



Facultad de Veterinaria  
**Universidad Zaragoza**



# Trabajo Fin de

Autor/es

Director/es

Facultad de Veterinaria

---

# INDÍCE

<b>Resumen</b>	2
<b>Summary</b>	2
<b>1. Introducción</b>	3
<b>2. Justificación y objetivos</b>	5
<b>3. Material y métodos</b>	6
3.1 Búsqueda en bases de datos	6
3.2 Búsqueda en páginas webs específicas	6
3.3 Búsqueda en el buscador Google Books	8
3.4 Búsqueda en el buscador Google Scholar	9
3.5 Búsqueda física en biblioteca Facultad de Veterinaria Universidad de Zaragoza	9
<b>4. Resultados y discusión</b>	10
4.1 Procesado de alimentos	10
4.2 Objetivos del procesado de alimentos	12
4.3 Modalidades de los procesos tecnológicos	13
4.4 Principales ventajas e inconvenientes derivadas del procesado tecnológico de alimentos	13
4.5 El procesado tecnológico en el mundo actual y su efecto sobre el valor nutricional de los alimentos.	15
4.6 Alteraciones de los macronutrientes provocadas por el procesado tecnológico de los alimentos mediante procesos térmicos.	20
<b>5. Conclusiones</b>	35
<b>6. Conclusions</b>	37
<b>7. Aportaciones en materia de aprendizaje</b>	39
<b>8. Bibliografía</b>	40

## **RESUMEN**

Los hábitos alimentarios de la población se encuentran en constante cambio. El consumidor actual, cada vez se muestra más exigente ante la seguridad de los productos que consume, por ello, la mayoría de ellos son procesados para garantizar la seguridad del consumidor, lo que provoca cambios significativos en sus características sensoriales y nutricionales.

En estos momentos, los consumidores demandan alimentos que mantengan características de frescura, unido a unas buenas propiedades sensoriales y nutricionales.

Por todo ello, hemos visto la necesidad de realizar un estudio de los alimentos y de cómo afecta el procesado tecnológico a sus propiedades sensoriales y nutricionales.

El objetivo de este trabajo consiste en realizar una búsqueda de la bibliografía sobre cómo afecta el procesado tecnológico sobre las propiedades sensoriales y valor nutricional de los alimentos. Hemos evaluado diversos procesos tecnológicos, sus ventajas e inconvenientes, viendo las principales alteraciones que producen sobre los alimentos, obteniendo una serie de conclusiones al respecto.

## **SUMMARY**

Eating habits of the population are constantly changing. Today's consumers are increasingly demanding more food safety of the products they consume; therefore most foods are processed to ensure consumer safety, causing significant changes in their sensory and nutritional characteristics.

Right now consumers demand foods that maintain freshness characteristics, coupled with good sensory and nutritional properties.

Therefore, we have seen the need for a study on food and how the technological processing affects their sensory and nutritional properties.

The aim of this work is to perform a search of the literature on the effects of technological processes on sensory properties and nutritional value of food. We have evaluated various technological processes, their advantages and disadvantages, seeing the major changes that occur on food, obtaining a series of conclusions.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Con el objetivo de satisfacer las diversas demandas de los consumidores, uno de los muchos desafíos a los que se enfrenta tecnología de los alimentos es el desarrollo de nuevos productos y procesos, manteniendo la mejora de la calidad y seguridad de los alimentos. Uno de los problemas fundamentales a los que se enfrenta la industria del procesado de alimentos, es que normalmente, el grado de procesado es inversamente proporcional a la calidad del producto, lo que puede suponer un rechazo del mismo por parte del consumidor.

Al mismo tiempo que avanza la tecnología de los alimentos, los hábitos alimenticios de la población se encuentran en constante cambio.

El interés por los temas relacionados con la salud ha crecido entre los consumidores, lo que afecta a sus decisiones de consumo de alimentos (Banterle et al., 2012). En las últimas décadas, los consumidores se han vuelto más exigentes en cuanto a lo que comen y el precio que pagan, mostrando preocupación por la seguridad de sus alimentos; sin embargo, la mayoría de los productos en el mercado han sido tratados de forma muy intensa para garantizar la seguridad del consumidor, mostrando daños más o menos significativos en sus características sensoriales y nutricionales. Ahora los consumidores están buscando en sus alimentos, características similares al alimento fresco, junto con alta calidad sensorial y contenido nutricional. Los consumidores son más conscientes del valor nutricional saludable de los alimentos y de las tecnologías utilizadas para procesarlos, mostrando una mayor preferencia por los productos naturales libres de químicos y/o aditivos (Evans y Cox, 2006). Por lo tanto, la necesidad de alternativas de transformación que puedan lograr la inactivación microbiana, conservar los alimentos con características similares a los frescos, y ofrecer productos ecológicos, todo ello a un costo razonable, se ha convertido en el reto actual de numerosos científicos y tecnólogos de alimentos de todo el mundo (Barbosa- Cánovas, 2010)

De acuerdo con datos emitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su informe de 2015, se estima que cada año enferman en el mundo alrededor de unos 600 millones de personas por ingerir alimentos contaminados y que 420.000 mueren por esta misma causa (OMS, 2015).

Las causas fundamentales de las alteraciones que se producen en los alimentos son el crecimiento microbiano y los cambios químicos y bioquímicos, que son consecuencia de la actividad enzimática y producen una alteración en la estructura y funcionalidad de los nutrientes, a la vez que dan lugar a nuevos compuestos que pueden presentar una naturaleza tóxica o una influencia negativa sobre las características organolépticas de los alimentos que hacen que estos sean inaceptables para el consumo (Gil, 2010).

Los principios del procesado y conservación de los alimentos, se basan en la manipulación de las condiciones ambientales para disminuir o eliminar, dentro de lo posible, el crecimiento de los microorganismos y las reacciones químicas y bioquímicas que provocan su deterioro (Gil, 2010).

En estos momentos, la industria de procesado de alimentos es una de las mayores manufactureras en todo el mundo (Gil, 2010). Esto es debido a que es imposible contar exclusivamente con los alimentos locales y/o ecológicos para alimentar a todo el mundo: el rendimiento de estos métodos de producción, es actualmente mucho más bajo que el rendimiento que se logra con la producción convencional de alimentos. Se calcula que la población mundial llegará a más de nueve mil millones en el año 2050, lo que hará necesario usar todos los métodos de producción de alimentos e innovaciones disponibles para abastecer de manera eficiente la gran cantidad de alimentos, inocuos y de alta calidad que necesitaremos (IFIC, 2010) .

Es debido a estos motivos, que en el campo de la Ciencia y la Tecnología de los alimentos se ha visto la necesidad de estudiar cómo afecta el procesado tecnológico de los alimentos a su valor nutricional.

## **2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS**

El trabajo fin de grado desarrollado pertenece a la modalidad “A”, referida a trabajos académicos específicos. El trabajo realizado recopila la información más relevante disponible en la bibliografía sobre la influencia del procesado tecnológico sobre el valor nutricional de los alimentos.

El contenido de esta memoria, presenta un carácter relevante en la actualidad puesto que la población actual cada vez presenta una mayor preocupación por los temas relacionados con la salud y la alimentación, y el caso del procesado de alimentos no es ninguna excepción.

A esto debe sumarse la tendencia cada vez más en auge de adquirir productos que hayan sido sometidos a algún tipo de proceso tecnológico en su elaboración y que podrían generar un rechazo en el consumidor si éste desconoce el efecto que ha podido tener este tratamiento sobre el producto.

Puesto que esta preocupación afecta a todos los grupos poblacionales, se ha visto la necesidad en las últimas décadas de realizar un gran número de estudios que aclarasen cual es el efecto que el procesado de los alimentos tiene sobre el valor nutricional de los mismos.

Este Trabajo Fin de Grado tiene como objetivo general la evaluación del grado en el que se ve afectado el valor nutricional de los alimentos cuando estos son sometidos a distintos métodos de procesado tecnológico, planteándose los siguientes objetivos específicos:

- 1) Búsqueda bibliografía sobre el procesado de alimentos y los objetivos del mismo.
- 2) Recopilación de la bibliografía disponible sobre las principales ventajas e inconvenientes del procesado tecnológico de los alimentos.
- 3) Búsqueda y selección de la bibliografía disponible acerca del efecto del procesado tecnológico sobre el valor nutricional de los alimentos.
- 4) Elaboración de una revisión bibliográfica en la cual se presenten los resultados más relevantes disponibles de una forma clara y ordenada.

### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1 Búsqueda en bases de datos**

El primer paso en la elaboración del presente trabajo, consistió en realizar una búsqueda bibliográfica en bases de datos electrónicas específicas disponibles en el buscador Alcorze, facilitado por la biblioteca de la Universidad de Zaragoza.

Dentro de este buscador los criterios de búsqueda utilizados fueron:

- 1) 'Food processing' al cual se añadieron los limitadores de "solo texto completo" y "fecha de publicación" desde 2006 a 2016 y se seleccionó únicamente un resultado: Barbosa-Cánovas G, Bermúdez-Aguirre D. Procesamiento no térmico de alimentos. *Scientia Agropecuaria*. 2010. Vol. 1: 81-93.

Además de hacer uso de las bases de datos disponibles desde el buscador Alcorze se realizó una búsqueda en la base de datos Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, esta base de datos, es una base de datos específica en temas de alimentación y seguridad. Los criterios introducidos en esta base de datos fueron:

- 1) 'Processing folates' y se encontró un resultado relevante para el presente trabajo: Delchier N, Hernig A, Rychlik M, Renard C. Folates in Fruits and Vegetables: Contents, Processing, and Stability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016. Vol. 15; 506-528.

#### **3.2 Búsqueda en páginas web específicas**

Con el objetivo de obtener una mayor cantidad de material bibliográfico para la elaboración del presente trabajo, se realizaron búsquedas en páginas web específicas en temas alimentarios.

La primera de estas búsquedas fue realizada en la página web oficial de European Food Safety Authority (EFSA). Esta página cuenta con un buscador en el cual pueden encontrarse publicaciones científicas.

Los criterios de búsqueda introducidos en este buscador fueron 'irradiation' y se encontró un resultado relevante:

- 1) EFSA Panel of Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (CEF). Scientific Opinion on the Chemical Safety of Irradiation of Food. 2011. Vol. 9(4); 1930-1987.

La siguiente búsqueda fue realizada en la página web de la Organización Mundial de la Salud (OMS) utilizando como criterio de búsqueda 'alimentos contaminados', puesto que el consumo de alimentos contaminados es una de las primeras causas de enfermedad y el procesado de alimentos contribuye a mantener la seguridad de los mismos. Como resultado de esta búsqueda se obtuvo una referencia interesante.

La siguiente búsqueda realizada en las páginas web específicas, fue realizada en la página oficial de Food Insight. Los criterios de búsqueda introducidos en el presente buscador fueron 'alimentos procesados' y se encontraron dos resultados relevantes:

- 1) Fundación del consejo internacional de información alimentaria. Irradiación: una herramienta mundial de inocuidad alimentaria. International Food Information Council Foundation. Junio 2010.
- 2) Entender nuestros alimentos. Herramientas de comunicación. International Food Information Council Foundation. Guía Líder. Septiembre 2010.

Continuando con estas búsquedas, se accedió al portal de Henufood salud desde la alimentación <http://www.henufood.com/>, dentro de este portal aparecían varias pestañas y se seleccionó la pestaña de nutrición y salud, dentro de este apartado aparecían tres apartados cada uno de ellos con diferentes opciones, se seleccionó el apartado de aprende a comer y dentro de este la opción de [Técnicas culinarias y tecnología alimentaria: efecto en la nutrición](#), en la cual aparecía un artículo muy completo, que trataba de la influencia del procesado tecnológico sobre el valor nutricional de los alimentos.

Otra de las búsquedas realizadas en páginas web, se realizó en la página perteneciente a la primera organización de consumidores de España (CEACCU), los criterios de búsqueda introducidos en este caso fueron 'hábitos españoles' y se obtuvo un resultado relevante:

- 1) Sáiz de Bustamante P. Los hábitos de los Españoles en el cuidado de su salud. Primera organización de consumidores de España (CEACCU). 2008.

La siguiente de las búsquedas realizadas en páginas web específicas se accedió al portal web de Alimentatec, al acceder a su portal aparece un buscador en el cual fueron introducidas las palabras clave ‘procesado de alimentos’ y se obtuvo un artículo relevante:<http://www.alimentatec.com/procesado-de-alimentos-e-impactonutricional/>

Para finalizar con las búsquedas realizadas en las páginas web específicas, se realizó una búsqueda en la página web del Consejo Europeo de Información sobre la Alimentación (EUFIC) <http://www.eufic.org>, una vez dentro de esta página aparecían varias pestañas, y se seleccionó la pestaña de tecnología alimentaria, dentro de esta pestaña se abrió un menú en el cual aparecían dos opciones y se seleccionó la opción de elaboración de los alimentos y dentro de este apartado se seleccionó el siguiente artículo: ¿Lo mejor desde el pan en lonchas? Un repaso de las ventajas de los alimentos procesados (EUFIC) Eufic.org. 2016

### **3.3 Búsqueda en buscador Google Books**

Otra de las búsquedas fue realizada en Google Books, en este buscador fueron introducidas numerosas combinaciones de palabras claves.

Para comenzar la búsqueda dentro de este buscador, las palabras claves introducidas fueron ‘processing effects’, y fue encontrado un libro útil:

- 1) Ortega-Rivas E. Processing Effects on Safety and Quality of Foods. Boca Ratón: Taylor & Francis Group; 2010.

La segunda de las combinaciones de palabras clave introducida fue ‘efecto procesado sobre proteínas’ y al igual que en el caso anterior fue hallado un resultado relevante:

- 2) Gil, A. Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Madrid: Médica Panamericana. Tomo II; Volumen II. 2010.

La tercera de las combinaciones de palabras clave que se introdujeron fueron ‘effects on food proteins’ y el resultado seleccionado fue:

- 1) Damodaran S. Food Proteins and Their Applications Wisconsin: Marcel Dekker, Inc. 1997.

Siguiendo con esta serie de búsquedas en el buscador de Google Books, la cuarta combinación de palabras clave introducidas fue ‘interacciones proteínas otros compuestos alimentos’ y en este caso, se encontraron dos resultados relevantes:

- 1) Boatella J et al Química y Bioquímica de los alimentos II. Barcelona: Publicacions i edicions de la Universitat de Barcelona. 2004.
- 2) Bello, J. Ciencia bromatológica: Principios generales de los alimentos . Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A. 2000.

Para la siguiente de las búsquedas realizadas en este buscador se utilizaron las palabras clave ‘changes processing’ y se encontró un resultado útil:

- 1) Richardson, T. Chemical Changes in Food During Processing New York: Springer + Business Media. 1985.

Continuando con las búsquedas realizadas en este buscador se introdujeron las palabras clave ‘caramelización de azúcares’ y fue hallado un resultado relevante:

- 1) Barreiro J, Sandoval A. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Venezuela: Equinoccio. 2006

La siguiente de las búsquedas realizada en este buscador se llevó a cabo introduciendo las palabras clave ‘grasas insaturadas hidrogenación’, el resultado seleccionando en este caso fue:

- 1) Benito Peinado P. Alimentación y nutrición en la vida activa. Madrid. Universidad Nacional de Educación a distancia. 2014.

En la última de las búsquedas realizadas en este buscador se introdujeron las palabras clave ‘interesterificación alimento’ y el resultado hallado fue:

- 1) Rodríguez Rivera V, Simón Magro E. Bases de la alimentación humana. Oleiros, La Coruña: Netbiblo; 2008.

### **3.4 Búsqueda en Google Scholar**

En este buscador únicamente se realizó una búsqueda en la cual se introdujeron las palabras clave: ‘perdidas vitaminas procesamiento alimentos’ y se obtuvo un resultado:

- 1) King J, De Pablo, S. Pérdidas de vitaminas durante el procesamiento de los alimentos. Chil. Nutr. 15 (3), 143-152. 1987

### **3.5 Búsqueda física en biblioteca Facultad de Veterinaria Universidad de Zaragoza**

Además de todos los recursos Web utilizados para realizar la búsqueda de bibliografía sobre el tema a tratar, también se realizó una búsqueda física en la biblioteca de la

Facultad de Veterinaria de Zaragoza, en ella fue encontrado un libro de utilidad para dicho trabajo:

- 1) Banterle, A., Cavaliere, A., & Ricci, E.C., 2012. Food Labelled Information: An Empirical Analysis of Consumer Preferences. *International Journal Food System Dynamics* 3 (2): 156-170.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Tanto el libro de nutrición del Profesor Ángel Gil (Gil, 2010) como otros trabajos que se citan, coinciden acerca de términos relevantes en el estudio del procesado de los alimentos, como es el caso de los objetivos del procesado de alimentos, las modalidades existentes de procesado de alimentos, las ventajas e inconvenientes del procesado sobre los alimentos y el efecto que los distintos tipos de procesado alimentario provocan sobre el valor nutricional de los alimentos. A continuación se destacan los aspectos más importantes recogidos en dichas publicaciones:

### **4.1 Procesado de alimentos**

El procesado de alimentos se define como toda modificación deliberada de un alimento (IFIC, 2010).

El inicio del procesado de los alimentos comenzó hace 2 millones de años, cuando nuestros ancestros lejanos pusieron al fuego los alimentos y “descubrieron” la cocción. Después de eso vino la fermentación, el desecado, el ahumado, la conservación con sal y otras formas primitivas de procesado. Esto finalmente condujo a los modernos métodos de procesado de alimentos de hoy en día, que nos dan una oferta de alimentos abundantes, inocuos, prácticos, accesibles y nutritivos (IFIC, 2010).

El término de procesado de alimentos lleva consigo unido el término de alimento procesado. Un alimento procesado se define como cualquier alimento que no sea un producto agrícola no tratado, que haya sido sometido a lavado, limpieza, molienda, corte, picado, calentamiento, pasteurización, blanqueado, cocción, enlatado, congelado, desecado, deshidratación, mezclado, envasado u otro procedimiento que modifique el

estado natural del alimento. El procesado también puede incluir el agregado de otros ingredientes al alimento, tales como conservantes, saborizantes, nutrientes y otros aditivos alimentarios o sustancias aprobadas para su uso en productos alimentarios, como sal, azúcares y grasas. El procesado de alimentos, incluido el agregado de ingredientes, puede reducir, aumentar o dejar intactas las características nutricionales de los productos agrícolas no tratados (IFIC, 2010).

Además, cuando se habla de alimentos procesados pueden distinguirse dos categorías; los alimentos procesados propiamente dichos y los alimentos mínimamente procesados. (IFIC, 2010).

Los alimentos mínimamente procesados se definen como alimentos que están procesados pero que conservan la mayoría de las características físicas, químicas, sensoriales y nutricionales que les son propias. Muchos alimentos mínimamente procesados son tan nutritivos como el alimento en su forma no procesada

Los alimentos procesados pueden clasificarse de acuerdo con la Tabla 1, en productos que van desde productos mínimamente procesados hasta preparaciones más complejas que combinan ingredientes como edulcorantes, especias, aceites, saborizantes, colorantes y conservantes, con muchas variaciones y combinaciones (IFIC, 2010).

Tabla 1: Clasificación de los alimentos desde mínimamente procesados hasta procesados.

TIPO DE ALIMENTO	EJEMPLOS
Alimentos que requieren poco procesado o producción (también denominados “mínimamente procesados”).	Frutas y vegetales lavados y envasados, ensaladas en bolsas, nueces y granos de café tostados y molidos.
Alimentos procesados para ayudar a conservar y realzar los nutrientes y la frescura de estos en el pico máximo de su madurez.	Atún, frijoles y tomates en lata; frutas y vegetales congelados; papillas envasadas para bebés.
Alimentos que combinan ingredientes tales como endulzantes, especias, aceites, saborizantes, colorantes y conservantes para mejorar la inocuidad y el sabor y/o el aspecto visual. (No incluyen los alimentos “listos para consumir” enumerados abajo).	Algunos alimentos envasados, como el puré de papas instantáneo, el arroz, la mezcla para preparar tortas, la salsa de tomate en frasco, las mezclas de especias, los aderezos y salsas, y la gelatina.
Alimentos “listos para consumir” que requieren una preparación mínima o que no requieren preparación.	Cereales para desayuno, avena saborizada, galletas tipo crackers, mermeladas y jaleas, mantecas de nueces, helados, yogures, pan de ajo, barras de granola, galletitas dulces, caramelos masticables, pollo asado, fiambres, jamón asado con miel, quesos untables, bebidas frutales y bebidas carbonatadas.
Alimentos envasados para conservar su frescura y ahorrar tiempo.	Comidas preparadas y comidas, pizzas y pasteles congelados.

#### **4.2 Objetivos del procesado tecnológico de alimentos**

El procesado de los alimentos persigue varios objetivos:

- Eliminar el riesgo de transmisión de enfermedades asociado a la presencia de microorganismos en los productos crudos.

- Hacerlos agradables al paladar y facilitar su consumo y digestibilidad.
- Aumentar su vida útil.
- Eliminar determinados factores presentes en las materias primas que actúan como agentes antinutritivos.

### **4.3 Modalidades de los procesos tecnológicos**

Existen varias modalidades de procesos tecnológicos utilizados en la conservación y modificación de la estructura de los alimentos:

- Eliminación de agua por concentración y deshidratación.
- Tratamiento térmico mediante termización, pasteurización, esterilización, escaldado, cocción, cocido por extrusión, aplicación de ondas electromagnéticas de alta energía (microondas), fritura, horneado y tostado.
- Tratamiento a baja temperatura mediante refrigeración o congelación.
- Disminución del pH mediante fermentación.
- Adición de agentes que disminuyen el pH, que limitan o inhiben el crecimiento de los microorganismos o que inhiben las reacciones químicas y bioquímicas de alteración de los alimentos, como sulfitos o CO<sub>2</sub>.
- Irradiación.
- Tratamiento a presiones ultra altas (UHP).

### **4.4 Principales ventajas e inconvenientes derivadas del procesado tecnológico de alimentos**

Los efectos de los procesos tecnológicos sobre el valor nutritivo de los alimentos tienen un gran interés para la nutrición, la ciencia de los alimentos, y en definitiva para la salud humana. Es necesario tener una mejor comprensión de los mecanismos moleculares que ocurren durante el procesado de los alimentos y de sus consecuencias nutricionales y de seguridad biológica para los consumidores, con objeto de optimizar sus efectos beneficiosos tales como la biodisponibilidad de los nutrientes y la calidad estructural y funcional de los alimentos, y minimizar la formación de compuestos deletéreos para el ser humano.

De acuerdo con el documento de IFIC, 2010 las técnicas modernas de producción y procesado de alimentos ofrecen muchos beneficios al consumidor, entre ellos:

- **Patabilidad y avances sensoriales:** La calidad organoléptica de ciertos alimentos se beneficia directamente de las técnicas de procesado (Eufic, 2016).
- **Disponibilidad:** La mayoría de los cultivos de grano, como el trigo, la soja o el maíz, no son comestibles en su estado de materia prima o sin refinar. Se requieren técnicas de procesado como molienda, triturado, enlatado, conserva, congelado y desecado para hacer que sean comestibles.
- **Inocuidad y frescura:** La producción y el procesado modernos de los alimentos mejoran la inocuidad (por ejemplo, la pasteurización de la leche) y permiten mantener el alimento fresco por más tiempo mediante envases al vacío y el uso de conservantes (como en el caso de las mermeladas y las jaleas). El envase de alimentos también ofrece información importante sobre inocuidad, como la fecha de vencimiento del producto, para ayudar a los consumidores a evitar el consumo de alimentos que ya no estén frescos.
- **Practicidad, conveniencia y accesibilidad:** Las tecnologías de procesado y envasado les permiten a los fabricantes ofrecer opciones más prácticas y a menudo más accesibles en comparación con los productos frescos. Algunos ejemplos de estos alimentos son los tomates en lata, la mezcla para preparar puré de patatas instantáneo, los pescados y mariscos congelados, los bocadillos y comidas refrigeradas envasadas, las manzanas en rodajas y las zanahorias “baby” en bolsa.
- **Variedad y opciones:** El sistema alimentario y agrícola moderno actual produce una amplia variedad de opciones de alimentos, por lo que podemos elegir los que sean mejores para nuestro gusto, nuestras necesidades nutricionales, nuestras limitaciones de tiempo y nuestro presupuesto. Por ejemplo, podemos elegir entre distintos niveles de contenido de grasa en la leche y los productos lácteos.
- **Mejor nutrición:** El procesado de alimentos hace posible mejorar el valor nutricional de algunos alimentos mediante el agregado o la eliminación de nutrientes u otros componentes. Por ejemplo, la vitamina D, nutriente importante para la salud ósea que no abunda naturalmente en los alimentos, es adicionada a alimentos básicos comunes tales como la leche y el jugo de naranja para ayudar a los consumidores a cubrir los niveles de ingesta recomendados.

Las técnicas de procesado de alimentos al igual que producen una serie de beneficios también producen algunos inconvenientes (Hoffman and Gerber, 2015).

- La calidad de un alimento, se ve disminuida a medida que aumenta al grado de procesado al que éste es sometido.
- Las materias primas de la industria alimentaria son muy complejas en su composición por lo que los cambios de estas durante el procesado son difíciles de describir por la cinética de las reacciones químicas.
- Los cambios que sufren los alimentos durante el procesado en aspectos nutricionales y sensoriales son irreversibles.

#### **4.5 El procesado tecnológico en el mundo actual y su efecto sobre el valor nutricional de los alimentos**

Actualmente, la industria del procesado de alimentos es una de las mayores industrias de todo el mundo, puesto que es necesario contar con alimentos que garanticen su calidad y seguridad para satisfacer las necesidades de los consumidores (IFIC, 2010).

Como anteriormente se ha citado, los principios del procesado y conservación de los alimentos se basan en la manipulación de las condiciones ambientales para disminuir o eliminar, dentro de lo posible, el crecimiento de los microorganismos y las reacciones químicas y bioquímicas que provocan su deterioro

A continuación, se presentan de forma detallada, los métodos más utilizados en la actualidad en el procesado tecnológico de los alimentos:

##### **1) Deshidratación o secado:**

Proceso que consiste en la eliminación del agua de los alimentos, lo cual conduce a una detención del crecimiento de los microorganismos, a una reducción de la velocidad de numerosas reacciones químicas y bioquímicas como es el caso del pardeamiento enzimático y no enzimático, y además, limita la oxidación de lípidos y proteínas y aumenta la estabilidad de ciertas vitaminas como es el caso de la tiamina.

## 2) Tratamientos térmicos:

El objetivo principal de los tratamientos térmicos es la inactivación de los microorganismos y de las enzimas nativas que alteran los alimentos durante su almacenamiento. El calor aplicado conduce a la desnaturalización parcial o total de las proteínas, lo que conlleva en numerosas ocasiones a un aumento de la digestibilidad de las mismas. No obstante, estos tratamientos también conllevan una disminución de la calidad nutritiva, principalmente por la pérdida de vitaminas, pero a pesar de todos estos inconvenientes debido a este tipo de tratamientos tiene lugar un aumento de la disponibilidad de ciertos nutrientes como es el caso de los carotenoides, presentes en los vegetales. (Henufood, 2016)

Dentro de los tratamientos térmicos encontramos diferentes procesos:

- a. **Termización:** proceso térmico aplicado a los alimentos para eliminar la mayoría de los microorganismos psicrótrofos que debido a su capacidad de producir exoenzimas termorresistentes pueden dar lugar a posteriores alteraciones en la estructura y características organolépticas del producto. Se aplican temperaturas de 62 a 65°C durante 10- 20 segundos, seguidos de una inmediata refrigeración a temperaturas menores de 4°C.
- b. **Pasteurización:** proceso térmico que elimina los microorganismos patógenos de los alimentos y una gran parte de los microorganismos alterantes. Dentro de la pasteurización encontramos dos modalidades: Low Temperature-Long Time (LT-LT) que consiste en aplicar un tratamiento de 63 a 66 °C durante 30 minutos y High Temperature–Short Time (HT-ST) que consiste en aplicar un tratamiento de 85 a 90°C durante 15 segundos. Al tratarse de un tratamiento térmico suave (temperaturas < 100°C) que se aplica durante un tiempo corto, el producto sufre cambios mínimos tanto en el valor nutritivo como en las características organolépticas (Alimentatec, 2016).
- c. **Esterilización:** es el procedimiento más eficaz para alargar la vida útil de los alimentos ya que elimina todos los microorganismos vegetativos y elimina o inactiva las esporas bacterianas. La esterilización clásica es llevada a cabo en autoclaves cerrados a 110-120°C durante 20 minutos. En los últimos años han aparecido alternativas como la esterilización UHT

que es mucho menos agresiva con el producto, consiste en aplicar temperaturas de 135-150°C (o superiores) durante 2-10 segundos. En la esterilización se aplican tiempos y temperaturas mayores que en la pasteurización, con el objetivo de obtener productos de una mayor vida útil, es por esto, que en este caso se producen cambios sustanciales en el valor nutritivo de los alimentos. Un ejemplo de esto serían las vitaminas de la leche, en el caso de la pasteurización tiene lugar una pérdida de vitamina C inferior al 25 %, mientras que aplicando una esterilización se obtiene una pérdida de vitamina C entorno al 50-90% (Alimentatec, 2016).

- d. **Escaldado:** este tratamiento reduce la carga microbiana e inactiva enzimas, consiste en introducir el producto (generalmente vegetales) en agua que se encuentra a 90–100°C o utilizando vapor vivo a 120-130°C durante 2 a 10 minutos. Durante el escaldado las pérdidas de vitaminas se deben en mayor parte al efecto del lavado, a la termodestrucción y en menor grado a la oxidación. Las pérdidas dependerán de factores como la maduración y variedad del alimento, su tamaño de corte, la relación superficie-volumen de piezas, el tiempo y la temperatura de escaldado y el método de enfriamiento (Alimentatec, 2016).
  
- e. **Cocción:** la cocción es un método por el cual los alimentos son sumergidos en agua y se mantienen durante tiempos variables a una temperatura cercana o igual a la de evaporación del fluido. Estas temperaturas hacen que se inactiven o destruyan algunos microorganismos. En este procedimiento, una parte importante de las vitaminas y de los minerales pasan al fluido de cocción, siendo la retención directamente dependiente de la presencia de agua, por ello, cuando los alimentos cocidos se consumen conjuntamente con el caldo de cocción, las pérdidas del valor nutritivo son relativamente escasas, sin embargo, si se elimina el caldo de cocción las pérdidas de algunos nutrientes, como la tiamina, son muy elevadas. No obstante, es necesario resaltar que algunos nutrientes aumentan su biodisponibilidad por los procesos de cocción y que además, por otra parte, se aumenta la digestibilidad de las proteínas y

de los hidratos de carbono complejos que a su vez mejoran las características organolépticas de los alimentos.

- f. Fritura:** método de calentamiento de los alimentos en un tiempo relativamente corto, se utiliza un sistema lipídico como fuente de calor y en el cual la diferencia térmica con el alimento es muy elevada, finalmente el aceite o grasa utilizado como fuente de calor pasa a formar parte del alimento en proporciones del 10 al 40%. Los principales cambios en el valor nutritivo que pueden producirse debido a este método son: transferencia de masa entre aceite de fritura y alimento, descomposición térmica de nutrientes y la interacción entre componentes fritos y productos de oxidación del aceite de fritura (Alimentatec, 2016).
- g. Cocción por extrusión:** es un proceso tecnológico mixto por el cual los ingredientes alimenticios son mezclados, transportados y termoformados en un sistema de baja humedad a temperaturas elevadas (140-190°C) y a presiones muy altas (10-20 MPa) durante un periodo de tiempo corto (15-60 segundos). La extrusión causa pérdidas en el valor nutritivo de las proteínas debido a reacciones de Maillard, además, este proceso aumenta la digestibilidad de proteínas por desnaturalización, aunque se producen pérdidas de aminoácidos como la lisina. No hay apenas pérdidas de lípidos y los minerales se retienen. En cuanto a vitaminas, se conocen datos sobre pérdidas de betacaroteno (50%) y vitamina E (40%) durante la extrusión de harina de trigo. Cuando la extrusión se realiza en frío, la pérdida de vitaminas es mínima (Alimentatec, 2016).
- h. Calentamiento por microondas:** Las microondas son radiaciones electromagnéticas de baja energía, las temperaturas que se alcanzan en este proceso no superan los 77°C, por lo tanto no se obtienen los efectos sobre la superficie del producto del horneado o tostado. Además como se conjuga con tiempos de tratamiento cortos algunos parásitos como la triquina pueden sobrevivir. Las microondas no generan radicales libres debido a su baja energía, y por tanto no aparecen compuestos indeseables que alteren las características organolépticas de los alimentos o que

puedan considerarse tóxicos. Como consecuencia de la aplicación de este tratamiento, es posible destacar que la pérdida de vitaminas termosensibles se minimiza respecto otras formas de cocinado. Además, el uso de menores volúmenes de agua para el calentamiento por microondas produce una mayor retención de nutrientes hidrosolubles como vitaminas y minerales y la reacción de Maillard también se ve minimizada (Alimentatec, 2016).

**3) Conservación de alimentos a baja temperatura:** Estos métodos son excelentes para preservar el valor nutritivo de los alimentos, además, las bajas temperaturas inhiben el crecimiento de los microorganismos y hacen disminuir la actividad de las enzimas y numerosas reacciones químicas. Las características organolépticas y el valor nutricional del alimento apenas resultan afectadas en la refrigeración y congelación cuando estas operaciones se realizan adecuadamente. Ambas producen un efecto mínimo sobre proteínas, almidones y otros carbohidratos. Sin embargo, la estructura porosa de ciertos productos (ej. pescado) les hace accesibles al oxígeno, lo que puede provocar oxidación lipídica, fenómeno que también se puede producir durante la congelación. Las vitaminas, particularmente susceptibles de verse afectadas por procesos de oxidación, son la vitamina C y el folato. Las pérdidas de vitamina C son muy dependientes de la temperatura (Alimentatec, 2016). Por otra parte, los folatos, se describen como moléculas sensibles que pueden ser degradadas por el calor y la oxidación, dando lugar a otros compuestos que carecen de funciones biológicas (Delchier, 2016)

**4) Fermentación:** Los procesos de fermentación hacen bajar el pH de los alimentos ricos en hidratos de carbono, fundamentalmente por la producción de ácido láctico. Las pérdidas de nutrientes durante el proceso fermentativo son escasas, y en la mayor parte de las ocasiones aumenta el valor nutritivo a causa de la degradación de proteínas y de la síntesis de péptidos con actividad funcional y de vitaminas, llevada a cabo por los propios microorganismos, así como por una mayor digestibilidad de las proteínas desnaturalizadas y a veces hidrolizadas parcialmente, y por una mayor biodisponibilidad de los elementos minerales.

**5) Adición de sustancias químicas:** la adición de sustancias químicas puede contribuir sustancialmente a la conservación de los alimentos ya que da lugar a un ambiente inhibitor del crecimiento de los microorganismos y de las reacciones químicas y bioquímicas.

**6) Irradiación:** La irradiación de alimentos es un proceso que consiste en exponer un alimento a una energía ionizante para destruir las bacterias y otros organismos perjudiciales, y extender su tiempo de conservación (IFIC, 2010).

Es considerada un método alternativo a los tratamientos térmicos para la conservación de alimentos.

De acuerdo con datos de la EFSA 2011, la legislación de la UE pide que cualquier alimento o ingrediente alimentario irradiado, incluso si está presente en trazas, tiene que ser etiquetado como "irradiado" o "tratado con radiaciones ionizantes" con el fin de permitir a los consumidores una elección informada. Las reacciones químicas de las proteínas producidas por la irradiación dependen de varios parámetros como la estructura de la proteína (globular, fibrosa), estado (nativa o desnaturalizada), estado físico (en solución, sólido, congelado), composición de aminoácidos, la presencia de otras sustancias en los alimentos y, por supuesto, el tratamiento de irradiación. Los principales cambios en los alimentos irradiados consisten en la oxidación de las grasas. (EFSA 2011)

**7) Procesado a altas presiones:** el procesado de los alimentos a altas presiones (UHP) consiste en la aplicación de presiones muy elevadas (100-1000MPa) a temperatura ambiente, dando lugar a cambios en la conformación proteica, además el proceso UHP también inactiva a los microorganismos y puede utilizarse como alternativa a los procesos térmicos.

#### **4.6 Alteraciones de los macronutrientes provocadas por el procesado tecnológico de los alimentos mediante procesos térmicos**

Como es conocido el calor aumenta la velocidad de las reacciones químicas y el caso de las reacciones en las que participan componentes alimentarios no es ninguna excepción, pero las interacciones entre los nutrientes no solo están moduladas por la temperatura,

sino que también influyen otros factores del medio como la actividad de agua, el pH, la luz y el potencial redox.

#### **4.6.1 Alteraciones de las proteínas**

Aunque los procesos aplicados a los alimentos influyen en todos los macronutrientes, el caso de las proteínas suele ser más evidente. Desde el punto de vista nutricional estas alteraciones pueden ser irrelevantes cuando ocurren sobre un aminoácido no esencial o cuando la proteína que sufre la alteración contribuye solo de forma parcial al aporte proteico de la dieta. Sin embargo, cuando la alimentación se sustenta únicamente en un solo producto o un número limitado de éstos como es el caso de los lactantes o ancianos esto puede tener un efecto perjudicial para el consumidor.

Las características de composición y configuración de las moléculas proteicas son las que confieren propiedades funcionales, especialmente en relación con la textura. Debido a la posibilidad de rotación de los carbonos situados en posición  $\alpha$  en relación con el enlace peptídico y de la variabilidad estructural que introducen las cadenas laterales de los aminoácidos, son diversos los tipos de interacciones que pueden producirse entre ellas o con otros componentes de los alimentos en función de las características del entorno (temperatura, fuerza iónica, pH, solventes, etc.) (Boatella, 2004).

Las alteraciones que pueden sufrir las proteínas debidas al efecto del calor se presentan a continuación:

##### **1) Desnaturalización térmica**

La desnaturalización de las proteínas se ha definido como un proceso en el cual se produce un cambio de la disposición espacial de las cadenas de polipéptidos típicas que conforman la proteína a una disposición más desordenada. Más específicamente puede definirse como cualquier modificación de la conformación de la estructura secundaria, terciaria o cuaternaria que no va acompañada de la ruptura de los enlaces peptídicos presentes en la cadena primaria (Damodaran, 1997).

Normalmente una desnaturalización de la proteína lleva unida una pérdida de la actividad biológica de las mismas.

La temperatura de desnaturalización es específica de cada proteína; de este modo podemos decir que la temperatura de desnaturalización de las proteínas

musculares oscila entre los 45 y 65 °C, mientras que la temperatura de desnaturalización del colágeno es de unos 60-70 °C ya que presenta una estructura terciaria estabilizada por numerosos enlaces covalentes.

Aunque en la naturaleza la mayoría de las desnaturalizaciones térmicas son irreversibles se ha observado que ciertas proteínas sufren una desnaturalización reversible cuando se elimina la influencia térmica. Cuando una proteína se ha sometido a una desnaturalización leve puede observarse que tras una renaturalización la proteína ya no es completamente idéntica a la proteína nativa pero debe tenerse en cuenta que el grado de reversibilidad de la proteína dependerá de la proteína y de la severidad del tratamiento (Damodaran, 1997).

La desnaturalización proteica suele tener efectos favorables sobre la estructura, las características organolépticas y la digestibilidad de los alimentos puesto que en este proceso se inactivan numerosas enzimas tales como proteasas, lipasas, lipooxigenasa, peroxidasa y enzimas glucolíticas que son las causantes de las alteraciones y sabores anómalos en los alimentos no procesados.

## **2) Isomerización de los aminoácidos**

La isomerización de los aminoácidos consiste en una transformación de la proteína de su forma L a su forma D debido al efecto del calor y en condiciones de alcalinidad con la consiguiente pérdida de valor biológico de las mismas.

Los tratamientos térmicos aplicados en la actualidad en el procesado de alimentos únicamente producen una isomerización notable en el ácido aspártico.

Existen otro tipo de reacciones entre aminoácidos en las que se forman uniones no peptídicas. Por ejemplo, la lisoalanina (LAL) es un compuesto que se forma en los hidrolizados proteicos de los alimentos cuando estos son sometidos a la acción de los álcalis, se ha señalado una mayor formación de LAL cuando se aumenta el pH y la temperatura del medio.

Desde el punto de vista nutricional la formación de LAL da lugar a un descenso de los aminoácidos lisina y cisteína y a una disminución de la digestibilidad de la proteína modificada.

Los efectos tóxicos de este compuesto han sido estudiados sobre animales de experimentación observándose en ellos alteraciones en el DNA y en el proceso mitótico.

### 3) Interacciones proteína-proteína

Este tipo de alteraciones son las más comunes a nivel doméstico ya que ocurren cuando la carne o el pescado son procesados a la plancha o la parrilla y producen pérdidas de valor nutritivo del producto.

Los aminoácidos presentan una estabilidad variable de sus cadenas laterales que depende de la estructura de este. De este modo podemos distinguir entre los aminoácidos alifáticos neutros que son la alanina, valina, leucina e isoleucina, este grupo de aminoácidos presenta una reactividad mínima y prácticamente no sufren modificaciones cuando son sometidos a tratamientos térmicos. Los aminoácidos aspártico y glutámico pueden sufrir una desamidación en el proceso de los tratamientos térmicos intensos, dando lugar a productos que pueden reaccionar con el grupo  $\epsilon$ -NH<sub>2</sub> de un resto de lisina dando de este modo lugar a dos tipos de compuestos los  $\epsilon$ - ( $\gamma$ - glutamil)-lisina y los  $\epsilon$ -( $\beta$ -aspartil)-lisina que dependiendo de los residuos implicados en este procesado se establecerán puentes intercatenarios o intracatenarios.

Otro de los fenómenos que pueden ocurrir al aplicar tratamientos térmicos energéticos es la  $\beta$ -eliminación de fosfatos procedentes de residuos de fosfoserina o grupos sulfhidrilo de la cisteína.

Las dos reacciones anteriormente mencionadas se ven aceleradas en medio alcalino y dan lugar a una molécula reactiva que es la dehidroalanina, compuesto que condensa fácilmente con el grupo  $\epsilon$ -NH<sub>2</sub> de un resto de lisina de la misma molécula proteica o de otra adyacente, lo que origina una disminución de la biodisponibilidad del aminoácido esencial y de este modo el nuevo residuo que se forma es el LAL.

En medio ácido también ocurren otros fenómenos, por un lado, el triptófano se destruye rápidamente, asimismo la cisteína se convierte parcialmente en cistina y la serina y la treonina se destruyen parcialmente.

Las transformaciones sufridas por el triptófano ocurren en función de su temperatura, la duración del tratamiento térmico y de la presencia de agua y oxígeno.

A temperaturas extremas, como las que se alcanzan durante los procesos de asado de carnes y de pescados, se produce degradación de la cadena carbonada de los

aminoácidos en una serie de reacciones conocidas como pirólisis. La formación de puentes inter e intracatenarios tiene efectos negativos sobre la digestibilidad de las proteínas, así como sobre sus coeficientes de eficacia proteica y valor biológico. La disponibilidad nutritiva de la mayor parte de los aminoácidos se reduce, ya que dichos enlaces suponen un impedimento estérico para el acceso de las proteasas a los centros activos de hidrólisis.

#### **4) Interacciones proteína-hidratos de carbono**

##### **a. Reacción de Maillard**

La reacción de Maillard (Figura 1) consiste en un complejo conjunto de reacciones químicas que afectan a ciertos componentes de los alimentos, de forma principal a proteínas y azúcares, que después de varias etapas conducen a la formación de pigmentos poliméricos de colores pardos o negros conocidos como melanoidinas. Estas reacciones químicas a menudo conducen a modificaciones en el color, olor y flavor de los alimentos (Bello, 2000).

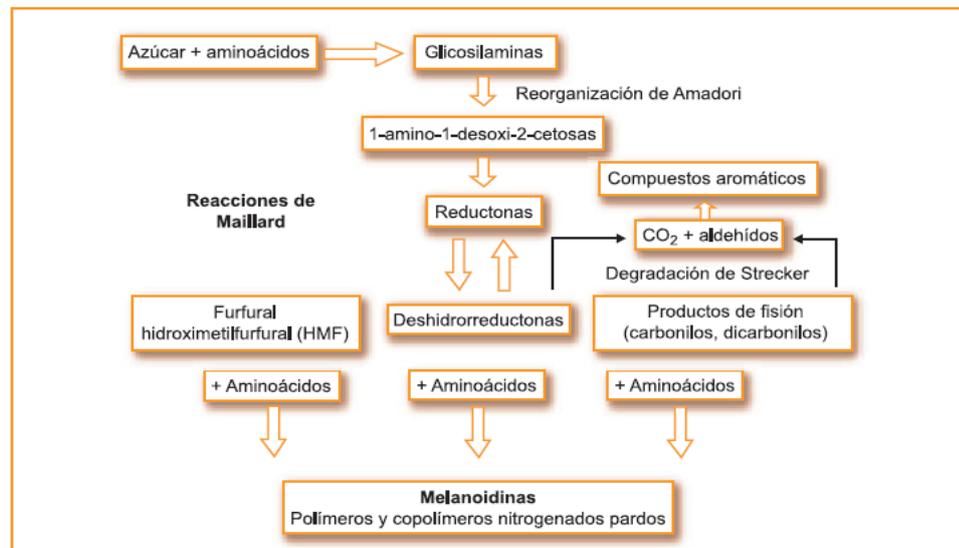
Los substratos que intervienen en la reacción de Maillard son el grupo carbonilo, procedente principalmente de azúcares reductores, y grupos amino libres de aminoácidos y proteínas de los alimentos.

Al contrario de las opiniones populares, la reacción de Maillard no requiere de temperaturas elevadas. La velocidad de reacción aumenta notablemente con la temperatura, y la formación de compuestos volátiles ocurre a temperaturas de cocción o más elevadas.

Este proceso resulta bastante común en el procesado tecnológico de alimentos (Bello, 2000).

Los factores que intervienen en esta reacción son principalmente el pH inicial de la reacción y la capacidad tampón del sistema, que influyen en el tipo e intensidad de las reacciones de Maillard. El alcance de la reacción se incrementa de forma lineal entre pH 3 y pH 8 y desciende por encima de pH 10 y el agua presente en un alimento ejerce una influencia considerable en la reacción de Maillard, y la velocidad aumenta de forma exponencial al disminuir la actividad de agua hasta un máximo de 0,6 a 0,7.

Figura 1: Etapas de la reacción de Maillard



Esta reacción da lugar a pérdidas de calidad nutritivas debidas a uno o varios de los siguientes factores: destrucción de aminoácidos esenciales, descenso de la digestibilidad de los nutrientes y producción de compuestos antinutricionales y tóxicos como es el caso de la acrilamida.

La acrilamida, una sustancia tóxica conocida como posible carcinógeno (Ortega-Rivas, 2010). Según ha podido comprobarse a partir de los 100°C se favorece la generación de este compuesto y esta generación se aceleraría a los 140°C aunque la temperatura óptima de formación de este compuesto parece situarse en torno a los 180°C, fácilmente alcanzables en muchos de los hornos y sistemas de fritura industriales.

Existen varios factores químicos y físicos que intervienen en la velocidad y extensión de la reacción de Maillard. Entre ellos destacan la naturaleza de los sustratos, el pH, la actividad de agua y la temperatura.

b. Degradación de Strecker:

La degradación de Strecker implica la desaminación oxidativa y la descarboxilación de un compuesto  $\alpha$ -aminoácido en presencia de un compuesto dicarbonilo.

Esta reacción da lugar a aldehídos que contienen un carbono menos que el aminoácido original y una  $\alpha$ -aminocetona.

En el caso de la cisteína, además de los dos productos normales, se forma sulfuro de hidrogeno, amoniaco y acetaldehído.

La interacción de los productos de la reacción de Maillard y de la degradación de Strecker conduce a la formación de numerosos compuestos aromáticos tales como pirazinas, oxazoles, tiofenos, etc.

## **5) Interacciones proteína-lípidos**

Los productos de la oxidación final de los lípidos son principalmente aldehídos, cetonas, moléculas bi y trifuncionales, hidrocarburos alifáticos lineales y cíclicos y compuestos heterocíclicos alifáticos de cadena muy larga.

Todos estos compuestos pueden interactuar con las proteínas dando lugar a numerosas reacciones que influyen en la calidad, las características organolépticas y el valor nutritivo de los alimentos.

Los hidroperóxidos lipídicos reaccionan con algunos aminoácidos como el triptófano, la metionina y la cisteína, oxidándolos, y los compuestos carbonílicos reaccionan con la lisina por mecanismos similares a los descritos para los azúcares. Asimismo, la inducción de radicales libres proteicos por contacto con los radicales libres formados durante la oxidación de los lípidos puede dar lugar a la formación de puentes covalentes inter e intramoleculares. Los enlaces cruzados podrían producirse también por reacciones cruzadas con productos secundarios de la peroxidación lipídica.

La calidad nutritiva de la proteína puede verse drásticamente afectada por la interacción con los productos de la oxidación de los lípidos. La digestibilidad de las proteínas se reduce por la formación de puentes covalentes, así como por la modificación de los aminoácidos en los lugares específicos de hidrólisis. Por otra parte, se producen pérdidas de aminoácidos esenciales o reducciones en su biodisponibilidad.

La cisteína y la metionina son oxidadas rápidamente en los primeros momentos de la peroxidación lipídica, y la biodisponibilidad de la lisina, de la histidina y del triptófano disminuyen.

Muchos de los compuestos volátiles de los alimentos procesados, responsables del aroma y del sabor, provienen de las interacciones de los compuestos de Maillard y de los lípidos. Los compuestos de Maillard reaccionan no sólo con lípidos en

proceso de oxidación, sino con triglicéridos y con fosfolípidos no alterados, generando una gama de compuestos alifáticos heterocíclicos responsables en gran medida del sabor y aroma de los alimentos cocinados tales como la carne, las patatas al horno y fritas, y de muchas bebidas e infusiones (café, té y cacao).

#### **6) Interacciones proteína-vitamina y elementos minerales**

La influencia de la reacción de Maillard sobre las vitaminas de los alimentos no es del todo conocida; sin embargo, hay evidencias de que las premelanoidinas pueden reaccionar con las vitaminas B1 y B6, y con el ácido pantoténico, produciendo su degradación parcial a partir de 60 °C. En cuanto a la vitamina C, la degradación del ácido ascórbico, como se ha comentado con anterioridad, está estrechamente relacionada con la reacción de Maillard; se conoce que el ácido dehidroascórbico reacciona con los grupos amino libres para formar pigmentos rojos y pardos.

Hasta 1975 no se tuvo constancia de la influencia de la reacción de Maillard sobre la biodisponibilidad de elementos minerales. Cuando se administran soluciones autoclavadas de aminoácidos y de glucosa por vía intravenosa, aumenta notablemente la excreción renal de zinc y cobre, mientras que el efecto sobre el magnesio es nulo. Cuando la administración de los productos de Maillard se lleva a cabo por vía oral, sólo se produce una disminución de la capacidad de retención de zinc a largo plazo. Además, se ha observado que los productos de Maillard inhiben la absorción de calcio.

#### **4.6.2 Alteraciones de los hidratos de carbono**

Los hidratos de carbono son generalmente menos susceptibles que las proteínas y los lípidos a los cambios químicos inducidos por el procesado que deterioran el valor nutritivo o aumentan la toxicidad (Richardson, 1985).

Como anteriormente se ha mencionado, los carbohidratos con grupos carbonilos activos pueden participar fácilmente en reacciones de Maillard y la degradación de las proteínas Strecker y por lo tanto tener un efecto adverso sobre el valor nutritivo (Richardson, 1985). Otros tipos de reacciones de hidratos de carbono que tendrían un efecto negativo en el valor nutritivo y en la salubridad de los alimentos son la caramelización de los azúcares

y la degradación térmica de los hidratos de carbono en un ambiente acuoso (Richardson, 1985).

La caramelización es un tipo de oscurecimiento que se produce por el efecto del calor cuando los azúcares son calentados por encima de su punto de fusión y que origina cambios de sabor y aroma de los alimentos. Este proceso puede ocurrir bajo condiciones ácidas o básicas (Barreiro, 2006) y como anteriormente se ha mencionado tiene un efecto negativo sobre el valor nutritivo de los alimentos.

Sin embargo, en cuanto a las reacciones que ocurren en los carbohidratos, es importante destacar el efecto positivo que puede tener la reacción de Maillard en algunos productos, como es el caso del pan. En el pan la reacción de Maillard es necesaria para la formación del color tostado característico de su corteza, al igual que ocurre en el caso de las galletas (Bello, 2000).

#### **4.6.3 Alteraciones de los lípidos**

Los lípidos especialmente cuando son no saturados sufren muchos cambios químicos durante el procesado, y algunos de estos cambios pueden afectar a su calidad nutricional y salubridad (Richardson, 1985; Gil, 2010).

##### **1) Oxidación:**

Los lípidos de los alimentos pueden degradarse por diferentes mecanismos. Los triglicéridos y los fosfolípidos pueden sufrir procesos de hidrólisis que son catalizados por lipasas y fosfolipasas de los propios alimentos o de los microorganismos que los contaminan, dando lugar a la formación de ácidos grasos libres que son los causantes de la denominada rancidez hidrolítica.

La oxidación de los lípidos de los alimentos consiste en la reacción del oxígeno con los ácidos grasos insaturados a través de la autooxidación.

En la autooxidación los ácidos grasos libres o los que se encuentran formando parte de los triglicéridos y los fosfolípidos pueden sufrir procesos de autooxidación dando lugar a la formación de compuestos oxidados que son los denominados peróxidos o hidroperóxidos, los cuales, posteriormente se degradan dando lugar a alcanales, alquenes, alcadienes, aldehídos de otros tipos, cetonas, alcoholes,

ésteres, ácidos, compuestos alifáticos heterocíclicos, etc., que son los responsables del sabor oxidado de muchos alimentos que contienen grasas insaturadas.

Los principales ácidos grasos insaturados presentes en los alimentos son los ácidos oleico, linoleico, linolénico, araquidónico y, en menor grado, eicosapentaenoico y docosahexaenoico. La oxidación de estos ácidos grasos implica la formación de radicales libres, los cuales, antes de reaccionar con el oxígeno sufren una reordenación dando lugar a la formación de diferentes radicales alcoxilo (RO.) y peróxido (ROO.) Estos radicales, posteriormente conducen a la aparición de hidroperóxidos (ROOH).

La degradación de los hidroperóxidos de los ácidos grasos implica inicialmente una reacción de homólisis para dar un radical alcoxilo (RO.) y un radical hidroxilo (HO.), seguida de una escisión en la posición  $\beta$  de la cadena del ácido graso adyacente al radical alcoxilo; los otros fragmentos de la degradación del hidroperóxido contienen el grupo carboxílico. La estructura de los compuestos volátiles formados depende de la composición de la cadena alquílica y de la posición donde ocurre la escisión.

Los ácidos grasos saturados son relativamente estables a la oxidación a temperaturas relativamente bajas. Sin embargo, cuando la temperatura aumenta hasta valores utilizados en los procesos de fritura, la oxidación de la cadena carbonada comienza al azar. A 150 °C la oxidación de los ésteres metílicos de los ácidos grasos saturados se inicia preferentemente en el centro de la molécula o en posición  $\beta$  respecto al grupo éster. Los principales compuestos oxidados que se obtienen son aldehídos y metilcetonas, seguidos de hidrocarburos, ácidos,  $\gamma$ -lactonas y alcoholes. Además de los compuestos monocarbonílicos formados por la oxidación de los lípidos, el malondialdehído (1,3-propanodial) es el compuesto más importante formado a partir de los ácidos linoleico y linolénico y de sus derivados poliinsaturados; este compuesto puede reaccionar con otros componentes alimentarios, especialmente proteínas, como se ha indicado anteriormente.

La oxidación de los lípidos puede estar catalizada por iones metálicos en presencia de agentes reductores tales como ascorbato, NADH y FADH<sub>2</sub> presentes en los alimentos. En estos casos, el Fe<sup>3+</sup> induce la autooxidación del agente reductor y

se produce el anión superóxido ( $O_2^-$ ). En el caso de los tioles, el radical tiólico cataliza la reducción del oxígeno hasta  $O_2^-$  que, por dismutación, forma  $H_2O_2$ . En los alimentos los iones metálicos están ligados a sustancias como el ADP, DNA y metaloproteínas. Los iones metálicos están implicados, más que en la iniciación, en la propagación de la autooxidación catalizando la descomposición homolítica de los hidroperóxidos lipídicos para dar radicales alcoxilo y peroxilo que, de nuevo, inician la oxidación de nuevas moléculas de ácidos grasos. En la carne tanto el hierro hemo como el no hemo son potentes agentes oxidantes, y en la leche tanto el cobre como el hierro son catalizadores de la oxidación lipídica.

## **2) Degradación térmica:**

La degradación térmica de ácidos grasos poliinsaturados produce una mezcla compleja de dímeros acíclicos, bicíclicos y tricíclicos con diferentes grados de insaturación. La degradación térmica oxidativa de los lípidos supone la oxidación de ácidos grasos saturados en posición  $\alpha$ ,  $\beta$  o  $\gamma$ , para formar los radicales alcoxilo respectivos, y la oxidación de los ácidos grasos insaturados. En el primer caso, la ruptura termolítica de los carbonos del radical produce varios compuestos carbonílicos, cetonas e hidrocarburos, y en el segundo la formación de dímeros, trímeros y tetrámeros con grupos polares. Los hidroperóxidos formados a partir de todos estos compuestos pueden descomponerse en radicales oxi y peroxilo, los cuales pueden sustraer un nuevo hidrógeno de otra molécula de ácido graso formando nuevos radicales o generar radicales diméricos con puentes éter o peróxido. Los nuevos radicales formados pueden tomar otra molécula de oxígeno para formar un radical peroxilo, para posteriormente llevar a cabo una nueva adición con formación de polímeros largos.

La degradación térmica de los ácidos grasos conduce inevitablemente a la formación de numerosos compuestos polares acíclicos y cíclicos y de polímeros, muchos de ellos de carácter tóxico.

## **3) Radiólisis:**

La radiólisis consiste en suministrar a los alimentos radiaciones de alta energía que dan lugar a una ionización de las moléculas. (Bello, 2000).

En el caso concreto de los lípidos lo que ocurre al aplicar radiólisis es una ionización primaria de los ácidos grasos, con la consiguiente formación de productos radiolíticos formados por fragmentación del ion molecular positivo localizado en el grupo carboxilo o en algún doble enlace. Esta fragmentación da lugar a cadenas alquílicas o derivados oxiacilo, los cuales reaccionan con los cationes formados y dan lugar a polímeros.

#### **4) Hidrogenación:**

La hidrogenación de las grasas es un proceso químico que añade más hidrogeno a las grasas insaturadas naturales, para disminuir el número de enlaces dobles y retardar o eliminar la posibilidad de oxidación. En este proceso se forman los ácidos grasos trans. Las grasas insaturadas se oxidan al exponerse al aire y crean compuestos que tienen olores o sabores rancios o desagradables (Peinado, 2014).

#### **5) Interesterificación y formación de triglicéridos estructurados:**

La interesterificación cambia el patrón de distribución de los ácidos grasos dentro del triglicérido, dando lugar a grasas con características deseables en cuanto a punto de fusión y de cristalización. La migración de ácidos grasos dentro de una misma molécula de triglicérido es lo que se denomina intraesterificación. En la práctica se utilizan metales alcalinos o alcóxidos como catalizadores, en el rango de 0,2 a 0,4% y a temperaturas cercanas a 100 °C.

La interesterificación se ve catalizada por las altas temperaturas y medios fuertemente básicos (Rodríguez, 2008).

La interesterificación da lugar a la distribución al azar de los ácidos grasos dentro de los triglicéridos, por lo que estos procesos alteran la digestibilidad y la absorción de lípidos de la dieta.

#### **6) Efectos de los tratamientos térmicos sobre el valor nutritivo de los lípidos:**

Cualquiera de las transformaciones que sufren los lípidos por efecto de los tratamientos tecnológicos tiene una gran influencia sobre su valor nutritivo. Los fenómenos de autooxidación de los alimentos, dan lugar a la aparición de sabores anómalos y a la destrucción de ácidos grasos esenciales. La generación de diversos

compuestos oxidados y de radicales libres conduce a la alteración del valor biológico de otros nutrientes.

#### **4.6.4 Alteraciones de las vitaminas**

La mayoría de procesos tecnológicos aplicados sobre los alimentos pueden dar lugar a pérdidas de vitaminas. El proceso depende de una serie de factores: el tiempo y la temperatura que se aplique, la concentración que exista de oxígeno o el pH que presente el producto. Además, se pueden producir otras pérdidas de vitaminas cuando estos alimentos se envasan industrialmente, ya que se están sujetos a almacenamiento, distribución y comercialización posterior. Entre las vitaminas más susceptibles a los distintos agentes externos como el pH, temperatura, oxígeno o la luz se encuentran la vitamina C, A, B12, tiamina y el ácido fólico (Henufood, 2016).

##### **1) Vitamina A:**

Esta vitamina es estable en atmósfera inerte pero pierde rápidamente su actividad cuando es calentada en presencia de oxígeno, y especialmente a altas temperaturas, y cuando se oxida o se reduce se destruye completamente, de esto, esta vitamina es sensible a la radiación ultravioleta.

##### **2) Vitamina D:**

La estabilidad de esta vitamina está influenciada por el medio en el que se encuentra disuelta. Cuando se encuentra en los alimentos presenta una elevada estabilidad al calor, la luz y el oxígeno y únicamente se destruye ligeramente en condiciones alcalinas, cuando además, hay presencia de luz y aire.

##### **3) Vitamina K:**

Esta vitamina presenta estabilidad frente al calor y a los agentes reductores pero es lábil frente a los ácidos fuertes, los agentes oxidantes y la luz.

##### **4) Tocoferoles:**

Los tocoferoles son un grupo de compuestos con actividad de vitamina E, este grupo de compuestos es estable en medio ácido a elevadas temperaturas y en

ausencia de oxígeno, pero sin embargo, son inestables a temperaturas ambiente en presencia de oxígeno, álcalis, sales férricas y cuando son expuestos a la luz ultravioleta. De este modo en el proceso de oxidación de las grasas hay una destrucción de estos compuestos, lo que conlleva una considerable pérdida de vitamina E.

**5) Tiamina (Vitamina B1):**

La tiamina no sufre ningún tipo de destrucción cuando se somete a temperaturas de cocción en medio ácido, sin embargo, se destruyen en tan apenas 20 minutos cuando el medio se encuentra a pH próximo a 9. Además esta vitamina es inestable en presencia de aire, especialmente a pH elevado y se destruye en la presencia de sulfitos y en el proceso de autoclavado.

**6) Riboflavina (Vitamina B2):**

La riboflavina es muy estable en medios ácidos, sin embargo, es extremadamente sensible a la luz y su grado de destrucción se ve incrementado con el aumento de temperatura y de pH.

**7) Compuestos con actividad vitamínica B6:**

Dentro de estos compuestos se incluyen la piridoxina, el piridoxal y la piridoxamina. La piridoxamina es estable al calor, los ácidos y las bases, pero sin embargo, es sensible a la luz. La piridoxina y el piridoxal son rápidamente destruidos por exposición al calor, al aire ya la luz.

**8) Vitamina B12:**

Esta vitamina presenta estabilidad frente al calor en soluciones neutras, pero se destruye al ser calentada en medios ácidos o alcalinos.

Esta vitamina también presenta inestabilidad frente a la exposición a la luz y se ve afectada por la presencia de agentes reductores (King, 1987).

**9) Ácido fólico:**

Se trata de un ácido que es relativamente estable al calor, cuya destrucción se ve acelerada en presencia de oxígeno y de luz. Pese a ser un ácido termorresistente,

no soporta los procesos de autoclavado en medio ácido y medio alcalino. (King, 1987).

#### **10) Ácido ascórbico (Vitamina C):**

Esta vitamina es la que presenta mayor sensibilidad, es lábil en presencia de humedad, oxígeno, pH, agentes oxidantes, temperaturas elevadas y presencia de iones metálicos. Al tratarse de una vitamina soluble se pierde con gran facilidad en procesos húmedos (King, 1987).

#### **4.6.5 Alteraciones de los minerales:**

Los minerales se caracterizan por ser bastante estables a los distintos tratamientos utilizados en los alimentos. Sin embargo, existen interacciones entre distintos elementos y algunos nutrientes como las proteínas, que pueden reducir la biodisponibilidad de algunos minerales como el calcio, el hierro, el magnesio o el cinc. Esto puede ocurrir en algunos procesos culinarios como la extrusión, el horneado o los procesos fermentativos, que permiten que las enzimas fitasas hidrolicen los fitatos presentes en los cereales y aumentan la biodisponibilidad de estos.

Los procesos de lavado, también reducen el contenido de los minerales mediante lixiviación. La molienda de los cereales, unido a la separación del salvado, también produce pérdidas de algunos minerales. Los procesos de cocción y hervido en los alimentos producen una reducción de algunos minerales debido a que se forman fitatos.

## 5. CONCLUSIONES

El procesado de los alimentos es necesario en el ámbito alimentario para garantizar la seguridad de los alimentos, hacerlos agradables al paladar, aumentar su vida útil y eliminar algunos factores antinutritivos presentes en las materias primas. El procesado de alimentos presenta algunas ventajas pero también algunos inconvenientes. Como principales ventajas cabe destacar la disponibilidad de alimentos, ya que algunos de los alimentos no existirían sin ser sometidos a un procesado, la mayor variedad de alimentos y una mejor nutrición puesto que algunos procesos tecnológicos aplicados a los alimentos mejoran el valor nutritivo de estos.

Como principales inconvenientes del procesado tecnológico cabría destacar que la calidad del producto y el grado de procesado al que es sometido son inversamente proporcionales, las materias primas utilizadas en la industria alimentaria son complejas y resulta muy difícil predecir los cambios que van a sufrir y que los cambios nutricionales y sensoriales que sufren los alimentos como consecuencia del procesado son irreversibles.

Los métodos de tratamiento térmico son las técnicas que más influyen sobre el valor nutricional de los alimentos. Cuanto mayor es la temperatura a la que se somete el alimento mayores son los daños sobre el valor nutritivo del mismo, principalmente se producen pérdidas de vitaminas, reacciones de los carbohidratos, etc. Los alimentos más aptos para someter a tratamiento térmico serían los productos de panadería y repostería ya que deben su color tostado característico a este proceso. Sin embargo, este tipo de procesado, en el resto de alimentos suele producir más daños que beneficios.

Como alternativas a los métodos de tratamiento térmico se utilizan la irradiación y el procesado por altas presiones ya que son menos agresivos con el producto y tienen un menor efecto sobre su valor nutricional.

Los métodos de procesado de alimentos por bajas temperaturas son excelentes métodos para preservar el valor nutritivo de los alimentos ya que si se realizan de modo correcto las pérdidas nutricionales son mínimas. Los mejores alimentos para someter a este tipo de tratamientos son los vegetales, las carnes y los pescados ya que mantienen intacta su calidad sensorial y nutricional, aunque es cierto que puede producir algunos problemas como quemaduras por frío, oxidaciones de lípidos, y en el caso de la carne, si se realiza un enfriamiento muy rápido tras el sacrificio puede interrumpir el proceso del rigor mortis.

La fermentación produce pérdidas de valor nutricional escasas y en la mayoría de los casos, esta produce un aumento del valor nutritivo. Esta técnica de procesamiento de los alimentos se suele aplicar sobre todo a productos lácteos, en los cuales tras la fermentación se produce una disminución del pH que limita el crecimiento bacteriano. Este proceso también es utilizado en el caso de vinos y vinagres, puesto que son productos que interesa que tengan una elevada acidez.

En cuanto a los nutrientes cabe destacar que las proteínas son los nutrientes más sensibles al procesamiento tecnológico, seguido de las vitaminas y minerales mientras que los hidratos de carbono y las grasas sufren diversos procesos que los transforman en otros compuestos.

En las proteínas principalmente encontramos pérdida de aminoácidos esenciales que reducen su valor nutricional y pueden dar lugar a compuestos coloreados, en el caso de los lípidos, el efecto más importante que el procesamiento tiene sobre ellos es la oxidación, en la cual, se forman compuestos volátiles y coloreados que devalúan el producto.

En el caso de los hidratos de carbono, estos pueden dar lugar a reacciones de caramelización o a la reacción de Maillard, que normalmente suele devaluar el producto ya que aparecen colores oscuros, con la excepción de algunos productos, como es el caso del pan y las galletas, a los cuales aporta su calor de tostado característico.

En cuanto a las vitaminas, cabe decir, que en el caso de las vitaminas hidrosolubles, se producen grandes pérdidas por lixiviación, lo cual produce una pérdida del valor nutritivo de los alimentos. Por su parte, las vitaminas liposolubles son bastante termorresistentes.

Los minerales, son bastante resistentes a los procesos aplicados a los alimentos, sin embargo, algunos de ellos como es el caso del calcio, el magnesio, el hierro o el cinc, pueden reaccionar con otros compuestos dando lugar a una reducción de la biodisponibilidad

## 6. CONCLUSIONS

Food processing is necessary in the food sector to ensure food safety, to make food palatable, increase its shelf life and eliminating some anti-nutritional factors present in the raw materials. Food processing has some advantages but also some disadvantages. As main advantages include the availability of food, as some food would not exist without being subjected to processing, the greater variety of foods and better nutrition since some technological processes applied to foods improve their nutritional value.

As major drawbacks of technological processing would emphasize that the quality of the product and the processing degree to which it is subjected are inversely proportional, the raw materials used in the food industry are complex and very difficult to predict the changes that will suffer and nutritional and sensory changes as a result of food processing are irreversible.

The heat treatment methods are techniques that most influence the nutritional value of food. The higher the temperature to which the food is subjected the greater the damage on the nutritional value, mainly occur losses of vitamins, carbohydrates reactions, etc. Food products more suitable to be heat treated would be bakery goods that owe their characteristic toasted color to this process. This type of processing, in other foods often produce more harm than good however.

As alternatives to the heat methods irradiation and high pressures are used because they are less aggressive with the product and have less effect on their nutritional value.

The food processing methods based on low temperatures are excellent methods to preserve the nutritional value of food as when correctly done the nutritional losses are minimal. The best foods to undergo this type of treatment are vegetables, meats and fish as they keep intact their sensory and nutritional quality, although it is true that it can cause some problems like freezer burn, oxidation of lipids, and in the case of meat, if a rapid cooling is performed after slaughter the process of rigor mortis can be interrupted.

Fermentation produces little loss of nutritional value and in most cases, this result in an increased nutritional value. This processing technique is often applied to dairy products, in which after fermentation pH decreased limiting bacterial growth .This process is also used in the case of wines and vinegars, since they are products with high acidity.

As for nutrients proteins are the most sensitive to technological processing, followed by vitamins and mineral nutrients while carbohydrates and fats undergo various processes that transform them into other compounds.

In proteins we found loss of essential amino acids that reduce its nutritional value and can lead to colored compounds, in the case of lipids, the most important effect that processing has on them is oxidation, in which volatile and colored compound that devalue the product are formed.

For carbohydrates, these may lead to caramelization reactions or Maillard reaction, which will normally devalue the product as they appear dark colors, with the exception of some products, such as bread and cookies, which contributes to its characteristic roasting.

As the vitamins, it can be said that in the case of water-soluble vitamins, high losses occur by leaching, resulting in a loss of nutritional value of food. Meanwhile, fat-soluble vitamins are fairly heat-resistant.

Minerals, are quite resistant to the processes applied to foods, however, some of them such as calcium, magnesium, iron or zinc, can react with other compounds resulting in a reduction in bioavailability.

## **7. APORTACIONES EN MATERIA DE APRENDIZAJE**

La realización del Trabajo de Fin de Grado permite desarrollar y adquirir competencias que son necesarias para la incorporación en el mundo laboral. Con dicho trabajo se desarrollan las capacidades de planificación y organización del trabajo de forma autónoma, se aprende a tomar decisiones relevantes con la responsabilidad que ello conlleva y además se realiza una evaluación crítica del propio trabajo realizado.

La temática del procesado de alimentos, es un tema que desde mi punto de vista resulta de gran interés. Aunque a lo largo de la titulación se han adquirido numerosos conocimientos sobre este ámbito, estos se han impartido desde un punto de vista más industrial, sin hacer especial hincapié en la repercusión que dichos tratamientos tienen sobre el valor nutricional de los alimentos. Por ello la realización de este trabajo me ha permitido ampliar mis conocimientos en el campo del procesado de alimentos centrandome especialmente la atención en cómo se ve afectado el valor nutritivo. Además de ampliar mis conocimientos, este trabajo me ha aportado otras capacidades como la capacidad de organización y planificación, la capacidad de búsqueda y síntesis de información. También gracias a este trabajo, se ha mejorado mi expresión escrita y la comprensión de textos científicos tanto en castellano como en inglés.

En definitiva, la asignatura del Trabajo de Fin de Grado permite a los estudiantes profundizar en aquellos ámbitos que más les interesen dentro de la titulación y llevar a cabo estudios de gran interés sobre los temas actuales de la industria alimentaria.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Alimentatec.com. Procesado de alimentos e impacto nutricional. 2016 [citado 24 Mayo 2016]. Disponible en: <http://www.alimentatec.com/procesado-de-alimentos-e-impacto-nutricional/>
2. Banterle A., Cavaliere A., Ricci, E.C., 2012. Food Labelled Information: An Empirical Analysis of Consumer Preferences. *International Journal Food System Dynamics* 3 (2): 156-170
3. Barbosa-Cánovas G, Bermúdez-Aguirre D. Procesamiento no térmico de alimentos. *Scientia Agropecuaria* 2010; 1: 81-93.
4. Barreiro J, Sandoval A. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Venezuela: Equinoccio. 2006.
5. Bello Gutiérrez J. Ciencia bromatológica. Madrid: Díaz de Santos; 2000.
6. Benito Peinado P. Alimentación y nutrición en la vida activa. Madrid. Universidad Nacional de Educacion a distancia. 2014.
7. Boatella Riera J, Codony Salcedo R, López Alegret P. Química y bioquímica de los alimentos II. Barcelona: Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona; 2004.
8. CEACCU: Organización de Consumidores. Los hábitos de los españoles en el cuidado de la salud .2016 [citado 24 Mayo 2016]. Disponible en: <http://www.ceaccu.org/publicaciones/estudios-y-documentacion/habitos-espanoles-cuidado-saludo/>
9. Cox N, Evans I. *Eathr Surface Processes and Landforms*. 2006
10. Damodaran S, Paraf A. *Food proteins and their applications*. New York: Marcel Dekker; 1997.
11. Delchier N, Herbig A, Rychlik M, Renard C. Folates in Fruits and Vegetables: Contents, Processing, and Stability. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2016;15(3):506-528.
12. EFSA: European Food Safety Authority. Scientific Opinion on the Chemical Safety of Irradiation of Food. *EFSA Journal*. 2011;9(4).
13. EUFIC: El consejo Europeo de Información sobre la Alimentación. ¿Lo mejor desde el pan en lonchas? Un repaso de las ventajas de los alimentos procesados. 2016 [citado 24 Mayo 2016]. Disponible en: <http://www.eufic.org/article/es/tecnologia-alimentaria/elaboracion-alimentos/expid/ventajas-alimentos-procesados/>

14. Gil A, Ruiz López M. Tratado de nutrición. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.
15. Henufood: Salud desde la Alimentación. Técnicas culinarias y tecnología alimentaria: efecto en la nutrición .2016 [citado 24 May 2016]. Disponible en: <http://www.henufood.com/nutricion-salud/aprende-a-comer/tecnicas-culinarias-y-tecnologia-alimentaria-efecto-en-la-nutricion/index.html>
16. IFIC: International Food Information Council Foundation Entender nuestros alimentos. Herramientas de comunicación. 2010; 9.
17. IFIC: International Food Information Council Foundation Irradiación: una herramienta mundial de inocuidad alimentaria. .2010; 6.
18. King J, De Pablo, S. Pérdidas de vitaminas durante el procesamiento de los alimentos. Chil. Nutr. 15 (3), 143-152. 1987
19. OMS: Organización mundial de la salud. Informe enfermedades transmisión alimentaria.2015. [citado 24 Mayo 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2015/foodborne-disease-estimates/es/>
20. Ortega-Rivas E. Processing effects on safety and quality of foods. Boca Raton: CRC Press; 2010.
21. Richardson T, Finley J. Chemical changes in food during processing. Westport, Conn.: AVI Pub. Co.; 1985.
22. Rodríguez Rivera V, Simón Magro E. Bases de la alimentación humana. Oleiros, La Coruña: Netbiblo; 2008.