

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. Freido

El freido de alimentos es uno de los métodos de cocción que mayor aceptación mundial tiene, porque además de tener sabor y textura crujiente su preparación es rápida y sencilla. Sin embargo el alto consumo de alimentos fritos es considerado un factor de riesgo para la salud, dado el alto contenido calórico que presentan por su alto contenido de grasa y por la formación de compuestos tóxicos, debido principalmente a procesos agresivos de fritura, entre ellos las acrilamidas, las cuales se han relacionado con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y algunos tipos de cáncer (Saguy y Dana, 2003).

#### 4.1.1. Definiciones y características del proceso

El proceso de freido puede ser definido como un proceso de cocción y secado de alimentos, por su inmersión en un fluido comestible (grasa) a una temperatura mayor que la temperatura de ebullición del agua (Castro, 2006).

Saguy y Dana (2003) definen al freido como la cocción de los alimentos en aceite o grasa caliente a temperaturas elevadas (140-180°C), donde el aceite actúa como transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme del producto. Aguilera y Hernández (2000) proponen definirlo como una forma de cocción de alimentos a alta temperatura, donde el medio de transferencia de calor es el aceite que imparte buen sabor, excelente sensación de palatabilidad, color dorado o tostado y crujencia al alimento.

La popularidad de los procesos fritos puede ser atribuida a las características de los productos obtenidos. El freido genera productos sabrosos con un exterior crujiente y su parte interior jugosa y suave (Ballard, 2003). El objetivo de la fritura consiste en “sellar” los alimentos en aceite caliente para que los sabores y jugo presentes en él sean retenidos en una corteza crujiente, es así como la mayoría de las características deseables de los productos fritos proviene de la formación de una estructura compuesta

por una capa externa o corteza crocante, porosa y aceitosa y un interior húmedo y cocinado (Suaterna, 2009).

Generalmente, los tiempos de freido son menores que los de cocción en agua y al vapor, pero depende del tipo de alimento, la temperatura del aceite, el sistema de fritura, el grosor del alimento y los cambios que se pretende conseguir. El inconveniente de este proceso de preparación está en la incorporación de aceite al alimento incrementando significativamente el aporte calórico y el consumo de grasa (Moncada y Gualdrón, 2006).

El freido se caracteriza por formar una “costra” en la superficie del alimento y generar un sabor característico, agradable. Durante la fritura se presentan cambios en la composición nutricional de los alimentos, estos dependen del tipo de grasa, de las características propias del alimento, del tiempo, la temperatura y demás condiciones del proceso (Suaterna, 2009). Es también considerado un proceso de deshidratación, con tres características distintivas: corto tiempo de cocción debido a la rápida transferencia de calor que se logra con el aceite caliente; temperatura en el interior del alimento menor a 100°C; y absorción de la grasa del medio por el alimento. A medida que un producto alimenticio es freido, las células internas se van deshidratando y el agua evaporada es parcialmente remplazada por el aceite de freido (Fillion y Henry, 1998). Las temperaturas de freido son elevadas, pero únicamente la superficie del alimento frito se calienta a 100°C debido al tiempo corto de freido. El interior del alimento alcanza temperaturas de 70 a 98 °C (Dimitrios y Elmadfa, 1999).

En el proceso de fritura se usan grasas y aceites como medio de transferencia de calor al producto. Un buen alimento frito no se puede obtener si no se usa un aceite de buena calidad, sin embargo, casi todos los tipos de grasas y aceites pueden ser utilizados para la fritura, incluyendo aceites vegetales con y sin hidrogenar, grasas animales, mezclas de los anteriores y margarinas. El aceite juega un rol fundamental en la preparación de alimentos fritos ya que éste sirve como medio de transferencia de calor entre el alimento y la freidora (Aguilera y Hernández, 2000).

El calor se transfiere por convección desde el aceite caliente a la superficie de la pieza, posteriormente, la transferencia de calor al interior del alimento ocurre por

conducción. El agua que abandona el alimento genera un enfriamiento en el frente de evaporación. La transferencia de masa es caracterizada por la pérdida de agua desde el alimento como vapor de agua y el movimiento de aceite al interior del alimento (Castro, 2006).

#### **4.1.2. Tipos de freido**

Existen dos formas para realizar el freido: superficial o en poca grasa y profunda o por inmersión en abundante grasa.

La primera, se realiza en un recipiente más o menos plano, tipo sartén, precalentado, donde parte del alimento queda fuera del aceite o grasa. La cantidad de aceite utilizado es mínima, pero suficiente para evitar que se adhiera el producto. La sartén no debe taparse para evitar que la parte no sumergida se cocine por efecto del vapor interno generado al calentarse (Becerra, 2006). Este método se usa para alimentos con una gran superficie. El calor se transfiere por conducción al alimento a través de una capa delgada de aceite desde la superficie del medio de calentamiento (Pinthus y Saguy, 1994).

El freido por inmersión es uno de los procesos más antiguos de preparación de alimentos. Por décadas, los consumidores han preferido los productos fritos en inmersión debido a la combinación única de textura y sabor que ellos poseen. La temperatura del aceite caliente, el tiempo de fritura y tipo de freidora son factores que afectan el proceso (Castro, 2006). El alimento se sumerge totalmente en aceite caliente; normalmente se realiza en una freidora o en recipientes profundos con una capacidad alta para contener el aceite, en una relación producto: aceite entre 1:6 y 1:10, es decir que por cada gramo de alimento que se prepare debe adicionarse de 6 a 10 mL de aceite para mantener la relación. Este tipo de fritura es uniforme en toda la superficie y por lo general, el alimento se sumerge previamente en un capeado o batido para formar una capa protectora entre el alimento y la grasa (Suaterna, 2009).

La inmersión en aceite es un proceso complejo que incluye transferencia simultánea de calor y masa resultante en flujos en contracorriente de vapor de agua (burbujas) y aceite a la superficie de la pieza. La mayoría de las características

deseables de los alimentos fritos son derivadas de la formación de una estructura compuesta por una corteza externa crocante, porosa y aceitosa y un interior húmedo y cocinado, cuyas microestructuras se forman durante el proceso de freido (Moreira y col., 1999).

Fillion y Henry (1999) señalan que se presentan tres tipos de cambios durante el freido a profundidad:

- 1) Procesos físicos: transferencia de agua del alimento al aceite de freido, la evaporación del agua a la atmósfera, la migración de la grasa del alimento al aceite y del aceite al alimento.
- 2) Cambios químicos en el alimento debidos a la pérdida de agua y efecto de la temperatura.
- 3) Interacciones químicas entre el aceite de freido y los componentes naturales del alimento frito o sustancias que se producen durante el proceso de freido.

El resultado del freido por inmersión produce alimentos con diferentes estructuras y propiedades: cambios en textura, una superficie atractiva y de buen color y aumento de la palatabilidad (Costa, 2004).

#### **4.1.3. Cambios durante el freido**

Los alimentos fritos se consumen cotidianamente y contribuyen a la ingestión de grasas en la dieta. Las grasas y aceites ofrecen propiedades especiales incluyendo sabor, suavidad y una sensación característica en la boca que mejora la palatabilidad. Uno de los parámetros más importantes de calidad de los productos fritos es la cantidad de grasa absorbida durante el proceso de freido. Algunos de ellos contienen altas cantidades de grasa en algunos casos más del 45% del producto total (Phintus y Saguy, 1994).

Durante el freido por inmersión los alimentos pierden agua la cual se transforma en vapor, se forma una costra con numerosas cavidades, poros y una gran superficie. La grasa llena los volúmenes producidos por la pérdida de agua (Costa, 2004).

El contenido de aceite afecta la aceptabilidad del consumidor en productos fritos, por lo tanto se han estudiado algunos de los mecanismos para la absorción de aceite durante el proceso de fritura y entre ellos están (Alvis y col., 2008):

1.- Retención física: la mayor concentración de aceite tiende a encontrarse en la corteza externa, lo cual se debe a la formación de huecos y ampollas durante el freido.

2.- Reemplazo del agua: Sugiere que luego del escape del agua en forma de vapor los sitios por los cuales salió el vapor se secan y pierden su hidrofobicidad, entonces el aceite se adhiere a la superficie para posteriormente penetrar al interior por las áreas dañadas.

3.- Succión por vacío: postula que el aceite adherido es forzado a ingresar al interior del alimento al removerse éste de la freidora, producto del vacío generado por condensación del vapor.

4.- Penetración capilar: Este mecanismo se basa en la existencia de una matriz porosa en la cual existe penetración de aceite por capilaridad y que la fuerza impulsora es la diferencia de presión a través de la superficie.

La información sobre mecanismos de absorción de aceite en productos fritos está poco sustentada, lo más probable es que durante el freido operan simultáneamente varios de ellos (Aguilera y Hernández, 2000).

## **4.2. Alimentos fritos**

El mercado mundial de productos fritos crece continuamente y representa grandes cantidades de dinero. Productos importantes como nuggets de pollo, papas a la Francesa, pollo frito, carne para hamburguesas, totopos o “nachos”, entre otros tienen alta demanda y consumo (Sosa Morales y Vélez Ruiz, 2009).

El pescado se consume frito en muchas partes del mundo y es un plato importante en muchas cocinas. Es cubierto regularmente con masa, harina y hierbas y especias antes del freido.

### **4.2.1. Pescado**

El pescado tiene una composición en nutrientes parecida a la de la carne: proteínas de gran calidad, grasas o lípidos, pequeñas cantidades de vitaminas, minerales y purinas (Borgstrom, 2009).

Estudios han demostrado que el consumo de ácidos grasos Omega 3 reduce el riesgo de enfermedades coronarias (Dimitrios y Elmadfa, 1999).

Los beneficios del pescado provienen de su grasa. Sin el ácido graso Omega 3, el cuerpo no funciona de forma correcta, el organismo humano no lo puede generar y es por eso que hay que adquirirlo de las comidas. El Omega 3 desempeña la gran tarea de reducir los riesgos de paros cardíacos, reprime los coágulos sanguíneos en las venas, impide el crecimiento de placas en los vasos sanguíneos, flexibiliza las paredes de las arterias, entre otros (Hu y col., 2002).

#### **4.2.2. Pescado Blanco del Nilo**

En el mundo se le llama tilapia, pero en México también se le conoce como blanco del Nilo. La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) se considera en general, la mejor especie para la acuicultura de agua dulce. Es una especie de pescado de muy fácil producción, en los últimos años, ha llegado a los supermercados mexicanos en forma de filetes congelados, que se ofertan a menores precios que la tilapia que se cría en aguas nacionales. La tilapia se vende en filetes, pero se pueden comprar en vivo en algunos mercados. Tiene un sabor dulce y textura semifirme (Mataix, 2002).

El pescado blanco es uno de los alimentos más esenciales y fundamentales para aquellos que deseen llevar una dieta equilibrada y sana, pues su contenido en proteínas (muy similar al contenido por la carne), y las bajas cantidades de grasa que posee (que variarían, obviamente, dependiendo de cada pescado), lo hacen mucho más ligero y digestivo (Falder, 2006).

La USDA (2010) reporta para tilapia cruda un contenido de proteína de 20.08% y 1.70% de grasa. También este pescado es rico en minerales como potasio (302 mg) y magnesio (170 mg), entre otros. Y contiene altas cantidades de ácido fólico (24 mcg), vitamina B12 (1.58 mcg), niacina (3.9 mg) entre otras vitaminas.

### 4.3. Contenido de grasa en alimentos fritos

Los alimentos de origen animal no ganan mucha grasa durante la fritura, independientemente del tipo y cantidad de grasa o aceite utilizado. La explicación que se da para sustentar la poca ganancia de grasa es que el espacio intracelular del tejido animal está lleno de fluidos que no permiten retener grasa, mientras que el espacio intracelular de los tejidos vegetales es lleno de aire, lo que le da gran capacidad para retener la grasa absorbida (Fillion y Henry, 1998).

Otro aspecto relacionado con la ganancia de grasa es la presencia del capeado o apanado, el cual es básicamente una mezcla compuesta por agua, harina de trigo o miga de pan y sazónadores, que se utiliza para cubrir los alimentos antes de la fritura para formar una costra dura impermeable al movimiento del agua y de la grasa, sin embargo, esta cobertura atrapa grasa, aumentando el contenido calórico del alimento (Bertollini y col., 2008).

En un estudio sobre freido de papas fritas, Moreira y col. (1997) observaron que la mayor cantidad de aceite penetra en la estructura durante el periodo de enfriamiento y no durante la fritura. Los autores comentan que un 20% del aceite total es absorbido durante el periodo de inmersión y del aceite remanente un 64% es absorbido durante el enfriamiento y el 36% es localizado en la superficie de las rodajas de papa.

No todos los alimentos absorben la misma cantidad de aceite o grasa durante la fritura; la absorción depende de varios factores como el contenido de agua del alimento, tamaño o superficie de contacto, cobertura que presente el alimento y pre tratamientos como secado, blanqueado, y pre fritura (Saguy y Dana, 2003).

Algunos pre tratamientos han demostrado disminuir la absorción de aceite durante la fritura, como por ejemplo, someter el alimento a secado previo a la fritura mediante microondas o aire caliente (Bouchon y col., 2003).

El efecto de secado antes del freido fue estudiado en varios experimentos. Los resultados fueron que al aplicar un secado inicial al producto se reducía el tiempo de freido y el contenido final de grasa (Dimitrios y Edmadfa, 1999).

## **4.4. Secado**

La deshidratación es uno de los métodos de secado más antiguos pero también uno de los más usados en la actualidad, otorgando una vida útil prolongada y diversidad de productos (Martínez, 2008).

### **4.4.1. Definición**

Es una operación en la que se da el transporte simultáneo de calor y masa. En esta operación debe aportarse el calor sensible y el calor necesario para la evaporación, o sublimación, mientras el agua o el vapor se transporta desde el interior del alimento a la superficie donde el vapor de agua se transfiere del alimento a la atmósfera. De todas las técnicas usadas para el secado de productos agroalimentarios una de las más utilizadas es la de evaporación superficial: secado por aire caliente, secado a vacío, secado solar y secado por microondas (Fito y col., 2001).

Los principales objetivos de secado de los productos son para aumentar su vida útil, para mejorar su calidad, simplificar su manipulación, el almacenamiento y el transporte del producto y también para preparar el producto para su procesamiento posterior.

### **4.4.2. Secado durante el freido**

El comportamiento de secado de un alimento en la freidora depende de las características físicas del producto. Los alimentos son productos higroscópicos, capilares y porosos, en los cuales los poros son parcialmente llenados con agua y parcialmente con una mezcla de aire/vapor de agua. Durante el proceso de fritura la humedad se evapora de la superficie del producto y deja el producto, debido a la diferencia de presión de vapor entre al aceite de fritura y el alimento (Moreira y col., 1999).



#### **4.5. Secado con microondas**

Las microondas no son una forma de calor, sino ondas de energía que se manifiesta como calor a través de su interacción con la materia. El calentamiento con microondas es un calentamiento global debido a la interacción del campo electromagnético con el material como un todo. El calentamiento es casi instantáneo y rápido. La rapidez del calentamiento puede ser una ventaja y puede realizarse en segundos o minutos lo que podría tardar mucho más tiempo con un método de calefacción convencional (Fito y col., 2001).

El horno de microondas es un equipo común que se utiliza en casa y se ha convertido en una parte esencial de la preparación de alimentos. El calentamiento por microondas es altamente afectado por la presencia de agua en alimentos. Hay muy poca información sobre el pre tratamiento en microondas y el freido (Maskan, 2000).

##### **4.5.1. Ventajas del horno de microondas**

Algunas ventajas del uso de microondas son la rapidez del proceso, calentamiento uniforme, eficiencia de conversión de energía (no se invierte energía en calentar el aire o las paredes del horno, lo cual conduce a un ahorro de energía), mejor y más rápido proceso de control (naturaleza instantánea del “encendido-apagado” de calentamiento y facilidad para cambiar el grado de potencia), requerimientos de espacio menores debido a rapidez de calentamiento y calentamiento selectivo (Fito y col., 2001).

En los secadores ordinarios, la humedad es rápidamente vaporizada en la superficie y el agua del producto sigue difundiendo lentamente hacia la superficie. Con la generación interna de calor (microondas) la transferencia de masa es primordialmente debida al gradiente de presión establecido a causa de la rápida generación de vapor dentro del material (Maskan, 2000).

##### **4.5.2. Comparación de freido por inmersión y secado**

Hoy en día los consumidores muestran mayor preocupación por el consumo de grasa. El desarrollo de un producto frito bajo en grasa no solo podrá satisfacer la demanda de

productos fritos sino también la cuestión de la salud, resultando en grandes ganancias económicas para aquel que logre cumplir con ésta meta (Moreira y col, 1999).

Una de las características más importantes de los productos fritos es la absorción de aceite, desafortunadamente el contenido de grasa se ha visto asociado con diversos tipos de enfermedades contribuyendo a la preocupación de la salud mundial. Enfermedades cardiovasculares, diabetes, obesidad y algunos tipos de cáncer son ocasionados por el alto consumo en grasa. Es por eso que se han realizado muchas investigaciones centradas en la reducción de aceite de productos fritos (Sosa Morales y Vélez Ruiz, 2009).

Ngady y col. (2009) estudiaron el efecto del pre tratamiento con microondas antes del freido en nuggets de pollo. El tratamiento previo en el horno de microondas resultó en menores contenidos de humedad y absorción de aceite. Los autores señalaron que es de esperarse que el alto contenido de humedad inicial en los nuggets de pollo permita el calentamiento rápido con microondas debido a la interacción entre las moléculas dipolo del agua y el ambiente del microondas, el contenido de sal en la cubierta supone un efecto similar.

El efecto de secado previo, sobre la pérdida de humedad y absorción de aceite durante el freido de papas a la Francesa también ha sido estudiado (Lloyd y col. 2004). Las muestras fueron pre tratadas (secado) por varios tiempos antes de ser freidas. Los autores encontraron que las muestras pre secadas presentaron un menor contenido de humedad y grasa. En otro estudio se determinó el contenido de aceite en chips de tortilla pre secadas y luego fritas, el contenido final de aceite disminuyó significativamente (Moreira y col. 1999). Estos autores concluyeron que el contenido de humedad inicial del producto frito influye notablemente en el contenido final de aceite del producto frito.

La cubierta del alimento frito está compuesta por carbohidratos, proteína y agentes gelantes y es esperado que se modifique por gelatinización y desnaturalización de éstos componentes formando barreras para la pérdida de humedad y absorción de la grasa subsecuentes al proceso de freido (Ngadi y col., 2009).