

Calidad de alimentos procesados en freidora de aire

Quality of foods processed in the air fryer

Román Jiménez Vera¹, Nicolás González Cortés, Ana Laura Luna Jiménez*¹

División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Cuerpo Académico Desarrollo Sustentable, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

*Autor de correspondencia: Carretera Tenosique-Estapilla km 1, Col. Solidaridad, C.P. 86901, Tenosique, Tabasco, México, ana.luna@ujat.mx

Artículo de revisión

Recibido: 25-06-2024

Aceptado: 26-01-2025

Volumen 4, núm. 8

Enero - Junio de 2025

<https://doi.org/10.32870/jbf.v4i8.68>

v4i8.68



Copyright: © 2024 by the authors. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Resumen

El estilo de vida y los avances tecnológicos en alimentación son factores de gran impacto en la salud de las personas. Los consumidores requieren alimentos seguros con propiedades nutricionales adecuadas y con mejores características sensoriales. El objetivo de esta revisión fue mostrar el efecto de la cocción de alimentos por aire caliente en cuanto a las propiedades físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales y nutricionales. Se analizó la información de 45 artículos publicados entre 2015 y 2024 donde se realizan comparaciones entre los efectos del freído en aire con otros métodos convencionales. Indudablemente, la mayor aportación del freído en aire es la posibilidad de obtener alimentos con bajo contenido de grasas, lo que resulta muy atractivo para una población con problemas de salud asociados al consumo de grasas. Otro factor positivo es la capacidad de mantener nutrientes en concentraciones similares a los alimentos crudos y menor formación de compuestos potencialmente tóxicos. La calidad microbiológica y sensorial está determinada por las condiciones de cocción, así como el tiempo y el tipo de alimento, similar a los procesos tradicionales. Este método de cocción es una alternativa saludable para reducir el uso de aceites y la formación de compuestos nocivos, así como mantener nutrientes, calidad microbiológica y sensorial.

Palabras clave: freído en aire, alimentos sanos, salud, características sensoriales, color

Abstract

Lifestyle and technological advances in food are factors that have a significant impact on people's health. Consumers require safe foods with adequate nutritional properties and better sensory characteristics. The objective of this review was to show the effect of cooking food with hot air in terms of physical, chemical, microbiological, sensory, and nutritional properties. Information from 45 articles published between 2015 and 2024 was analyzed, and comparisons were made between the effects of air frying with other conventional methods. Undoubtedly, the greatest contribution of air frying is the possibility of obtaining foods with low-fat content, which is attractive for a population with health problems associated with the consumption of fats. Another positive factor is the ability to maintain nutrients in similar concentrations to raw foods and less formation of potentially toxic compounds. The microbiological and sensory quality is determined by the cooking conditions, as well as the time and type of food, like traditional processes. This cooking method is a healthy alternative to reduce the use of oils and the formation of harmful compounds, as well as maintaining nutrients, microbiological, and sensory quality.

Keywords: air fryer, healthy foods, health, sensory characteristics, color

Introducción

Los alimentos fritos con aceites son de gran consumo entre la población debido a sus características sensoriales y al tiempo de preparación. La variedad de alimentos fritos va desde pollo crujiente hasta papas doradas, ya que cuentan con sabor y textura característicos que los convierten en los favoritos de muchos consumidores. Sin embargo, el proceso de fritura puede afectar el valor nutricional y la salubridad de los alimentos (Chen, 2023). El freído puede verse afectado por diversos factores como la temperatura, el tipo de alimento, la relación aceite/alimento, el material del recipiente, la limpieza y el almacenamiento del aceite (Suaterna, 2009).

Durante el calentamiento del aceite, en el freído tradicional, se produce una serie de reacciones que generan compuestos de degradación que pueden llegar a ser tóxicos para los consumidores. Sharafi et al. (2024) demuestran que la exposición de los niños a la acrilamida a través del consumo de papas fritas puede considerarse un riesgo de cáncer; la mejor manera de reducir la acrilamida en las papas fritas y los riesgos para la salud asociados es mejorar el proceso de producción, especialmente la temperatura y el tiempo. En el estudio se analizaron 120 muestras de 40 marcas; el posible índice de riesgo no cancerígeno para adultos fue inferior a 1 para las 40 marcas (100%), pero en niños fue inferior a 1 solo para 9 marcas (22.5 %) y superior a 1 para 31 marcas (77.5 %).

Además, existen cantidades de aceite usado que los usuarios eliminan al medio ambiente (Zaghi et al., 2019). La contaminación por aceite comestible usado es uno de los factores más graves de contaminación del agua, ya que es capaz de crear una capa sobre la superficie que dificulta el paso de oxígeno afectando a los seres vivos de los ríos, canales o mares. Se ha reportado que un litro de aceite comestible puede contaminar hasta mil litros de agua, lo que representa la cantidad de agua que consume una persona promedio durante 11.5 años (Moya-Salazar y Moya-Salazar, 2020).

El cambio en los estilos de vida y los avances tecnológico han influido en los hábitos alimentarios, lo que amerita un seguimiento constante por parte de la industria alimentaria (Zaghi et al., 2019). Una opción para uso en el hogar, que ha surgido como alternativa al freído en aceite, es el uso de aire caliente para la elaboración de platillos con bajo contenido de aceites o grasas. Sin embargo, es importante realizar estudios adicionales para analizar las características de los alimentos cocinados con este proceso (Téllez-Morales et al., 2024), ya que muchos usuarios no contemplan las indicaciones de los fabricantes, por desconocimiento o porque no existe información para determinados alimentos.

Aunque el freído con aire caliente es una tecnología novedosa en algunos hogares a nivel mundial, la primera fase de invención fue en 1914, cuando se patentó para ser utilizado en compañías aéreas y aviones, especialmente en la marina (Çelik, 2024). La tecnología para uso casero se introdujo inicialmente para mercados europeos y con el tiempo, se ha extendido a escala global. La tecnología patentada cocina los productos en poco tiempo, manteniendo el sabor agradable y conteniendo hasta un 80 % menos de grasa en comparación con la fritura por inmersión (Zaghi et al., 2019). A través de la fritura con aire es posible obtener alimentos fritos mediante la pulverización de aire caliente alrededor de las materias primas con el objetivo de promover el contacto homogéneo entre los alimentos y la neblina de gotas de aceite contenidas en el flujo de aire (Yu et al., 2020). Con este proceso se reduce la cantidad

de aceite para lograr una cocción efectiva, lo que conduce a obtener alimentos con bajo contenido de grasas y calorías (Wang et al., 2021).

Por otra parte, el uso de freidoras de aire en establecimientos comerciales o para uso doméstico presenta ventajas como la reducción en el uso aceites, reducción de emisiones contaminantes al medio ambiente, ahorro de energía y tiempo, así como la atracción de consumidores que buscan una alimentación más saludable, lo que sin duda agregará valor a la empresa alimentaria (Zaghi et al., 2019). Sin embargo, algunas propiedades físicas de los alimentos finales pueden verse afectadas, como la textura, el color, el sabor y la humedad (Wang et al., 2021). Además de las propiedades nutricionales adecuadas, los consumidores requieren de alimentos con mejores características sensoriales y que resulten seguros para la salud.

El objetivo de esta revisión narrativa es mostrar el efecto de la cocción con aire caliente en las propiedades físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales y nutricionales de los alimentos, mediante una revisión de artículos publicados entre 2015 y 2024, donde se comparan los efectos del freído en aire con otros métodos de cocción.

Calidad fisicoquímica

Humedad

Conocer el contenido de humedad de un alimento permite implementar acciones sobre la materia prima, su elaboración, conservación, textura y consistencia. La humedad puede influir en la fluidez de un material, compresibilidad y cohesividad; además, en las industrias agrícolas y alimentarias, la humedad excesiva puede ser un indicador de productos maltratados y podridos (Tirado et al., 2015).

Se ha observado que la disminución en el contenido de humedad de los alimentos es más lenta durante la fritura con aire que la fritura convencional. Uno de los principales inconvenientes de los productos fritos con aire caliente es la reducción de sus atributos sensoriales, como una sensación en boca más seca y la alteración en el perfil de sabor, en comparación con los alimentos producidos mediante frituras convencionales. En pescado, se encontró que el contenido de humedad de la piel de la tilapia disminuye de 69% al 2% en solo seis minutos al freír en aceite, pero en alrededor de 10 minutos para el freído en aire (Wang et al., 2021). Estos cambios afectan la calidad sensorial al momento de consumir un producto, lo que puede resultar en desagrado.

En un estudio realizado por Coria-Hernández et al. (2023) se compararon papas fritas congeladas sometidas a fritura en aceite de canola y fritura en aire caliente. Se encontró que las papas sometidas al aire caliente contenían aproximadamente un 48% menos de humedad, menos cambios de color perceptibles y menos daño en la superficie, lo que se tradujo en una textura más crujiente. La fritura al aire es una buena alternativa para desarrollar nuevos productos fritos que permitan ampliar la variedad en el mercado, sin sacrificar algunos atributos de calidad.

Liu et al. (2022) analizaron el efecto de la temperatura del freído en aire sobre las propiedades físicas de los filetes de esturión (*Acipenser sturio*). Los resultados muestran una correlación negativa entre el aumento de la temperatura y la humedad en la superficie; al incrementar la temperatura (130, 160 y 190 °C) durante 15 minutos, el contenido de humedad de la superficie del filete de esturión disminuyó

drásticamente, mientras que el del interior se conservó a una humedad satisfactoria.

El equipo de Murzaini et al. (2020) empleó la freidora de aire para secar pulpa de calabaza (*Cucurbita maxima*) para elaborar harina. Se evaluaron temperaturas entre 130 y 150 °C y tiempos entre 25 y 35 min. La temperatura y el tiempo de horneado tuvieron un efecto significativo en el contenido de humedad y la dureza, sin afectar la masticabilidad. La mayor aceptación sensorial se obtuvo con la menor temperatura y el menor tiempo. La calidad de los alimentos elaborados con la harina obtenida mediante el secado con aire caliente es comparable a la calidad sensorial de los productos elaborados con calabaza cruda.

Grasas

Las grasas o lípidos son un conjunto de nutrientes compuestos por ácidos grasos, insolubles en agua y solubles en solventes orgánicos; son empleadas como fuente de energía en la mayoría de las células del organismo, excepto las del sistema nervioso central y los glóbulos rojos y pueden servir al cuerpo humano como aporte calórico inmediato o reservorio para cubrir las necesidades a largo plazo (Carrillo et al., 2011).

Aunque está probada su importancia en la nutrición, la ingesta de grasas puede alterar el perfil lipídico, particularmente el colesterol total, colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad) y colesterol HDL (lipoproteínas de alta densidad); la mayoría de las recomendaciones nacionales e internacionales fijan el 10% de la energía proveniente de grasas (22 g/día) como límite superior para el consumo de ácidos grasos en la población general (Ros et al., 2015), por lo que el consumo por arriba de estos valores podría provocar daños en la salud del consumidor.

Se ha encontrado que los productos fritos con aire caliente tienden a ser más saludables ya que contienen menos grasas y una menor concentración de sustancias potencialmente dañinas. Al comparar la fritura de papas con aire y en aceite se encontró un contenido de aceite diez veces mayor en las sometidas a freído tradicional. En papas congeladas sometidas a fritura en aire se encontró una disminución de la concentración del aceite hasta valores de la mitad del contenido inicial. Sin embargo, esta reducción del contenido de aceite dio como resultado la formación de una corteza menos consistente relacionada con la resistencia a la pérdida de agua e interfirió con las características sensoriales del producto (Zaghi et al., 2019).

La presencia de ácidos grasos libres se ha establecido como un parámetro para monitorear los cambios en la calidad del aceite durante la fritura tradicional, siendo más favorables los niveles más bajos, lo que nuevamente destaca los beneficios potenciales del cocinado con aire para mejorar la calidad del aceite. La reducción en el contenido de grasa en los alimentos producidos al freír con aire se traduce en respuestas más bajas de triglicéridos posprandiales, lo que puede tener beneficios para la salud. Se ha reportado que el contenido de ácidos grasos libres se incrementa de 0.09 a 0.22% en alimentos sometidos a fritura convencional, mientras que sólo se incrementa de 0.09 a 0.12% en los alimentos cocinados por fritura al aire. Además, la concentración de ácidos grasos oxidados después de la cocción se incrementa 0.13% en fritura convencional y la mitad, 0.06%, en la fritura al aire (Wang et al., 2021).

Las concentraciones elevadas de triglicéridos circulantes después de las comidas o triglicéridos posprandiales son un

riesgo de enfermedad cardíaca coronaria; se puede reducir la concentración posprandial al disminuir el contenido de grasa de las comidas ingeridas. Feng et al. (2020) compararon sujetos alimentados con dietas elaboradas con fritura tradicional y por aire caliente. La fritura con aire caliente provocó una reducción del 74% en el contenido total de grasa de la comida, lo que resultó en una reducción del 67% en la respuesta postprandial de triglicéridos en comparación con la fritura tradicional.

Shaker (2015) comparó el freído de tiras de papas con aire caliente y el método tradicional a una temperatura de 180 °C durante 40 minutos. Los resultados indicaron que el contenido de humedad y la absorción de aceite fueron menores en las tiras fritas con aire y los cambios en algunas propiedades fisicoquímicas como los ácidos grasos libres, el índice de peróxido y el contenido de ácidos grasos polares, poliméricos y oxidados del aceite extraído de las papas fritas de forma tradicional fueron significativamente mayores.

La samosa es un bocadillo de la India realizado con masa de hojaldre; es un alimento frito que resulta agradable al paladar con un alto contenido en grasas trans y grasas saturadas. Con la intención de disminuir la concentración de grasas, se evaluó el uso de una freidora de aire con oxígeno. Como resultado final, se disminuyó la concentración de grasas de 22.83% con el freído tradicional y de 10.08% con la freidora de aire y oxígeno. Aunque se obtuvieron diferencias en el brillo, el contenido de humedad y la dureza, la evaluación sensorial reveló que la samosa frita con aire es sensorialmente aceptable y resulta favorable para la buena salud (Pande et al., 2018).

También adquiere significancia el origen del aceite empleado en el proceso de fritura. La absorción de aceite durante el freído con aire es hasta un 90% menor que durante el freído convencional. El contenido de grasa en papas fritas al aire disminuye el 70%, especialmente cuando se fríen en aceite de oliva (Wang et al., 2021). De igual manera que en el freído tradicional, el origen y la composición del aceite son factores que afectan la calidad del producto, así como la formación de nuevos compuestos de la interacción entre el aceite y la matriz alimentaria a una temperatura alta. Por su parte, Santos et al. (2017) compararon la fritura de papas por el método tradicional y el freído en aire evaluando cuatro aceites: de girasol, soya, canola y oliva. Todos los aceites probados se comportaron de manera similar y fueron los principales responsables del enriquecimiento de las papas en tocoferoles, compuestos fenólicos y β -caroteno, pero se observó una menor oxidación de lípidos con el aceite de oliva.

La fritura con aire es un método alternativo que no requiere la adición de aceite. Sin embargo, esta tecnología proporciona un entorno prooxidante para las reacciones oxidativas en los lípidos. Por lo tanto, además de los enfoques industriales, también vale la pena considerar estrategias domésticas como la adición de antioxidantes naturales durante la cocción casera para limitar la oxidación de lípidos. La oxidación de lípidos durante la fritura con aire se evidencia por la formación de productos de oxidación, como óxidos de colesterol, y la degradación de lípidos bioactivos, como los ácidos grasos omega-3. Aunque el uso de antioxidantes naturales durante la cocción es un tema ampliamente reportado, las tendencias actuales subrayan el uso de hierbas y condimentos (Sales et al., 2024). Las reacciones de oxidación de los aceites se producen fundamentalmente en los ácidos grasos insaturados de los triglicéridos. El oxígeno atmosférico reacciona con el aceite en la superficie de contacto y ataca a los dobles enlaces y como

consecuencia se pueden producir olores desagradables. Los productos finales incluyen compuestos carbonílicos de cadena corta, que son los responsables del sabor rancio y de las reacciones paralelas que conducen a un deterioro generalizado y a la formación de los polímeros (Juárez y Samman, 2007).

Carbohidratos

Entre los carbohidratos de mayor consumo por el ser humano se encuentran los almidones. Se han investigado los efectos de la fritura con aire caliente y freído tradicional en aceite sobre la microestructura del alimento, la gelatinización del almidón y la digestibilidad de las tiras de papas. Se observó una menor gelatinización del almidón y mayor digestibilidad del almidón en las muestras fritas con aire caliente que en las fritas con aceite. La fritura con aire caliente produjo muestras con una microestructura compacta y bien organizada, mientras que la fritura tradicional produjo muestras con superficies cargadas de aceite y crujientes (Wang et al., 2021). La organización de la microestructura permitió que la calidad sensorial de las tiras de papa cocidas por fritura al aire fuera mejor que las tiras sometidas a fritura tradicional. En general, la fritura en aire de alimentos con alto contenido de almidón ha resultado más adecuada para producir alimentos fritos saludables que el método de fritura tradicional (Lee et al., 2020).

Bhuiyan y Ngadi (2023) evaluaron diversos sistemas de rebozado a base de harina de trigo y arroz para recubrir los análogos de carne a base de proteínas vegetales y se frieron parcialmente a 180 °C durante 1 minuto en aceite de canola, posteriormente se congelaron a -18 °C y se almacenaron durante siete días. Se evaluaron cuatro métodos de calentamiento: en microondas, por infrarrojos, fritura con aire y en grasa profunda. Tanto las formulaciones de la masa como los métodos de cocción afectaron los parámetros del proceso y los atributos de calidad. La fritura en aire es un sustituto adecuado del freído en aceite en términos de los atributos de calidad estudiados de los productos recubiertos a base de análogos de carne.

De acuerdo con el grado y velocidad de digestión, los almidones se clasifican en almidones de rápida digestión: aquellos que incrementan la concentración de glucosa en sangre poco después de haber sido consumidos; los de lenta digestión: son los que se digieren por completo en el intestino delgado sólo que en menor proporción a los de rápida digestión; el almidón resistente a la digestión que no es digerido en el intestino delgado y logra llegar al colon, donde actúa como sustrato para la microbiota intestinal (Olayo-Contreras et al., 2023). Una de las ventajas del almidón resistente es que permite ser utilizado como un ingrediente que proporciona beneficios fisiológicos asociados a la salud; es capaz de modular la cinética de digestibilidad de los nutrientes, lo que posibilita su incorporación en el diseño de productos con menor índice glicémico y menor poder energético (Villarreal et al., 2018).

En relación con la digestibilidad de los almidones, Dong et al. (2022) analizaron la digestibilidad del almidón contenido en papas fritas y encontraron que la fritura con aire dio como resultado niveles más altos de almidón de digestión lenta (48.54-58.42%) y niveles más bajos de almidón resistente (20.08-29.34%) en comparación con los de la fritura tradicional (45.59 ± 4.89 y 35.22 ± 0.65%, respectivamente), lo que podría contribuir a niveles de azúcar en sangre más equilibrados

después del consumo. En la alimentación humana es de gran interés el almidón de digestión lenta y el resistente a la digestión (Olayo-Contreras et al., 2023).

Calidad microbiológica

Son diversos los factores que contribuyen a la contaminación de los alimentos por microorganismos patógenos, siendo la temperatura y el método de cocción dos factores de gran cuidado. Los avances tecnológicos y el estilo de vida moderno han permitido la aparición de nuevas formas de cocinar alimentos, tanto a nivel industrial como en casa. La combinación de estos factores puede contribuir a la aparición de brotes causados por microorganismos contenidos en los alimentos. El proceso de fritura es un método eficiente y ampliamente utilizado debido a su rapidez y, principalmente, al suministro de características sensoriales únicas y de gran aceptación por la población. El efecto conservante es otro carácter secundario que resulta de la destrucción térmica de microorganismos y enzimas, además de una reducción de la actividad del agua en la superficie del alimento. La vida útil de los alimentos fritos viene determinada por el contenido de humedad; aquellos que sufren mayor deshidratación tienen una vida útil de hasta doce meses a temperatura ambiente (Zaghi et al., 2019).

La vida útil de un alimento se define como el tiempo finito posterior a su producción bajo condiciones de almacenamiento controladas, en el cual éste presenta una pérdida de sus atributos sensoriales y fisicoquímicos y sufre un cambio en su perfil microbiológico. El alto contenido de humedad de los productos fritos con aire caliente puede afectar su vida útil, deteriorando sus atributos sensoriales, modificando sus propiedades fisicoquímicas y acelerando el deterioro por microorganismos; por lo tanto, los estudios futuros deben centrarse en evaluar y aumentar la vida útil en alimentos sometidos a la freidora de aire (Télez-Morales et al., 2024).

Las enfermedades transmitidas por alimentos son un problema mundial de salud pública; entre sus causas más frecuentes se encuentran los microorganismos patógenos capaces de producir reacciones gastrointestinales y complicaciones que pueden llevar a la muerte. A nivel alimentario, se han identificado cinco patógenos de grave presencia: *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, *Aeromonas* spp. y *Vibrio* spp. Los alimentos implicados en brotes alimentarios son principalmente de origen animal, desde alimentos crudos, como pescado y carnes, hasta alimentos listos para el consumo (Soto et al., 2016). Por ejemplo, la contaminación por *Salmonella* de productos derivados del chocolate ha provocado varios brotes y retirados del mercado en los últimos años (Sun et al., 2023).

En relación con las bacterias patógenas, las alitas de pollo son alimentos populares de consumo doméstico que deben cocinarse adecuadamente para evitar el riesgo de salmonelosis. Se evaluó el uso de hornos de convección y freidoras de aire para la inactivación de cinco cepas de *Salmonella*. No hubo diferencias en su inactivación entre los tratamientos, ni entre las temperaturas probadas en la freidora; de los factores evaluados (aparato, temperatura de cocción y tiempo de cocción), el factor más importante para la inactivación microbiana fue el tiempo de cocción, el cual debe ser mayor a 23 minutos. Se destaca la importancia de validar los tratamientos térmicos en electrodomésticos novedosos

en las condiciones de uso recomendadas para garantizar la seguridad alimentaria del consumidor (Cano et al., 2022).

Por su parte, Rao et al. (2020) reportaron en Canadá en los últimos 15 años, la aparición de múltiples brotes de *Salmonella enterica* transmitidos por pollo empanizado congelado. Muchos productos están diseñados para ser cocidos de forma doméstica; sin embargo, los consumidores utilizaron el equipo disponible o alternativo, como las freidoras de aire. Al comparar la capacidad de un horno tostador, el freído en aceite, una freidora de aire y un horno convencional se encontró que el freído tradicional es un método de cocción eficaz, demostrando una reducción media de 7.0 log de microorganismos; el horno convencional es la segunda opción eficiente al lograr una reducción media de 6.0 log. Tanto la freidora de aire como el horno tostador tuvieron un desempeño deficiente en este rubro, con reducciones medias respectivas de disminución de microorganismos de 4.0 y 3.0 log. En relación con la seguridad microbiológica en alimentos sometidos a la freidora de aire y tostadores, se sugiere apegarse a las instrucciones de cocción recomendadas para el uso doméstico de estos equipos.

Calidad sensorial

El análisis sensorial en los alimentos es una herramienta importante para diseñar y desarrollar nuevos productos. La percepción sensorial permite atender atributos que el consumidor requiere en un alimento, así como optimizar las características organolépticas de los alimentos como color, olor, sabor y textura. La calidad sensorial de un alimento es el resultado de la interacción entre éste y el individuo, lo que provoca su aceptación o rechazo en relación con los atributos claves al paladar (Osorio-Oviedo, 2019).

Tradicionalmente, los alimentos freídos se han consumido durante mucho tiempo, la aparición de un método de cocinado nuevo como el freído con aire caliente crea expectativas del consumidor sobre las propiedades sensoriales del producto. En cuanto a las características organolépticas, el proceso de fritura al aire es capaz de alcanzar el color característico y el sabor similar obtenido mediante la fritura tradicional y reducir la cantidad de contenido de aceite y compuestos polares. Sin embargo, no se ha estudiado exhaustivamente y debería prestarse mayor atención a la evaluación detallada de sus componentes, propiedades de los alimentos y sus efectos sobre la salud humana (Zaghi et al., 2019). Uno de los principales inconvenientes de los productos fritos al aire es la reducción de sus atributos sensoriales, como una sensación en boca más seca o una alteración en su perfil de sabor, en comparación con los alimentos producidos mediante frituras convencionales (Wang et al., 2021).

Sabor

Se investigó la influencia de la temperatura y el tiempo de fritura en aire sobre las propiedades físicas, de sabor y lipídicas del surimi. Los resultados indicaron que, junto con el aumento de la temperatura, el contenido de humedad de la superficie disminuyó drásticamente mientras que el interior conservó sus características. El análisis de la textura mostró una mayor dureza, gomosidad y masticabilidad en el surimi frito en aire; con este proceso los lípidos son propensos a oxidarse bajo la circulación del aire caliente durante el procesamiento, especialmente cuando la temperatura sobrepasa los 160 °C. Además, se produjeron nuevos compuestos de sabor

(aldehídos y cetonas) debido a la peroxidación y degradación de los lípidos. En condiciones óptimas, el surimi frito al aire exhibe una textura crujiente, un sabor atractivo y un bajo contenido de aceite capaz de satisfacer las preferencias del consumidor. En comparación con el surimi frito en abundante grasa, la fritura al aire puede considerarse una técnica saludable para preparar alimentos fritos, atractivos sensorialmente (Yu et al., 2020).

Santos et al. (2017) evaluaron las propiedades sensoriales de papas cocinadas con diferentes aceites, en freidora de aire. Se obtuvieron papas con un color claro y textura sin diferencias relacionadas con el tipo de aceite; sin embargo, desde la perspectiva del consumidor, las cualidades del sabor y el olor fueron más determinantes para la aceptabilidad de las papas fritas que el color. Por otra parte, Kim et al. (2022) analizaron la estabilidad oxidativa y propiedades fisicoquímicas del aceite de maíz al cocinar con infrarrojos, freidora de aire y horno de cocción tradicional a temperaturas similares. El aceite utilizando en la freidora de aire mostró el menor grado de oxidación, seguido por el calentado utilizando la cocina de infrarrojos y el horno de cocción tradicional. El aceite tratado con la freidora de aire experimentó una oxidación lipídica lenta, mientras que el aceite de la cocina de infrarrojos tuvo una mayor concentración de sustancias volátiles, por lo que influyó negativamente en el olor de los alimentos.

Color

El color es otro atributo de calidad importante de los alimentos fritos; el color de los productos de surimi cambia progresivamente con el aumento de la temperatura y el tiempo de fritura cuando se utiliza el freído con aire caliente, lo que se atribuye a la pérdida de humedad, reducción en el reflejo de la luz y la formación de colores marrones en las superficies. Se ha encontrado que la reacción de Maillard produce costras marrones en los productos fritos con aire caliente. Aunque en el caso de las papas fritas al aire, éstas muestran un color más claro que las papas fritas tradicionales; la fritura con aire tiende a disminuir la oscuridad de las muestras en comparación con la fritura tradicional, especialmente en muestras congeladas (Wang et al., 2021).

Hawa et al. (2024) analizaron las características físicas de las papas fritas empleando el método de fritura con aire; evaluaron diferentes concentraciones de aceite (0.2 y 4 ml) y el tiempo de cocción (10, 13 y 16 minutos), a una temperatura constante de 180 °C. Las variaciones en la concentración de aceite en el método de fritura con aire afectaron significativamente los parámetros de enrojecimiento, mientras que los parámetros de luminosidad, amarillez, diferencias de color y elasticidad no tuvieron un efecto significativo. El queso tipo paria, de la zona de Puno, Perú, se utiliza en la preparación del queso frito tradicional. El método de la freidora de aire es una alternativa que cumple con las condiciones de mejorar la apariencia y digestibilidad reduciendo a cero el uso de aceite. Con este método se obtuvo una mejora en el color obteniendo un producto similar al obtenido con métodos tradicionales, logrando una mayor aceptación a una temperatura de freído de 200 °C (Paucara, 2021). En piezas de pollo, la fritura tradicional es uno de los métodos más utilizados para obtener alimentos fritos. Castro-López et al. (2023) compararon las características sensoriales de *nuggets* de pollo fritos por el método tradicional y la fritura al aire. La textura y el color se vieron afectados por el proceso de fritura al aire: el color

general de los *nuggets* fritos con aire no presentó variación a diferentes tiempos de fritura; sin embargo, el color cambió con la fritura tradicional.

Textura

También se han encontrado diferencias en la textura de los alimentos fritos por diferentes métodos. Factores como la temperatura, el tiempo y la microestructura de la corteza de los alimentos juegan un papel importante en la textura de los alimentos. En términos de apariencia, el grado de dorado y la uniformidad de la cocción no son significativas entre muestras sometidas al freído al aire y las fritas tradicionalmente. Entre las diferencias se ha observado que las muestras fritas al aire presentaron aspecto hinchado y seco, mientras que las fritas de forma tradicional presentaron una capa aceitosa en la boca y un toque grasiento. De igual manera, se ha reportado una sensación "harinosa" al consumir papas fritas al aire, sensación que se ha relacionado con un aumento en el volumen de almidón gelatinizado en sus células. Las muestras fritas con aire caliente también han mostrado una mayor contracción de la corteza durante el enfriamiento (Wang et al., 2021).

Aunque la principal diferencia atribuida a la freidora de aire es el uso o no de aceite, a nivel químico, térmico y estructural la fritura al aire genera cambios importantes en la superficie de los alimentos, los cuales están estrechamente relacionados con la textura y el color. El estudio del proceso de fritura al aire promueve alternativas novedosas en la elaboración de productos con un menor contenido de grasa y, a su vez, diversificar las opciones que actualmente se encuentran en el mercado, manteniendo y en algunos casos mejorando las principales características fisicoquímicas de los alimentos fritos para influir en la decisión de compra de los consumidores (Coria-Hernández et al., 2023).

Los investigadores Liu et al. (2022) evaluaron la influencia de la temperatura de fritura al aire sobre las propiedades físicas de los filetes de esturión. El análisis de la textura mostró que el filete de esturión sometido a la freidora de aire presentó mayor elasticidad, baja dureza y textura suave, así como textura crujiente, un sabor atractivo y bajo contenido de aceite. Estas características del filete son suficientes para satisfacer las preferencias de los consumidores. En comparación con el surimi frito con mucha grasa, freír al aire puede considerarse una técnica saludable para preparar alimentos fritos que resulten atractivos. Por su parte, en el estudio de Hawa et al. (2024) previamente mencionado, se encontró que la variación del tiempo en el método de fritura con aire afectó significativamente el contenido de humedad, dureza, gomosidad, masticabilidad y cohesión de las papas. El método de fritura con aire sin aceite utilizado durante 13 minutos se consideró como el mejor tratamiento para freír papas fritas.

El falafel es un alimento a base de verduras fritas, típico del Medio Oriente y, tradicionalmente, se elabora utilizando un proceso de fritura en aceite. Con la intención de disminuir la concentración de aceite, Fikry et al. (2021) evaluaron la aceptación sensorial de falafel frito en aire a diferentes temperaturas (140, 170 y 200 °C) y tiempo (5, 10 y 15 minutos). Los resultados indicaron que la humedad y el contenido de grasa se relacionaron negativamente con la temperatura y el tiempo; sin embargo, la dureza aumentó a medida que aumentaba la temperatura y el tiempo. Se obtuvo un falafel frito con un menor contenido de grasa, una mayor dureza y

puntuaciones de apariencia y textura crujiente más aceptables que el falafel frito en grasa. Dicha información podría ser beneficiosa para los fabricantes de falafel para producir un producto óptimo y saludable. De igual manera, Joshy et al. (2020), empleando la fritura con aire elaboraron chuletas de pescado con la finalidad de disminuir la concentración de grasa, mantener el contenido de proteínas y el color. La combinación óptima de temperatura y tiempo para la condición de fritura con aire fue de 180 °C y 12 minutos, obteniendo el color, perfil de textura y aceptación sensorial similares a las obtenidas con muestras de chuletas de pescado fritas en aceite. Las chuletas de pescado fritas con aire pueden ser un bocadillo alto en proteínas, más saludable como alternativa a las chuletas de pescado fritas con grasa.

Gouyo et al. (2021) identificaron la microestructura de la corteza de papas responsable de la textura crujiente al momento del freído. Los resultados revelaron que las papas fritas precongeladas no sufren contracción de volumen durante la fritura. La diferencia entre las papas fritas con aire caliente y las fritas de forma tradicional se relacionó con el diámetro y la distribución de los poros en la corteza, lo que se correlaciona con la crocancia del producto; una papa frita es más crujiente si los poros generados en la corteza tienen un diámetro mediano pequeño (diámetro < 0.2 mm), así como una gran dispersión de los poros. Lisiecka et al. (2023), evaluaron la estructura de bocadillos a base de papa adicionados con pulpa de zanahoria elaborados por extrusión y sometidos a calentamiento por tres métodos. Los resultados revelaron que el método de expansión de pellets afectó la porosidad, tamaño de poros y espesor de la pared, las propiedades de textura y las sensoriales. Después de la extrusión, las papas sometidas a fritura tradicional y al microondas mostraron mejor expansión y textura en comparación con la fritura con aire.

Conservación de nutrientes

La composición de los alimentos puede variar al ser sometidos a cocimiento. Entre los cambios más representativos se encuentran los relacionados con el agua, disminución o pérdida de nutrientes y formación de nuevas sustancias. En el proceso de freído, el proceso es complejo y los cambios pueden afectar al alimento al integrar sustancias del medio que lo rodea o difundir sustancias del alimento hacia el aceite.

Las vitaminas son nutrientes esenciales de los alimentos para el desarrollo de las funciones biológicas de las células; su conservación y posterior absorción desde los alimentos es vital para el desarrollo adecuado de las funciones de los organismos vivos. Por ello, los métodos que logren conservar los nutrientes durante la cocción permiten obtener productos con propiedades que incidan de forma positiva en la salud de los consumidores. En alimentos sometidos a freído con aire caliente, se ha reportado que son capaces de conservar niveles más altos de vitaminas y mejorar la calidad del aceite, ya que el proceso es capaz de inhibir las reacciones de degradación química de estos nutrientes (Wang et al., 2021). De igual manera, el consumo de verduras del género *Brassica* se ha asociado con beneficios para la salud debido a la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y glucosinolatos. Sin embargo, estas moléculas bioactivas pueden degradarse fácilmente durante las operaciones gastronómicas. Por lo tanto, se requiere un método que mantenga el contenido fenólico y su actividad antioxidante que garantice a los procesadores y consumidores la actividad funcional de las verduras. Entre los

métodos de procesamiento térmico evaluados se encuentra la liofilización, el salteado, la cocción a vapor y la fritura al aire. Freír al aire a 160 °C durante 10 minutos mostró el mayor contenido fenólico total, flavonoides totales y actividad antioxidante de las verduras, mientras que el salteado mostró el más bajo. Este estudio indica que freír al aire podría usarse como un método de procesamiento térmico sostenible para mejorar las biomoléculas con actividad funcional en verduras *Brassica* (Nandasiri et al., 2023).

Por su parte, las cebollas también son verduras que contienen componentes bioactivos con beneficios para la salud, como propiedades antioxidantes, antiobesidad y antidiabéticas. Los compuestos fenólicos se han identificado como los principales componentes bioactivos; sin embargo, la bioactividad de estos componentes puede verse afectada por muchos factores, incluido el genotipo, los diferentes entornos de cultivo y los métodos de procesamiento de alimentos (Ren y Zhou, 2021). Cattivelli et al. (2023) evaluaron el efecto del freído sobre la estabilidad y la liberación gastrointestinal de los compuestos fenólicos en cebollas. Encontraron que tanto el freído en aceite como en aire incrementan los compuestos fenólicos totales, siendo la quercetina el compuesto fenólico más importante detectado. Después de la digestión, la cebolla frita al aire mostró la mayor concentración de compuestos fenólicos bioaccesibles (206.0 $\mu\text{mol}/100\text{ g}$). Lo anterior confirma que el freído en aire es un método de cocción saludable capaz de conservar y liberar después de la digestión la mayoría de los compuestos beneficiosos para la salud que se encuentran en la cebolla, con una menor cantidad de grasas y compuestos tóxicos polares en comparación con la fritura en aceites.

También en alimentos cárnicos, Liu et al. (2022) encontraron que al someter filetes de esturión a la freidora de aire, éstos mostraron un mayor contenido de aminoácidos esenciales que los filetes freídos en aceite de forma tradicional. Aunque la digestibilidad de los filetes de esturión fritos disminuyó después de freírlos, los filetes sometidos a cocción con aire caliente se digirieron rápidamente en el estómago y el intestino.

Compuestos tóxicos

La ingestión de aceites en la dieta humana es necesaria, especialmente de aceites que contienen ácidos grasos esenciales. Sin embargo, las frituras presentan limitaciones nutricionales ya que pueden significar un riesgo para la salud. Los aceites calentados durante largos períodos a altas temperaturas pueden contener más del 50% de compuestos polares, como los ácidos grasos oxidados, que conducen a cambios metabólicos que resultan en pérdida de peso, supresión del crecimiento, desarrollo de cáncer, disminución del tamaño del hígado y los riñones, malabsorción de grasas, disminución de la tasa de desaturación de los ácidos grasos linoleico y α -linolénico y reducción de la fertilidad (Zaghi et al., 2019). De ahí la importancia de buscar opciones al freído de alimentos.

La reacción de Maillard, que ocurre durante la fritura, crea un sabor y una textura únicos que hacen que los alimentos fritos sean tan atractivos. Sin embargo, freír también puede provocar la formación de compuestos nocivos y puede tener un alto contenido de calorías, grasas saturadas y sodio (Chen, 2023). La acrilamida es un producto de la reacción de Maillard formado por la reacción de aminoácidos y azúcares

reductores cuando la temperatura de un alimento supera los 120 °C durante la fritura o el horneado. La acrilamida se produce durante la fritura de alimentos con alto contenido de almidón. Se ha reportado que el contenido de acrilamida de papas fritas al aire es menor que el de las papas fritas con grasa, una disminución del 73% (Wang et al., 2021). Don et al. (2022) evaluaron la formación de productos de Maillard en papas cocinadas a diferentes condiciones de la freidora de aire a temperaturas entre 180 y 200 °C y tiempos de 12 a 24 minutos. La concentración de acrilamida, 5-hidroximetilfurfural, metilglioxal y glioxal se incrementaron con el aumento de la temperatura y el tiempo de fritura. Sin embargo, la formación de compuestos de Maillard se correlacionó negativamente con el contenido de humedad, por lo que en la fritura con aire es posible mejorar la calidad del producto mediante el contenido de humedad. De igual manera, Ahmed et al. (2023) compararon el contenido de acrilamida en papas fritas por diferentes métodos: en microondas, freidora de aire y freído tradicional. El freído en aire se fijó a una temperatura de 170 °C durante tres intervalos de tiempo de 8, 10 y 12 minutos, sin agregar aceite. El menor contenido de acrilamida se obtuvo con el freído en aire (21.8 ppm) a un tiempo de 8 minutos. Sin embargo, con el freído tradicional, se obtuvo una mayor aceptación en la evaluación sensorial. El freído en aire puede ser una opción más saludable con un menor contenido de acrilamida, mientras que el freído tradicional puede ser preferido por sus características sensoriales.

En contraste, Navruz-Varlı y Mortaş (2024) investigaron el efecto del pretratamiento (lavado y remojo) sobre el contenido de acrilamida en papas fritas por diferentes métodos (fritura al aire, fritura en aceite y fritura en horno convencional). Estos investigadores reportan el mayor contenido de acrilamida en las papas cocidas con la freidora de aire (12.19 $\mu\text{g}/\text{kg}$), seguidas por las papas fritas de forma tradicional en aceite (8.94 $\mu\text{g}/\text{kg}$) y las fritas en horno convencional (7.43 $\mu\text{g}/\text{kg}$), sin ser la diferencia estadísticamente significativa. El contenido de acrilamida de las papas que se sometieron a remojo fue menor que el de las papas que no se remojaron y solo se lavaron. Es importante destacar los niveles relativamente bajos de acrilamida encontrados en la fritura al horno, más bajos que la fritura al aire tanto en los grupos de lavado como en el de remojo. Aunque las freidoras de aire se usan como alternativa a la fritura tradicional de papas fritas a la francesa con menos aceite, su papel en la formación de acrilamida debe investigarse más a fondo.

Pocos estudios han examinado el efecto de la fritura al aire en la formación de carcinógenos potenciales en los alimentos; se investigó la formación de acrilamida y cuatro tipos de hidrocarburos aromáticos policíclicos en pechugas, muslos y alas de pollo fritos al aire y fritos en grasa. No se observaron diferencias significativas en los contenidos de acrilamida entre las partes de carne de pollo; sin embargo, los contenidos más altos de hidrocarburos aromáticos policíclicos se encontraron en las alitas de pollo. Por lo tanto, los resultados demostraron que la fritura con aire podría reducir la formación de acrilamida e hidrocarburos aromáticos policíclicos en alimentos en comparación con la fritura tradicional (Lee et al., 2020).

A nivel internacional, algunos organismos han considerado a la acrilamida como el agente capaz de producir efectos tóxicos en la salud actuando como cancerígeno, genotóxico, neurotóxico, inmunológico y con efecto negativo en la salud reproductiva (González et al., 2021). Actualmente se cuenta

con legislaciones como el Reglamento de la Unión Europea 2017/2158 en donde se establecen medidas y niveles de referencia para reducir la acrilamida en los alimentos, así como la Recomendación de la Unión Europea 2019/1888, relativa al control de la presencia de acrilamida en determinados alimentos. Por lo que son bienvenidos los procesos que logren mantener a niveles bajos la formación de sustancias que puedan afectar de forma negativa la salud al consumir determinados alimentos.

La salud es un factor que promueve la evaluación de los nuevos métodos de procesamiento de alimentos y orienta el consumidor a seleccionar los más convenientes para conservar su salud y bienestar. Russell et al. (2023) evaluaron la educación culinaria como parte del Programa de Prevención de la Diabetes desarrollado en los Estados Unidos de Norteamérica. Muchos participantes informaron que cambiaron el freído de los alimentos de la forma tradicional a freírlos con aire caliente para promover una cocina más saludable y preparar comidas de forma más eficiente, lo que ayuda a controlar la prediabetes y prevenir el desarrollo de diabetes tipo 2 entre los participantes.

Conclusiones

La freidora de aire es un electrodoméstico que ha llegado para acompañar el cocinado en muchos hogares alrededor del mundo. Aunque esta tecnología es una alternativa de cocinado más saludable, no ha sido estudiada de forma exhaustiva; por lo tanto es importante continuar prestando atención a las propiedades de los alimentos procesados, así como en los efectos sobre la salud de los consumidores. Indudablemente, la mayor aportación del freído en aire es la posibilidad de obtener alimentos con bajo contenido de grasas, lo que resulta muy atractivo para una población con dislipidemias y autocuidado. Otro factor positivo es la capacidad de mantener nutrientes en concentraciones similares a los alimentos crudos, como en el caso de los vegetales, así como menor formación de compuestos potencialmente tóxicos. La calidad microbiológica y sensorial está determinada por las condiciones de cocción, así como el tiempo y el tipo de alimento. El cocinado de alimentos mediante la circulación de aire caliente es una alternativa saludable que permite a los usuarios disminuir el consumo de aceites, la ingesta de una menor cantidad de compuestos que pueden ser nocivos para la salud, incrementar el consumo de nutrientes con efectos funcionales benéficos para la salud con cierto grado de satisfacción sensorial y seguro microbiológicamente si se cuidan los tiempos de cocinado, como cualquier método de cocción tradicional.

Referencias

Ahmed Z. A., Mohammed N. K., y Hussin A. S. M. (2023). Acrylamide content and quality characteristics of French fries influenced by different frying methods. *Functional Foods in Health and Disease*, 13(6), 320-333. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v13i6.1126>

Bhuiyan, M. H. R., y Ngadi, M. O. (2023). Electromagnetic, air and fat frying of plant protein-based batter-coated foods. *Foods*, 12, 3953. <https://doi.org/10.3390/foods12213953>

Cano, C., Wei, X., Etaka, C. A., y Chaves, B. D. (2022). Thermal inactivation of Salmonella on chicken wings cooked in domestic convection and air fryer ovens. *Journal of Food Science*, 87, 3611-3619. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16230>

Carrillo Fernández, L., Dalmau Serra J., Martínez Álvarez J. R., Solà Alberich, R., y Pérez-Jiménez F. (2011). Grasas de la dieta y salud cardiovascular. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 31(2), 6-25. <https://revista.nutricion.org/PDF/grasas.pdf>

Castro-López, R., Mba, O. I., Gómez-Salazar, J. A., Cerón-García, A., Ngadi, M. O., y Sosa-Morales, M. E. (2023). Evaluation of chicken nuggets during air frying and deep-fat frying at different temperatures. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 31, 100631. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100631>

Cattivelli, A., Di Lorenzo, A., Conte, A., Martini, S., y Tagliacucchi, D. (2023). Red-skinned onion phenolic compounds stability and bioaccessibility: A comparative study between deep-frying and air-frying. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 105024. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105024>

Çelik, S. (2024). Air fryer: Reflections on working class objects of desire and changing food culture. *Journal of Food, Nutrition and Gastronomy*, 3(1), 1-16. <https://doi.org/10.58625/jfng-2470>

Chen, Z. (2023). The chemistry behind fried foods: how frying affects flavor, texture, and health? *Journal of Food: Microbiology, Safety & Hygiene*, 8, 205. <https://doi.org/10.35248/2476-2059.23.8.205>

Coria-Hernández, J., Arjona-Román J. L., y Meléndez-Pérez R. (2023). Comparative study of conventional frying and air frying on the quality of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Food Science & Nutrition*, 11(10), 6676-6685. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3617>

Dong, L., Qiu, C., Wang, R., Zhang, Y., Wang, J., Liu, J., Yu, H., y Wang, S. (2022). Effects of air frying on french fries: the indication role of physicochemical properties on the formation of Maillard hazards, and the changes of starch digestibility. *Frontiers in Nutrition*, 9, 889901. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.889901>

Feng, X., Li, M., Liu, H., Higgins, P. B., Tang, Y., Cao, Y., Shen, J., Jin, S., y Ge, S. (2020). Reduced postprandial serum triglyceride after a meal prepared using hot air frying: A randomized crossover trial. *NFS Journal*, 19, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.03.001>

Fikry, M., Khalifa, I., Sami, R., Khojah, E., Ismail, K. A., y Dabbour, M. (2021). Optimization of the frying temperature and time for preparation of healthy falafel using air frying technology. *Foods*, 10(11), 2567. <https://doi.org/10.3390/foods10112567>

González, V., Navarro, C., y Ronco, A. M. (2021). Acrilamida en los alimentos: Valores de referencia, recomendaciones y acciones de mitigación. *Revista Chilena de Nutrición*, 48(1), 109-117. <http://doi.org/10.4067/S0717-75182021000100109>

Gouyo, T., Rondet, E., Mestres, C., Hofleitner, C., y Bohuon, P. (2021). Microstructure analysis of crust during deep-fat or hot-air frying to understand French fry texture. *Journal of Food Engineering*, 298, 110484. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110484>

Hawa, L. C., Rahadian Izzati, S., Yulianingsih, R., y Agung Nugroho, W. (2024). Frying kinetics and physical properties of air-fried French fries. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*, 7(2), 169-182. <https://doi.org/10.21776/ub.afssaae.2024.007.02.6>

Joshay, C. G., Ratheesh, G., Ninan, G., Ashok Kumar, K., y

- Ravishankar, C. N. (2020). Optimizing air-frying process conditions for the development of healthy fish snack using response surface methodology under correlated observations. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2651-2658. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04301-z>
- Juárez, M. D., y Sammán, N. (2007). El deterioro de los aceites durante la fritura. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 13(2), 82-94. <https://www.renc.es/imagenes/auxiliar/files/0032007.pdf>
- Kim, Y., Kim, M. J., y Lee, J. (2022). Physicochemical properties and oxidative stability of corn oil in infrared-based and hot air-circulating cookers. *Food Science and Biotechnology*, 31(11), 1433-1442. <https://doi.org/10.1007/s10068-022-01127-7>
- Lee, J. S., Han, J. W., Jung, M., Lee, K. W., y Chung, M. S. (2020). Effects of thawing and frying methods on the formation of acrylamide and polycyclic aromatic hydrocarbons in chicken meat. *Foods*, 9(5), 573. <https://doi.org/10.3390/foods9050573>
- Lisiecka, K., Wójtowicz, A., Samborska, K., Mitrus, M., Oniszcuk, T., Combrzynski, M., Soja, J., Lewko, P., Kasprzak Drozd, K., y Oniszcuk, A. (2023). Structure and texture characteristics of novel snacks expanded by various methods. *Materials*, 16(4), 1541. <https://doi.org/10.3390/ma16041541>
- Liu, L., Huang, P., Xie, W., Wang, J., Li, Y., Wang, H., Xu, H., Bai, F., Zhou, X., Gao, R., y Zhao, Y. (2022). Effect of air fryer frying temperature on the quality attributes of sturgeon steak and comparison of its performance with traditional deep fat frying. *Food Science & Nutrition*, 10(7), 342-353. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2472>
- Moya-Salazar, M. M., y Moya-Salazar, J. (2020). Biodegradación de residuos de aceite usado de cocina por hongos lipolíticos: un estudio in vitro. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(2), 351-359. <https://doi.org/10.20937/rica.53054>
- Murzaini, N. M. N., Taip, F. S., Aziz, N. A., y Abd Rahman, N. A. (2020). Effect of pre-treatment in producing pumpkin powder using air fryer and its application in "Bingka" baking. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 8(1), 48-64. <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.1.05>
- Nandasiri, R., Semenکو, B., Wijekoon, C., y Suh, M. (2023). Air-frying is a better thermal processing choice for improving antioxidant properties of Brassica vegetables. *Antioxidants*, 12(2), 490. <https://doi.org/10.3390/antiox12020490>
- Navruz-Varlı, S., y Mortaş, H. (2024) Acrylamide formation in air-fried versus deep and oven-fried potatoes. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1297069. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1297069>
- Olayo-Contreras, V. M., Alemán-Castillo, S. J., Rodríguez-Castillejos, G., y Castillo-Ruiz, O. (2023). Almidón resistente como prebiótico y sus beneficios en el organismo humano. *TIP, Revista Especializada en Ciencias Químico-biológicas*, 24, e406. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.406>
- Osorio-Oviedo, A. A. (2019). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 13(2), 27-37. <http://doi.org/10.13140/RG.2.2.21791.51361>
- Pande Snehal, D., Deo Shrutika, K., Bhope Pritish, S., y Pande Sayali, D. (2018). Comparative study of deep fat fried samosa and oxyair fried samosa. *International Journal of Science, Engineering and Management*, 3(4), 146-148. https://www.technoarete.org/common_abstract/pdf/IJSEM/v5/i4/Ext_96035.pdf
- Paucara Ramos, R. I. (2021). Estudio del proceso de freído de queso tipo paria asistido por el método con aire caliente. *Revista Científica I+D Aswan Science*, 1(2), 6-10. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8245964>
- Rao, M., Klappholz, A., y Tamber, S. (2020). Effectiveness of preparation practices on the inactivation of Salmonella enterica serovar enteritidis in frozen breaded chicken strips. *Journal of Food Protection*, 83(8), 1289-1295. <https://doi.org/10.4315/JFP-19-601>
- Ren, F., y Zhou, S. (2021). Phenolic components and health beneficial properties of onions. *Agriculture*, 11(9), 872. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090872>
- Ros, E., López-Miranda, J., Picó, C., Rubio, M. A., Babio, N., Sala-Vila, A., Pérez-Jiménez, F., Escrich, E., Bulló, M., Solanas, M., Gil Hernández, A., y Salas-Salvadó, J. (2015). Consenso sobre las grasas y aceites en la alimentación de la población española adulta; postura de la Federación Española de Sociedades de Alimentación, Nutrición y Dietética (FESNAD). *Nutrición Hospitalaria*, 32(2), 435-477. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.2.9202>
- Russell, L. E., Tse, J., Bowie, J., Richardson, C. R., Trubek, A., Maruthur, N., y Wolfson, J. A. (2023). Cooking behaviours after Diabetes Prevention Program (DPP) participation among DPP participants in Baltimore, MD. *Public Health Nutrition*, 26(11), 2492-2497. <https://doi.org/10.1017/S1368980023001106>
- Sales de Oliveira, V., Barbosa Viana, D. S., Monteiro Keller, L., Tavares Teixeira de Melo, M., Mulandaza, O. F., Martins Jacintho Barbosa, M. I., Barbosa Júnior, J. L., y Saldanha, T. (2024). Impact of air frying on food lipids: Oxidative evidence, current research, and insights into domestic mitigation by natural antioxidants. *Trends in Food Science & Technology*, 147, 104465. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104465>
- Santos, C. S. P., Cunha, S. C., y Casal, S. (2017). Deep or air frying? A comparative study with different vegetable oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(6). <https://doi.org/10.1002/ejlt.201600375>
- Shaker, M. A. (2014). Air frying a new technique for produce of healthy fried potato strips. *Journal of Food and Nutrition Sciences*, 2(4), 200-206. <https://doi.org/10.11648/j.jfns.20140204.26>
- Shaker, M. A. (2015). Comparison between traditional deep-fat frying and air-frying for production of healthy fried potato strips. *International Food Research Journal*, 22(4), 1557-1563. https://www.ahealthylife.nl/wp-content/uploads/2018/06/deep-fat_vs_air-frying.pdf
- Sharafi, K., Kiani, A., Massahi, T., Mansouri, B., Ebrahimzadeh, G., Moradi, M., Fattahi, M., y Omer, A. K. (2024). Acrylamide in potato chips in Iran, health risk assessment and mitigation. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 17(1), 46-55. <https://doi.org/10.1080/19393210.2023.2283055>
- Silva Ferreira, F., Sales de Oliveira, V., Hidalgo Chávez, D. W., Siqueira Chaves, D., Riger, C. J., Frankland Sawaya, A. C. H., Guizellini, G. M., Rodrigues Sampaio, G., Ferraz da Silva Torres, E. A., y Saldanha, T. (2022). Bioactive compounds of parsley (*Petroselinum crispum*), chives (*Allium schoenoprasum* L.) and their mixture (Brazilian cheiro-verde) as promising antioxidant and anti-cholesterol oxidation agents in a food system. *Food Research International*, 151, 110864. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110864>
- Soto Varela, Z., Pérez Lavalle, L., y Estrada Alvarado, D. (2016).

- Bacterias causantes de enfermedades transmitidas por alimentos: una mirada en Colombia. *Salud Uninorte*, 32(1), 105-122. <http://www.scielo.org.co/pdf/sun/v32n1/v32n1a10.pdf>
- Suaterna Hurtado, A. C. (2009). La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11(1), 39-53. <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v11n1/v11n1a4.pdf>
- Sun, S., Xie, Y., Yang, R., Zhu, M. J., Sablani, S., y Tang, J. (2023). The influence of temperature and water activity on thermal resistance of Salmonella in milk chocolate. *Food Control*, 143, 109292. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109292>
- Téllez-Morales, J. A., Rodríguez-Miranda, J., y Aguilar-Garay, R. (2024). Review of the influence of hot air frying on food quality. *Measurement: Food*, 14, 100153. <https://doi.org/10.1016/j.meafao.2024.100153>
- Tirado, D. F., Montero, P. M., y Acevedo, D. (2015). Estudio comparativo de métodos empleados para la determinación de humedad de varias matrices alimentarias. *Información Tecnológica*, 26(2), 3-10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000200002>
- Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., y Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(3), 271-278. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>
- Wang, Y., Wu, X., McClements, D. J., Chen, L., Miao, M., y Jin, Z. (2021). Effect of new frying technology on starchy food quality. *Foods*, 10(8), 1852. <https://doi.org/10.3390/foods10081852>
- Yu, X., Li, L., Xue, J., Wang, J., Song, G., Zhang, Y., y Shen, Q. (2020). Effect of air-frying conditions on the quality attributes and lipidomic characteristics of surimi during processing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 60, 102305. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102305>
- Zaghi, A. N., Barbalho, S. M., Landgraf Guiguer, E., y Otoboni, A. M. (2019). Frying process: from conventional to air frying technology. *Food Reviews International*, 35(8), 763-777. <https://doi.org/10.1080/87559129.2019.1600541>