, la Vitamina B6 y la B12. Estos componentes se ven gravemente mermados a causa de los tratamientos a los que se somete. El potasio y el magnesio, dentro de los minerales, también sufren pérdidas durante estos tratamientos. | El tratamiento térmico modifica los planos de fractura de las células vegetales; por lo tanto, se genera afectación a la calidad sensorial del producto: modificaciones en el color, sabor y textura. |
| Refrigeración | Este tipo de técnica afecta muy poco la calidad nutricional de los alimentos, en especial, de frutas y verduras | No afecta la calidad sensorial del producto |
| Congelación | La congelación tiene un efecto mínimo en el contenido nutricional de los alimentos. Algunas frutas y verduras se escaldan (introduciéndolas en agua hirviendo durante un corto periodo de tiempo) antes de congelarlas para desactivar las enzimas y levaduras que podrían seguir causando daños, incluso en el congelador. Este método puede provocar la pérdida de parte de la vitamina C (del 15 al 20%). | La congelación retrasa el deterioro de los alimentos y prolonga su seguridad evitando que los microorganismos se desarrollen y ralentizando la actividad enzimática que hace que los alimentos entren en un proceso degenerativo. |
| Secado o deshidratación | La deshidratación provoca una pérdida de nutrientes en los alimentos; sin embargo, los procesos utilizados en la deshidratación y la rehidratación tienen un papel importante en cuánto valor nutritivo se pierde. Los alimentos secos son altos en | Genera cambios visibles en la calidad sensorial del producto. |

| Tecnología | Efecto sobre la calidad nutricional (positivo o negativo) | Efecto sobre la calidad sensorial (positivo o negativo) |
|---------------------------|--|--|
| | calorías, cuando se comparan con el mismo peso en alimentos frescos, porque los nutrientes se concentran. La deshidratación no causa ningún cambio en el contenido de fibra o hierro. Los alimentos deshidratados carecen de la humedad necesaria para que crezcan las bacterias, levaduras y mohos. | |
| Alta presión hidrostática | La influencia de la HHP en las características de los alimentos depende del tipo de alimento y de las condiciones de presurización y no se puede generalizar, hay que estudiar cada caso en particular antes de plantearse la comercialización de un producto alimenticio presurizado. | Aunque las características sensoriales de los alimentos en la mayoría de los casos mejoran o no sufren modificaciones con la HHP, en otros sí se alteran y algunas veces de forma indeseable. |
| Ultrasonido | No afecta de manera sensible la calidad nutricional del producto | Las aplicaciones actuales del ultrasonido dentro del campo de la tecnología de alimentos, ha generado alternativas ventajosas en los procesos actuales ya establecidos, y de la misma manera, han propiciado nuevos procesos que permiten mantener o mejorar los atributos de calidad que no se alcanzan con la tecnología tradicional actual. |
| Irradiación | Además de garantizar una calidad microbiológica y nutritiva de los productos no se ven afectadas, siempre y cuando se utilicen las dosis recomendadas en las normas establecidas para el empleo | Dosis de radiación muy elevadas provocan cambios en el aroma y sabor de los alimentos, en general la irradiación no modifica su valor nutritivo; pero por lo general, es un método que |

| Tecnología | Efecto sobre la calidad nutricional (positivo o negativo) | Efecto sobre la calidad sensorial (positivo o negativo) |
|--|--|--|
| | de radiaciones en alimentos | garantiza la calidad sensorial del producto. |
| Uso de antimicrobianos y bacteriocinas | Las bacteriocinas son una opción atractiva como conservadores naturales para el desarrollo de alimentos mínimamente procesados, por lo que en muchos casos puede producir efectos positivos en la calidad nutricional del producto, | Produce efectos en la calidad sensorial en productos como carne, productos lácteos, alimentos enlatados, pescado, bebidas alcohólicas, ensaladas, huevo, productos de panificación, vegetales fermentados, entre otros, ya sea solos o en combinación con otros métodos. |
| Micro y ultrafiltración | No existen muchos estudios que determinen algún tipo de efecto sobre la calidad nutricional del producto | Este tipo de método afecta de manera ostensible la calidad sensorial del producto |
| Sistema Oxyion | Oxyion no genera residuos químicos, además, permite inactivar los microorganismos, de manera que estos no dañan a las frutas y hortalizas frescas; así mismo, disminuye la deshidratación de los productos por lo tanto conservando su valor nutricional, además ayuda a disminuir la pudrición de los productos y además ayuda a la calidad, seguridad e inocuidad de los mismos. | El hecho de que no genere deshidratación en la frutas y verduras permite conservar su turgencia, factor que favorece esta característica sensorial de gran importancia en estos productos. |

Fuente: elaborado por Cardona Arias, Luis Fernando (2015).

De conformidad con el anterior comparativo se puede establecer que no existe en la industria de alimentos un tratamiento ideal para todas las frutas y verduras que logre conservar su calidad nutricional y organoléptica; lo que sí es posible establecer es que cada método de conservación puede resultar ideal según las necesidades y requerimientos del productos o de comercialización, así como según las condiciones y características de cada fruta o verdura en particular; de esta forma, cada método

resulta óptimo en la medida en que se tengan presentes dichas características, y cada uno de ellos apunta a conservar la calidad nutricional y organoléptica de cada fruta o verdura en particular, atendiendo requerimientos del cliente, del comercio y del consumidor final.

Conclusiones

A lo largo de todo este trabajo se puede determinar que, efectivamente, las tecnologías no térmicas se presentan hoy en día como una nueva alternativa para procesar los alimentos. En los últimos años los consumidores se han vuelto mucho más exigentes en relación a la comida y el precio que pagan por ella, mostrando una gran preocupación especialmente en la seguridad de los alimentos; sin embargo, y a pesar de ello, la mayoría de los productos que se encuentran en el mercado han sido tratados con métodos térmicos, no térmicos, convencionales y no convencionales para así garantizar la seguridad del consumidor, aunque mostrando daños significativos en sus características tanto nutricionales como sensoriales.

Lo que el consumidor busca actualmente en sus alimentos es, indudablemente, características similares al alimento fresco, además de un alto contenido nutricional y una alta calidad sensorial; los consumidores son más conscientes de lo que contienen los alimentos y las tecnologías que se utilizan para su procesamiento, mostrando una mayor predilección por los productos naturales, libres de aditivos y de químicos. Por tanto, la búsqueda de alternativas de transformación que pueda lograr la inactivación microbiana, la conservación de los alimentos con características parecidas al alimento fresco y productos ecológicos, todo a un precio razonable, se ha convertido en un reto

para numerosas empresas que producen y almacenan alimentos y, a su vez, para científicos en todo el mundo.

Finalmente, es de anotar que la seguridad microbiológica de los alimentos es un aspecto muy importante en el procesamiento de alimentos; sin embargo, por las condiciones que se requieren para inactivar los microorganismos y el contenido de nutrientes, en muchos productos, se afecta negativamente debido a la sensibilidad térmica. Productos como la leche, los huevos, la carne, entre otras fuentes proteicas, una vez se han sometido a tratamientos térmicos, como por ejemplo pasteurización o esterilización, el contenido de nutrientes se ve afectado ostensiblemente, por lo que las tecnologías de procesamiento que son capaces de conservar el contenido original de nutrientes, además de que no cambien su estructura y la funcionalidad de los alimentos, son bastante apetecidos en la industria alimenticia.

Referencias

- Ainia Actualidad. (2015). *Innovador sistema de higienización de frutas y hortalizas que no genera residuos químicos*. Recuperado de <http://actualidad.ainia.es/web/ainiaactualidad/seguridad-alimentaria/-/articulos/Tc11/content/innovador-sistema-de-higienizacion-de-frutas-y-hortalizas-que-no-genera-residuos-quimicos>
- Agostini, L., et al (2004). Determinación de la capacidad antioxidante de flavonoides en frutas y verduras frescas y tratadas térmicamente. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 54(1), 89-92.
- Alvarado, J., et al (2009). Fenomenología de la esterilización de alimentos líquidos enlatados. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (50), 87-98.
- Asaka, M., & Hayashi, R. (1991). Activation of polyphenol oxidase in pear fruits by high pressure treatment. *Agric. Biol. Chem.* 55(9), 2439-2440.
- Badui D., S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson Educación.
- Barbosa C., G. y Bermúdez A., D. (2010). Procesamiento no térmico de alimentos. *Scientia Agropecuaria*, 1(1), 81-93.

Barbosa C., G., Góngora N., M. M. & Rodríguez, J. J. (2011). *Food Engineering. Nonthermal processing of foods and emerging technologies*. Estados Unidos: Washington State University.

Barboza C., J. E., Vázquez A., H., Salcedo H., R. y Bautista J., M. (2004). Probióticos y conservadores naturales en alimentos. *Acta Universitaria*, 14(3), 32-38.

Bello G., J. (2005). *Calidad de vida, alimentos y salud humana. Fundamentos científicos*. España: Díaz de Santos.

Beristain-Bauza, S., Palou, E., & López-Malo, A. (2012). Bacteriocinas: antimicrobianos naturales y su aplicación en los alimentos. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6(2), 64-78.

Beshkova, D., & Frengova, G. (2012). Bacteriocins from lactic acid bacteria: microorganisms of potential biotechnological importance for the dairy industry. *Engineering in Life Sciences*, 12(4), 1-14.

Borda M., C. y Caicedo O., O. (2013). Cambios en el contenido nutricional de la uchuva (*Physalis peruviana*) frente a osmodeshidratación como método de conservación. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 15(2), 149-156.

Bravo M., F. (2006). *El manejo higiénico de los alimentos: guía para la obtención del distintivo H*. México: Limusa.

Cleveland, J., Monteville, T.J., Nes, I.F. & Chikindas, M.L. (2001). Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 71(1),1-20.

Citalisa. (2016). *Marmita de alta eficiencia SCM-100 – 23701013*. Recuperado de <http://www.citalisa.com/ciproducts/5/458#firstproduct>

De la Fuente S., N. y Barboza C., J. (2010). Inocuidad y bioconservación de alimentos. *Acta Universitaria*, 20(1), 43-52.

De la Hoz, F., Martínez D., M., Pacheco G., O. y Quijada B., H. (2014). *Enfermedades transmitidas por alimentos (ETA)*. Bogotá: Instituto Nacional de Salud.

De La Riva, F. (2011). Poscosecha de flores de corte y medio ambiente. *Idesia*, 29(3), 125-130.

Desrosier, N. W. (1978). *Conservación de los Alimentos*. México: CECSA.

Doblado, A. (2006). *Atlas ilustrado de las frutas*. Madrid: Susaeta.

Domínguez, L. y Parzanese, M. (2012). Luz ultravioleta en la conservación de alimentos. *Alimentos Argentinos*, 71-76.

Galves R., J., & Buitimea C., G. (2009). Uso de la radiación en la conservación de alimentos. *Ruta Crítica*, 26(1), 29-31.

García B., J. F. (2003). *Frutos. Estructura*. Recuperado de http://www.euita.upv.es/varios/biologia/web_frutos/Estructura.htm

García C., M. N. (2007). La alimentación del futuro: Nuevas tecnologías y su importancia en la nutrición de la población. *Anales Venezolanos de Nutrición*, 20(2), 108-114.

García A., J. M., Casado F., G. y García A., J. (2013). Una visión global y actual de los edulcorantes. Aspectos de regulación. *Nutrición Hospitalaria*, 28(4), 17-31.

Gil H., Á. (2010). *Tratado de nutrición*. Madrid: Médica Panamericana.

Gomes, M. R. A., Clark, R., Ledward, D. A. (1998). Effects of high pressure on amylases and starch in wheat and barley flours. *Food Chem.*, 63(3), 363-372.

- Gómez V., J. y García R., T. (2012). Efecto de la congelación sobre algunas características físicas y químicas en la pulpa de la parcha real (*Passiflora quadrangularis* L.). *Bioagro*, 24(1), 61-64.
- Granito, M., Pérez, S. y Valero, Y. (2014). Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(4), 425-432.
- Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R. y Meybeck, A. (2012). *Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Haro M., J. y Guerrero B., J. (2013). Efecto de la radiación UV-C en frutas y verduras. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 7(1), 68-77.
- Hayashi, R. (1989). Application of high pressure to food processing and preservation: philosophy and development. *En Engineering and Food*. 2, pp 815- 826. Spiess, W y Schubert, H. (ed.). London: Elsevier Appl. Sci..
- Hoover, D.G. (2000). Ultrasound. *J. Food Sci. Supplement Kinetics of microbial inactivation for alternative food processing technologies*, 65.s8, 93-95

Ibarz, A., Sangronis, E., Barbos-Cánovas, G. V., & Swanson, B. G. (1996). *Inhibition of polyphenoloxidase in apple slices by high pressure treatment*. Trabajo presentado en la reunión del IFT-1996.

Iniesta, F. J. García A., L. M., Sánchez S., M. y Navarro, K. (2007). *Efecto del tratamiento térmico y de la homogeneización en el contenido de folatos en el puré de tomate*. Murcia: Universidad de Murcia - Congreso Iberoamericano de Tecnología Postcosecha y Agroexportaciones.

Kimura, K., et al (1994). Comparison of keeping quality between pressure-processed jam and heat-processed jam: changes in flavor components, hue, and nutrients during storage. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58(8), 1386-1391.

Knorr D., M., Zenker, V., Heinz, L. (2004). Applications and potential of ultrasonic in food processing. *T. Food Science & Technol*, 15, 261-266.

Labra R., N., et al (2008). Efecto de aspartame, fenilalanina y ácido aspártico sobre los niveles de glutatión y peroxidación de lípidos en cerebro de rata. *Archivos de neurociencia*, 13(2), 79-83.

Lesur, L. (2006). *Manual de conservación de alimentos: una guía paso a paso*. México: Trillas.

Marín B., E., Lemus M., R., Flores M., V. y Vega G., A. (2006). La rehidratación de alimentos deshidratados. *Revista Chilena de Nutrición*, 33(3), 527-538.

Mason, T. J. (1990). *Chemistry with ultrasound*. London: Published for the Society of Chemical Industry by Elsevier Applied Science.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Resolución 3929. Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir las frutas y las bebidas con adición de jugo (zumo) o pulpa de fruta o concentrados de fruta, clarificados o no, o la mezcla de estos que se procesen, empaquen, transporten, importen y comercialicen en el territorio nacional. Deroga las resoluciones 15789 de 1984, 7992 de 1991 y el artículo 3 de la Resolución 14712 de 1984.* Recuperado de https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%203929%20de%202013.pdf

Mondragón, R., Julia, J. E., Barra, A. y Jarque, J. C. (2013). El proceso de secado por atomización: formación de gránulos y cinética de secado de gotas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 52(4), 159-168.

Muñoz, M. (2010). *Composición de alimentos: valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo*. México: McGraw-Hill.

Ordóñez S., L. E., Portilla, M. A. O. y Rodríguez, D., X. R. (2013). Cinética de degradación térmica de vitamina C en frutos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Revista Lasallista de Investigación*, 10(2), 44-51.

Oxyion. (2014). *Cómo funciona*. Recuperado de <http://www.oxyion.com/sp/funcion.htm>

Paltrinieri, G., Berlijn, J. y Meyer, M. R. (2007). *Taller de frutas y hortalizas*. México: Trillas.

Pérez C., W. (2011). *Conceptos generales sobre métodos de conservación en la industria de alimentos*. Cartagena: Universidad de Cartagena.

Ramírez A., R. I. (2011). *Tecnología de frutas y hortalizas*. Duitama: Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD.

Ramírez M., R., Arenas, L., Acosta, K., Yamarte, M. y Sandoval, L. (2012). Efecto del escaldado sobre la calidad nutricional de pulpa de guanábana (*Annona Muricata* L.). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(1), 48-57.

Rao, M. A., Rizvi, S., Datta, A. y Ahmed, J. (Eds). (2014). *Engineering properties of foods*. Florida: CRC Press.

- Ray, B. y Bhunia, A. (2010). *Fundamentos de microbiología de los alimentos*. México: McGraw-Hill Educación.
- Roberts, H. (2006). Aspartamo. *Revista de Medicinas Complementarias. Medicina Holística*, (65), 87-99.
- Robles O., L. E. y Ochoa M., L. A. (2012). Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(2), 109-122.
- Rodríguez S., E. N. (2011). Uso de agentes antimicrobianos naturales en la conservación de frutas y hortalizas. *Ra Ximhai*, 7(1), 153-170.
- Romero G., J. (2010). *Control Avanzado en Procesos Industriales de Microfiltración y Ultrafiltración tangencial*. Valencia (España): Universidad Pontificia de Valencia.
- Sánchez G., M. (2014). *Edulcorantes: utilización y aprovechamiento en diferentes procesos de la industria alimentaria*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Sangronis, E.; Pothakamury, U.; Ramos, A. M.; Ibarz, A.; Barbosa, G. V. (1997). La alta presión hidrostática: Una alternativa en el procesamiento no térmico de los alimentos. *Alimentaria*, 33, 32-43.

- Schinitman, N. (2005). *Alimentos: Prevención de su contaminación*. Recuperado de http://www.ecoportat.net/Temas-Especiales/Salud/Alimentos_Prevencion_de_su_contaminacion
- Suárez R. (2001). Conservación de alimentos por irradiación. *Invenio*, 4(6), 85-124.
- Téllez L., S. J., Ramírez, J. A., Pérez L., C., Vázquez, M. y Simal G., J. (2001). Aplicación de la alta presión hidrostática en la conservación de los alimentos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 3(2), 66-80.
- Valencia C., S. Y, Rodríguez H., L. F. y Giraldo P., G. A. (2011). Cinética de la deshidratación y control de la oxidación en manzana Granny smith, mediante la aplicación de diferentes métodos de secado. *Revista Tumbaga*, 6, 7-16.
- Velásquez G., A. M. (2011). *Tecnología de cárnicos y vegetales*. Medellín: Corporación Universitaria Remington.
- Velásquez, G., Vázquez, P., Vázquez, M. y Torres, J. A. (2005). Aplicaciones del procesado de alimentos por alta presión. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(5), 343-352.

Wendee, N. (2013). Ingredientes secretos: ¿Quién sabe qué hay en tus alimentos?
Salud Pública de México, 55(4), 442-447.

Yahia, E. M. y Zamora, G. S. (2002). Compuestos anitioxidantes y tratamientos poscosecha. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, (160), 48-55.

Yanza H., E. G. (2003). *Diseño de un secador por atomización a nivel piloto para jugo concentrado de tomate de árbol*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.

Zizumbo V., D., Colunga G., P., Vargas P., O., Rosales A., J. J. y Nieto O., R. C. (2009). Tecnología agrícola tradicional en la producción de vino mezcal (mezcal y tequila) en el sur de Jalisco, México. *Revista de Geografía Agrícola*, (42), 65-82.