

El huevo de gallina y su procesamiento industrial: una revisión*

Hen's egg and it's industrial process: a review

RAMÍREZ-CRESPO, LINA MARCELA¹; CORTÉS-RODRÍGUEZ, MISAEL²; MICANGUER-CARLOSAMA, ADRIANA³

RESUMEN

El huevo es un alimento con una gran cantidad de nutrientes para ser utilizados por nuestro organismo. El objetivo de la revisión es suministrar información general sobre el huevo de gallina y su relación con la salud; además, revisar el estado de los tratamientos térmicos y tecnologías emergentes aplicadas con el fin de generar valor en productos del sector avícola. La revisión se realizó sobre bases de datos de revistas científicas adscritas a Science Direct, Scopus, Scielo y Redalyc, durante un periodo comprendido entre 2013 y 2020. Dado que el huevo se considera un alimento de alto riesgo para la salud y un producto con una variedad de propiedades funcionales, en los últimos años, se ha identifica-

Historial del artículo

Recibido para evaluación: 7 mayo 2020.

Aprobado para publicación: 11 octubre 2021.

* Proyecto de investigación de origen: "Development of a food supplement in powder based on egg, mango and added with physiologically active compounds". Financiación: The National University of Colombia and Avinal S.A. Culminación: February 3, 2020.

1 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación de alimentos funcionales (GAP). Ingeniera de alimentos. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0002-6534-3843>

2 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Grupo de investigación de alimentos funcionales (GAP). PhD. Ingeniería de Alimentos. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0003-3407-1635>

3 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Grupo de investigación de alimentos funcionales (GAF). Candidata a PhD. Biotecnología. Medellín, Colombia. <https://orcid.org/0000-0001-7630-3444>

Correspondencia: mcortesro@unal.edu.co; lmramirezcr@unal.edu.co

Cómo citar este artículo: RAMÍREZ-CRESPO, LINA MARCELA; CORTÉS-RODRÍGUEZ, MISAEL; MICANGUER-CARLOSAMA, ADRIANA. El huevo de gallina y su procesamiento industrial: una revisión. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, v. 20, n. 1, 2022, p. 221-239. Doi: <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n1.2022.1438>

do una tendencia en aplicar tratamientos térmicos que permitan obtener un producto seguro microbiológicamente para los consumidores y con el menor efecto en dichas propiedades para ser utilizado por la industria. En general, el huevo es una materia prima fácilmente procesable a través de diferentes tecnologías, que permiten obtener productos líquidos o sólidos para ser utilizados en nuevos productos procesados. El uso de estas tecnologías permite reducir los costos operativos y mejorar la calidad del producto.

ABSTRACT

The egg is a food with great amount of nutrients to be used by our body. Present review provides general information about chicken egg and its relation to health. In addition, it also compiled information regarding the status and conditions of heat treatments as well as emerging technologies applied giving value to products from the poultry sector. The review was carried out with databases dated between 2013 and 2020; from scientific journals affiliated to Science Direct, Scopus; Scielo, and Redalyc. The egg is a product with a variety of functional properties, but also considered as a high-risk food for health. In recent years, a trend that applies thermal treatments to obtain a microbiologically safe product for consumers, aims to have the least effect on its natural properties when handled by industry. In general, the egg is a raw material easily processed through different methods, allowing the obtention of liquid or solid products, to be used into new ones. Such technologies contribute to reduce operational costs as well as improving quality.

PALABRAS CLAVE:

Huevo; *Gallus domesticus*; Tratamientos térmicos; Secado; Propiedades funcionales; Clara; Yema; Proteína.

KEYWORDS:

Egg; *Gallus domesticus*; Heat treatments; Drying; Functional properties; White; Yolk; Protein.

INTRODUCCIÓN

Generalidades del huevo

El huevo es uno de los alimentos básicos de la nutrición humana, delicioso, saludable y fácil de digerir (Fernández *et al.*, 2017). La American Egg Board (2020), describe al huevo como sigue: 1) Cáscara: cubierta externa del huevo, rica en CaCO_3 , cuyo color depende de la raza del ave; 2) Yema: componente con mayor fuente de vitaminas, minerales, grasa y proteínas, su color depende de la alimentación de la gallina; 3) Disco germinal: mancha blanca, redonda, situada en la superficie de la yema; 4) Membrana vitelina: capa transparente que sostiene la yema; 5) Chalaza: cordones de clara que conservan la yema en el centro; 6) Cámara de aire formada al final del huevo, debido a la contracción en el almacenamiento; 7) Membranas de la cáscara (interna y externa), que rodean la clara y protegen contra la penetración bacteriana; 8) Clara líquida: masa que está más próxima a la cáscara, se extiende alrededor de la clara densa en los huevos de buena calidad; 9) Clara densa: masa firme rica en riboflavina y proteína, se extiende menos que la clara líquida en los huevos de alta calidad (Figura 1). La cáscara, clara y yema, representan un 12, 60 y 28 %, respectivamente.

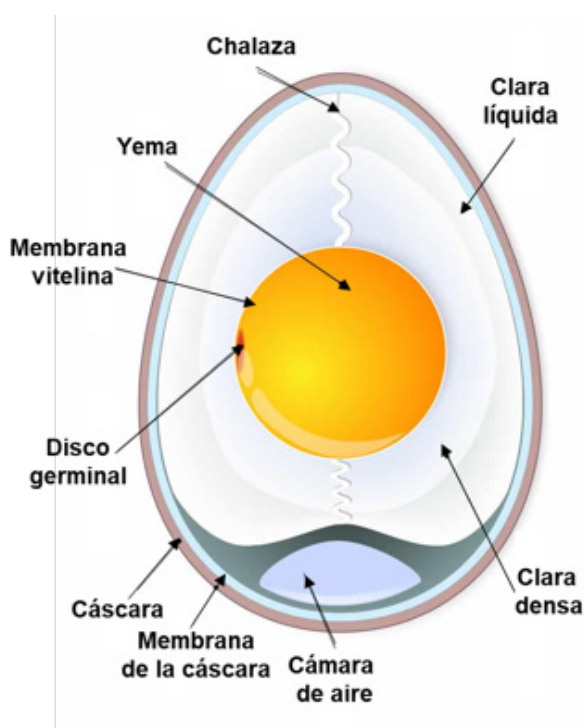


Figura 1. Estructura del huevo de gallina.

Fuente: <https://dietadelhuevo.com/composicion-y-estructura-del-huevo/>

El huevo es un alimento con importante contenido de nutrientes para el organismo, particularmente proteínas, lípidos, minerales y vitaminas de alta calidad (Lee and Paik, 2020). Se destacan contenidos de proteína (11,0-13,8 %), lípidos (8,5-12,0 %) y agua (74,4-88,7 %) (Hester, 2017; Lesnierowski y Stangierski, 2018; Eddin *et al.*, 2019). La proteína es de alto valor biológico, rica en aminoácidos esenciales, que promueven la síntesis y conservación de la masa muscular, relevante para atletas y adultos mayores; en estos últimos, contrarresta el proceso de sarcopenia, propio del envejecimiento (Lesnierowski y Stangierski, 2018). Las proteínas de la clara son principalmente, ovoalbúmina, ovotransferrina y ovomucoide; además, lisozima, avidina y ovomucina, siendo esta última, la responsable de la viscosidad de la clara (Eddin *et al.*, 2019). El cuadro 1 ilustra la composición del huevo de gallina.

Los huevos frescos presentan limitaciones en sus aplicaciones en la industria alimentaria, debido al transporte, corta vida útil, fragilidad, entre otros. La calidad del huevo inicia por estar libre de contaminación microbiana (Ahim *et al.*, 2019); sus características externas se valoran en función del estado de la cáscara (forma, textura, firmeza, limpieza y color), mientras que las interiores son evaluadas comercialmente por iluminación en el ovoscopio, en la que se revela el tamaño de la cámara de aire, color y movilidad de la yema (Fernández *et al.*, 2017; Fernández *et al.*, 2018). El color de la clara debe ser traslucido o ligeramente opaco, en un estado de gel y estar libre de manchas de sangre y carne. La yema en buenas condiciones presenta un color uniforme que va entre amarillo brillante a naranja, y está fija en el centro del huevo por las chalazas, que no son excesivamente grandes. Otros aspectos internos son los valores sensoriales (olor y color), toxinas y metales pesados (Zhang *et al.*, 2019).

Con respecto a la calidad de la clara, los factores más importantes son la línea genética, la edad del ave, el tiempo transcurrido luego de la ovoposición y las condiciones de almacenamiento (García *et al.*, 2016). Saleh *et al.* (2020), reportaron que el almacenamiento a bajas temperaturas prolonga la calidad del huevo; además, se presenta una disminución en su peso, un aumento del pH y de los sólidos totales de la clara (Shan *et al.*, 2020). Por otra parte, las unidades Haugh representan un indicador de frescura del huevo, que asocia propiedades como altura de la clara, el pH, índice de yema y color (Saleh *et al.*, 2020).

Cuadro 1. Composición del huevo de gallina.

Nutrientes	Huevo entero	Clara	Yema
Energía (calorías)	72,00	17,00	55,00
Proteína (g)	6,30	3,60	2,70
Carbohidratos (g)	0,36	0,24	0,21
Grasa total (g)	4,80	0,06	4,50
Grasa monoinsaturada (g)	1,80	0,00	2,00
Grasa poliinsaturada (g)	1,00	0,00	0,72
Grasa saturada (g)	1,60	0,00	1,60
Grasa Trans (g)	0,02	0,00	0,02
Colesterol (mg)	186,00	0,00	184
Colina (mg)	126,00	0,40	116,00
Riboflavina (mg)	0,20	0,15	0,09
Vitamina B12 (mg)	0,45	0,03	0,33
Ácido fólico (mg)	24,00	1,00	25,00
Vitamina D (UI)	41,00	0,00	37,00
Vitamina A (UI)	270,00	0,00	245,00
Vitamina E (mg)	0,50	0,00	0,44
Selenio (µg)	15,40	6,60	9,50
Fósforo (mg)	99,00	5,00	66,00
Hierro (mg)	0,88	0,03	0,46
Zinc (mg)	0,65	0,01	0,39
Calcio (mg)	28,00	2,00	22,00
Sodio (mg)	71,00	55,00	8,00
Potasio (mg)	69,00	54,00	19,00

Fuente: Cortez, 2015

El huevo y la salud

Desde los años 70, el consumo de huevo ha sido limitado debido a su relación con enfermedades cardiovasculares, al identificarse niveles elevados de colesterol plasmático como factor de riesgo (Dussailant *et al.*, 2017). Sin embargo, Aljohi *et al.* (2019), no encontraron alteraciones en los niveles de biomarcadores de enfermedades cardiovasculares con un consumo de 12 huevos/semana en adultos mayores. Clayton *et al.* (2017), reportaron en su revisión que no hubo afectación en las concentraciones de lípidos en sangre con la ingesta de 2 huevos en el desayuno, 5 veces/semana, durante 14 semanas, en comparación con un desayuno isocalórico sin huevo. Del mismo modo, no se reportan cambios en las concentraciones del colesterol alto o bajo, en hombres de mediana edad ni en mujeres premenopáusicas (20-50 años) con ingestas de 3 huevos/día durante 30 días; así como tampoco, en mujeres posmenopáusicas (≥ 60 años) y adultos de 40 a 65 años con ingestas de 3 y 1 huevo/día, respectivamente.

Por otro lado, Fuertes (2016) reportó la “no evidencia de efectos adversos en la ingesta diaria de huevos sobre cualquier factor de riesgo cardíaco en adultos con enfermedad arterial coronaria durante un periodo de seis semanas”. De igual forma, Katz *et al.* (2014), evaluaron el efecto de la ingesta diaria en 32 adultos con enfermedad arterial coronaria establecida, concluyendo que no existen evidencias de efectos adversos en ningún factor de riesgo cardíaco (dilatación, lípidos, presión arterial o peso corporal) en un lapso de 6 semanas.

Estas investigaciones y muchas otras han permitido reevaluar las restricciones del consumo de huevo; además, hoy existe un mayor conocimiento sobre las causas de las enfermedades cardiovasculares, las cuales pueden explicar cómo el colesterol en la dieta influye en el colesterol en la sangre (Katz *et al.*, 2014; Clayton *et al.*, 2017).

TRATAMIENTOS CONVENCIONALES

Las industrias que utilizan huevos para la fabricación de sus productos requieren operaciones de almacenamiento, cascado, mezclado y la gestión de las cáscaras resultantes como residuos, por lo que es poco práctico el uso de huevos en cáscara. Por ello, el sector industrial ha evolucionado con la elaboración de ovoproductos como huevos enteros, claras y yemas en estado líquido, congelados o en polvo para su posterior uso (Roseland *et al.*, 2020), con ventajas al ser de fácil almacenamiento, empleo y dosificación, evitando los problemas de la manipulación de la cáscara, y ahorrando mano de obra y tiempo (Spanish Association Of Egg Products Industries, SAEPI, 2020).

El procesamiento de los ovoproductos inicia con la sanitización de los huevos, posteriormente se presentan etapas de quebrado, filtrado, homogenización, pasteurización, enfriamiento, refrigeración o congelación o secado, y empaque (Eddin *et al.*, 2019). La máquina quebradora, elimina la cáscara y separa la clara de la yema, los cuáles se procesan por separado o se unen posteriormente para la producción de huevo entero. El proceso de filtración retira los elementos gruesos (pedazos de cáscara y chalazas). El producto se somete a un enfriamiento entre 2 y 4 °C previo al tratamiento térmico y pasa a los tanques de mezclado para obtener un líquido homogéneo y con una textura adecuada. Posteriormente, se somete a pasteurización para reducir la carga patógena propia del producto. Dependiendo del tipo de ovoproducto, se procede a la etapa de deshidratación o directamente a empacar para su comercialización (Avícola Nacional S.A., 2018). Diversas tecnologías han sido utilizadas para la obtención de una amplia gama de ovoproductos, los cuales pueden ser agrupados en 3 categorías: líquidos, congelados y deshidratados, diversificándose según su aplicación en la industria de alimentos (Belyavin, 2020).

Los ovoproductos poseen propiedades funcionales (Masure *et al.*, 2019) (Cuadro 2), debido a su composición, la cual confiere características bioquímicas y funcionales, dependiendo de sus estructuras en estado natural o después de ser procesados. La clara es ampliamente utilizada como ingrediente en la industria por sus propiedades de gelificación y formación de espuma, con importancia evidente en productos como postres, pudines, productos cárnicos reformulados, tofu y surimi (Fernández *et al.*, 2017); mientras que la yema es usada para mayonesas, aderezos, salsas, pasta y otros productos, ya que los fosfolípidos, lipoproteínas y proteínas presentes actúan como agentes activos de superficie, que permiten la formación de emulsiones a partir de líquidos inmiscibles como el aceite y el agua (Fernández *et al.*, 2018). La clara y la yema pueden coagularse y actuar como enlace con otros ingredientes; además, se utilizan en productos de confitería y helados para controlar la cristalización de las moléculas de agua y crear una textura suave y una buena sensación en la boca (Belyavin, 2020).

Nuevas alternativas se están aplicando para mejorar las propiedades funcionales del huevo, se resalta la eliminación de restos de yema en la clara (> poder espumante), la modificación enzimática de la yema (> poder emulsificante), aplicación de tratamientos térmicos de los ovoproductos líquidos (> firmeza de los geles obtenidos por coagulación térmica), el empleo de aditivos (> poder espumante), entre otros (Fu *et al.*, 2020; Gazolu *et al.*, 2020).

Pasteurización. El huevo en cáscara tiene una corta vida útil, por esta razón, se ha recurrido a varios métodos de conservación. La pasteurización es uno de ellos y debe garantizar una buena calidad de la materia prima cruda en cuanto a su composición y frescura, ya que esa calidad puede verse afectada por las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa) y el tiempo (Eddin *et al.*, 2019).

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), sugiere que el huevo líquido entero se pasteurice al menos a 60 °C por 3,5 min; mientras que, en el Reino Unido, las recomendaciones son pasteurizar al menos a 64 °C durante 2,5 min. La pasteurización tradicional de huevo entero varía entre 65 y 68 °C durante 2 a 5 min, con el fin de asegurar 5 a 6 reducciones logarítmicas de microorganismos, especialmente *Salmonella enteritidis* y *Listeria Monocytogenes* (Lechevalier *et al.*, 2017).

Cuadro 2. Propiedades funcionales de los ovoproductos.

Propiedad	Descripción	Aplicaciones	Referencias
Adhesiva	Adhiere ingredientes como semillas y granos de diversos productos.	Barritas dietéticas, pan y aperitivos.	(Fernández <i>et al.</i> , 2017; Masure <i>et al.</i> , 2019)
Espumante	Las proteínas de la clara forman espuma consiguiendo productos más aireados y ligeros.	Merengues, mousses, soufflés y productos horneados.	(Fernández <i>et al.</i> , 2017; Gharbi y Labbañ, 2019; Shan <i>et al.</i> , 2020)
Aglutinante	Las proteínas de la clara dan estructura y ligan todos los componentes del alimento entre ellos.	Aperitivos, productos cárnicos, embutidos.	(Fernández <i>et al.</i> , 2017; Fu <i>et al.</i> , 2020)
Clarificante	La clara de huevo inhibe el pardeamiento enzimático y evita la turbidez en bebidas.	Vinos, zumos .	(Liu <i>et al.</i> , 2017)
Coagulante y gelificante	Las proteínas de la clara y de la yema cambian de estado fluido a gelatinoso.	Tartas y glaseados, flanes, pudines .	(Espina <i>et al.</i> , 2014; Fernández <i>et al.</i> , 2018; Shan <i>et al.</i> , 2020; Xie <i>et al.</i> , 2020)
Colorante	Los pigmentos de la yema contribuyen al color anaranjado de muchos alimentos.	Bollería y panadería, pasta, flan y natillas.	(Valverde <i>et al.</i> , 2016; Fernández <i>et al.</i> , 2017; Fernández <i>et al.</i> , 2018)
Emulsionante	Los fosfolípidos y lipoproteínas son agentes tensoactivos que estabilizan las emulsiones aceite/agua.	Aderezos para ensaladas, salsas.	(Shan <i>et al.</i> , 2020; Fu <i>et al.</i> , 2020; Gazolu <i>et al.</i> , 2020)
Antioxidante	Proteínas con actividad biológica que promueve el metabolismo de las grasas.	Bollería dulce, galletas, glaseados.	(Lesnierowski y Stangierski, 2018; Abeyrathne <i>et al.</i> , 2018; Lee y Paik, 2019)
Textura y palatabilidad	Da cuerpo y suavidad sustancial a los alimentos.	Variedades de pan, dulces y pudines.	(Fernández <i>et al.</i> , 2017; Alavi <i>et al.</i> , 2020)
Flexibilidad e hidratación	Proteínas hidrolizadas mejoran la solubilidad, flexibilidad e hidratación, permitiendo conservar las moléculas húmedas y frescas.	Panes especiales, dulces y bollería.	(Goilleux <i>et al.</i> , 2014; Masure <i>et al.</i> , 2019; Fu <i>et al.</i> , 2020)
Mejora la textura	Mantiene firme la textura de los alimentos y mejora las masas esponjosas.	Bollos, alimentos ligeros.	(Garcés <i>et al.</i> , 2016; Fernández <i>et al.</i> , 2017; Zhang <i>et al.</i> , 2019; Eddin <i>et al.</i> , 2019)
Espesante	Espesa las salsas y da cuerpo consiguiendo mejorar el producto.	Salsas y recubrimiento, alimentos preparados.	(Fernández <i>et al.</i> , 2017; Fernández <i>et al.</i> , 2018; Zhang <i>et al.</i> , 2019)

Fuente: Espina *et al.* (2014).

Los tratamientos térmicos proporcionan productos microbiológicamente seguros e incrementa la vida útil, pero también afectan las propiedades funcionales de las proteínas (Uysal *et al.*, 2017). Estos cambios se deben a la desnaturalización de las proteínas, cuyas moléculas pierden su estructura nativa y cambian a una disposición más desordenada a través del reordenamiento espacial de las cadenas de polipéptidos dentro de la molécula. La desnaturalización puede ser inducida por diversos factores o agentes fisicoquímicos como irradiación, calor, pH, sal y efectos de superficie (Fernández *et al.*, 2018). Por otro lado, en los ovoproductos, la desnaturalización inducida por el calor también se afecta por las condiciones mecánicas del proceso de pasteurización, incluido el diseño del equipo, la velocidad de flujo y el cambio de temperatura entre el medio de calentamiento y el producto (Llave *et al.*, 2018). Lechevalier *et al.* (2017) han reportado que la pasteurización del huevo a 60 °C mejora las propiedades interfaciales y de digestibilidad de las proteínas ovotransferrina y lisozima; además, las lipoproteínas presentes, al ser desnaturalizadas, son capaces de formar una red reticulada que da como resultado la gelificación inducida por el calor (Chang *et al.*, 2020).

La pasteurización de la clara realizada entre 55 y 64,4 °C provoca un aumento en la coagulación de la proteína y una disminución de la actividad de formación de espuma cuando se prolongan los tiempos. Esto se debe principalmente a la desnaturalización de la ovotransferrina y a la desnaturalización irreversible de la red ovomucina-lisozima (Iwashita *et al.*, 2019). Los cambios de la capacidad espumante de la clara también se afectan por otros factores como edad del ave, tiempo de almacenamiento, tiempo de batido, homogenización, centrifuga-

ción, temperatura, pH, contenidos de agua y azúcar, y por la presencia de yema (Khemakhem *et al.*, 2019). Para el caso de la pasteurización de la yema, Gharbi y Labbafi (2019) reportaron que algunas proteínas cambian las propiedades físicas tales como la viscosidad y la solubilidad, así como, las propiedades emulsionantes.

La incorporación de aditivos es una práctica que permite mejorar la estabilidad de los ovoproductos durante la pasteurización al retrasar su desnaturalización y modificar las propiedades funcionales (Chang *et al.*, 2020). La sal afecta los enlaces de H₂ e inhibe las interacciones entre las moléculas de agua y los grupos hidrofílicos en la cadena principal de la proteína, promoviendo modificaciones en la capacidad de gelificación. El azúcar mejora la estabilidad de la espuma y ofrece una textura pseudo-sólida en los productos de confitería (Alavi *et al.*, 2020). El uso de agentes bactericidas (H₂O₂), reduce la contaminación microbiana, permitiendo una pasteurización a temperaturas más bajas y afecta en menor grado las propiedades funcionales (Vieira *et al.*, 2019).

A nivel industrial se han implementado métodos de pasteurización con agua caliente, irradiación UV, calor seco o agua electrolizada (Eddin *et al.*, 2019), entre otros. Hester (2017) pasteurizó huevos en cáscara con aire caliente, reportando una temperatura en la superficie externa mayor a 70 °C y en el interior menor a 55 °C; sin embargo, el tratamiento no fue efectivo debido a que la yema presentó reducción máxima de *Salmonella enteritidis* de 1,9 ciclos Log. Otra opción es que la pasteurización con aire caliente puede combinarse alternativamente con la refrigeración y el envasado en atmósfera modificada (Jia *et al.*, 2019).

Pasteurización en seco. La pasteurización con calor seco es una alternativa en productos que son susceptibles a la temperatura. En el proceso se busca elevar la temperatura interna del producto y mantenerla durante cierto tiempo hasta eliminar los microorganismos objetivos (Lechevalier *et al.*, 2017). Para este proceso, antes del secado por aspersión (SA) de la clara, no se requiere de una pasteurización previa, ya que la pasteurización se hará una vez el producto se encuentre en polvo y de esta forma se evite el deterioro de las propiedades funcionales. La integración de la tecnología de radiofrecuencia antes del SA ha permitido una reducción superior a 6,7 ciclos Log para *Salmonella* (Wei *et al.*, 2020).

Gharbi y Labbafi (2019) reportan tratamientos térmicos (calentamiento en seco), no térmicos (alta presión hidrostática, micro fluidización dinámica de alta presión, Irradiación ultravioleta, ultrasonido de alta intensidad) y químicos (reacción de Maillard, hidrólisis enzimática) para mejorar las propiedades de formación y estabilidad de espuma; adicionalmente, reportan que el calentamiento de la clara causa un aumento sustancial en su flexibilidad molecular e hidrofobicidad superficial, dándose un despliegue más rápido y una mayor interacción intermolecular en la interfase formando una película más cohesiva.

Nahariah *et al.* (2018), evaluaron la solubilidad de la clara en polvo fermentada, pasteurizada en seco a 40, 50 y 55 °C por 30, 39 y 48 horas, encontrando la desnaturalización de la proteína y una menor solubilidad a mayor tiempo, alcanzando un valor óptimo del 57 % después de 30 horas a 55 °C, en tanto que Lechevalier *et al.* (2017), mejoraron las propiedades interfaciales de la clara, sin potenciar su resistencia proteica a la digestión a calentamiento en seco de 2 a 5 días a 70 °C y con 2 días a 80-90 °C.

Ultrapasteurización. El tratamiento más utilizado en la industria del huevo es la pasteurización térmica, sin embargo, los componentes del huevo son muy sensibles a las altas temperaturas (Lechevalier *et al.*, 2017). La ultra pasteurización (UHT) aplica más calor durante un tiempo muy corto, garantizando una mejor seguridad microbiológica, pero puede afectar la calidad del huevo; además, produce la coagulación de las proteínas, generando pérdidas de la capacidad espumante, emulsionante y gelificante, lo cual también limita su uso como materia prima en la industria alimentaria (Espina *et al.*, 2014). Liu *et al.* (2020), compararon huevos líquidos UHT y no pasteurizados almacenados durante 5 semanas, encontrando que el proceso UHT aumentó la vida útil del producto y mejoraron las propiedades viscosidad, resistencia del gel y solubilidad de las proteínas, principalmente.

Congelación. Entre las tecnologías de conservación más utilizadas se encuentra la congelación, que reduce el crecimiento de los microorganismos y prolonga la vida útil del huevo. Wakamatsu *et al.* (2018), evaluaron la influencia de la congelación–descongelación de la yema mediante la técnica de resonancia magnética nuclear, evidenciando que la desnaturalización es causada principalmente por la agregación de lipoproteínas de baja densidad. En un estudio similar, Au *et al.* (2016), evaluaron la estabilidad de la yema fresca y gelificada descongelada, encontrando que se mantienen hasta 1 y 5 días de almacenamiento respectivamente. Duan *et al.* (2017), evaluaron la influencia de los procesos de congelación y descongelación de la clara de huevo (10 % en contenido proteico) sobre las propiedades estructurales y la capacidad de formación de espuma de las proteínas que constituyen la clara (ovoalbúmina, ovomucoide, ovotransferrina, ovomucina y lisozima), encontrando modificaciones en la hidrofobicidad superficial y en la disposición de los grupos sulfhidrilo libres de las proteínas, como consecuencia de los cambios en sus estructuras moleculares. Las propiedades de formación y estabilidad de espuma mejoraron en la ovotransferrina y ovomucoide mientras que en la lisozima mejoró levemente, y en ovoalbúmina no se presentaron diferencias significativas. Huang *et al.* (2016), evaluaron mayonesas elaboradas con yema congelada y yema fresca, encontrando que la reología de la primera se incrementó, modificando las propiedades del producto y disminuyendo su estabilidad térmica. Por otro lado, nuevas alternativas como la congelación magnética han sido aplicadas por Fernández *et al.* (2017), quienes reportaron alta desnaturalización de las proteínas, además de la formación y estabilidad de espuma, firmeza del gel y contenido de sulfhidrilo libre.

SECADO POR ASPERSIÓN

El uso de los ovoproductos en polvo en la industria pastelera, mezclas de panadería, mayonesas y aderezos, helados, pastas, entre otros, se ha incrementado porque ofrece ventajas en la reducción de costos de almacenamiento y transporte, mayor seguridad microbiana y facilidad de dosificación (Rannou *et al.*, 2015). La elaboración de los ovoproductos en polvo tiene al menos tres etapas críticas: pasteurización, secado y almacenamiento, donde las condiciones de operación y almacenamiento afectan sus propiedades.

El proceso más empleado en la industria de ovoproductos en polvo es el SA, ya que es una operación económica, flexible y continua, produce partículas de buena calidad, y es la técnica de microencapsulación donde los bajos tiempos de residencia favorecen los componentes activos térmicamente sensibles; además, un alto contenido de sólidos en la alimentación obtenidos principalmente por evaporación y ultrafiltración al vacío, mejora la eficiencia térmica y la productividad (Betoret *et al.*, 2015).

Tratamientos previos a la alimentación al SA han sido reportados con el objetivo de mejorar las propiedades de los ovoproductos en polvo. La presencia de glucosa confiere malas propiedades de batido, favorece la reacción de pardeamiento durante el almacenamiento, además de un sabor desagradable (Ma *et al.*, 2019). De la misma manera, en los ovoproductos líquidos que son sometidos a deshidratación, la presencia de glucosa favorece el pardeamiento durante el almacenamiento, por lo que, para reducir este efecto, se debe disminuir su nivel hasta obtener una concentración menor a 0,01 % en el producto final (Sujata, 2014). Ji *et al.* (2020) emplearon procesos de ultrafiltración, adsorción de resina, precipitación y ajustes de pH en la separación de lisozima, ovomucina, ovotransferrina, ovomucoide y ovoalbúmina, obteniendo en la mayoría de las proteínas una pureza mayor a 90 %, sin afectación significativa en las propiedades funcionales.

Las condiciones de operación del SA y el contenido de agentes encapsulantes son factores importantes que afectan la calidad de los ovoproductos en polvo (Matumoto *et al.*, 2017). El huevo entero y la yema son más susceptibles a los cambios de las propiedades funcionales durante el SA que la clara, a pesar de que las proteínas de la clara coagulan a una temperatura más baja (Rannou *et al.*, 2015).

Magnani *et al.* (2015), han reportado mayor rendimiento durante el SA de huevo entero con temperatura de entrada de aire entre 120 y 150 °C, sin embargo, a 150 °C se produce la disminución de la cromaticidad amarilla. De igual forma, a 150 °C se obtuvo mejor rendimiento en la obtención de clara en polvo, pero causó oscurecimiento del producto debido a la reacción de Maillard (Magnani *et al.*, 2016). Wang y Selomulya (2020), encapsularon por SA péptidos de proteína de clara de huevo sometidos con temperatura de entrada de 180 °C, obteniendo una eficiente actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina.

Katekhong y Charoenrein (2018) no encontraron en clara en polvo influencia significativa de la temperatura de entrada al SA (140–180 °C) sobre la solubilidad, gelificación, color y la exposición de grupos SH, sin embargo, las propiedades funcionales presentaron mayores cambios a los 2 meses de almacenamiento y a temperatura de 40 °C, siendo la más afectada la propiedad de gelificación y la desnaturalización de las proteínas de la clara de huevo en polvo. Por otro lado, Rannou *et al.* (2015), evaluaron en la yema en polvo durante el almacenamiento obtenido por SA (160 y 180 °C), y almacenamiento entre 1 y 8 meses y temperaturas de 15 y 30 °C, reportando un incremento del tamaño de partícula con el tiempo (51,2→161,3 µm), mientras que la capacidad de formación de espuma mejoró para todos los tratamientos. Javed *et al.* (2018), evaluaron en polvo de huevo entero obtenido por SA, la influencia de las temperaturas de entrada (160–200 °C) y salida (60–80 °C), el flujo volumétrico de alimentación (200–400 mL/h) y velocidad de atomización (16000–24000 rpm), encontrando un efecto significativo de las temperaturas sobre las variables humedad y actividad acuosa (a_w) (favorable para propiedades funcionales y tiempo de almacenamiento), mientras que el contenido de ácidos grasos insaturados presentó una reducción significativa, conllevando a un incremento del contenido de peróxidos durante el almacenamiento (60 días y 25 °C).

En general, durante el almacenamiento, la temperatura y tiempo afectan las propiedades funcionales y el color en la yema en polvo (Ma *et al.*, 2019), además, el huevo en polvo afecta en forma significativa la oxidación de la fracción lipídica presente, reduciendo su vida útil (Matumoto *et al.*, 2017). Por otro lado, Wei *et al.* (2020), reportaron en yema en polvo con $a_w \approx 0,3$ limita el crecimiento de *Salmonella*, sin embargo, a mayores tiempos de almacenamiento y en condiciones incorrectas de empaquetado, la bacteria sobrevive. Algunos autores han adicionado tocoferol como antioxidante en la elaboración del huevo en polvo, con el objetivo de controlar la degradación de los lípidos en el proceso y durante el almacenamiento (Matumoto *et al.*, 2017).

TECNOLOGÍAS EMERGENTES

Altas presiones. La tecnología de altas presiones es amigable con el medio ambiente y ha mostrado resultados positivos como alternativa a la pasteurización convencional, por su efecto letal sobre microorganismos patógenos, incluso a bajas temperaturas (Menon *et al.*, 2020), además, mejora las propiedades funcionales de las proteínas y contribuye a la inactivación enzimática (Singh y Ramaswamy, 2015), garantizando un producto de alta calidad, más seguro y con mayor vida útil, en tanto que alimentos que posean componentes de bajo peso molecular, es menos perjudicial que los procesos térmicos, debido a que los enlaces covalentes no se ven afectados por la presión (Gharbi y Labbafi, 2019).

En los ovoproductos líquidos, las altas presiones pueden afectar la conformación de la proteína y conducir a la desnaturalización, agregación o gelificación, dependiendo del sistema, la presión aplicada, la temperatura y la duración del proceso (Gharbi y Labbafi, 2019). Patrignani *et al.* (2013), reportaron una mayor inactivación de la *Salmonella entérica* inoculada en huevo líquido entero cuando se aplicaron la homogenización a alta presión (100 MPa) que con el tratamiento térmico y, además, se presentó un aumento en la capacidad de formación de espuma (50 %) con respecto a las muestras no tratadas (26 %) aunque Panozzo *et al.* (2014), reportaron en clara líquida tratada a 150 MPa/8 min, una reducción de 5 ciclos Log para la *Salmonella entérica*.

Zhu *et al.* (2018), reportaron que el uso de altas presiones es efectivo en la inactivación de proteínas. La aplicación de 500 MPa/10 min reduce la alergenicidad de la ovoalbúmina (89,7 % de inhibición), 400 MPa/10 min reduce la acción de alérgeno de la ovoalbúmina hidrolizada de huevo, y 700 MPa/50 °C favorece la inhibición de la avidina en clara de huevo. Naderi *et al.* (2017), evidenciaron una alta desintegración de la fracción granular de la yema durante la obtención de extractos enriquecidos en tratamientos a 600 MPa/5 min, lo cual favoreció el rendimiento (menor a 230 µg folato/g sólido seco), además se observó la presencia de fosvitina en la fracción granular. Chung *et al.* (2016), aplicaron en huevos enteros líquidos tratamientos a 300 MPa/3 min seguido de calor (52 °C/3,5 min y 55 °C/2 min) en presencia de citrato de trietilo (2 %), alcanzando una reducción de más de 5 ciclos Log en *E. coli* y *L. innocua*.

En la yema de huevo, la fosvitina es de gran interés por el alto contenido en el aminoácido serina, debido a sus propiedades funcionales y biológicas. La aplicación de 600 MPa/10 min permitió incrementar la transferencia de la proteína hacia la clara facilitando su recuperación en la fracción soluble del huevo (Duffuler *et al.*, 2020). Por otra parte, Singh y Ramaswamy (2015), reportaron a 550 MPa/5 min un aumento en la viscosidad debido a la desnaturalización y agregación de las proteínas e influir negativamente en las propiedades funcionales de formación de espuma y el color, en la clara y en el huevo entero, en tanto que Shahbaz *et al.* (2018) reportaron a 550 MPa/5 min la conservación del color de la yema y sus propiedades sensoriales, en huevos pelados cocidos tratados por altas presiones y posterior pasteurización.

Calentamiento óhmico. Es eficaz para la pasteurización térmica, escaldado, deshidratación, entre otros, también llamada “calentamiento por resistencia” o “Electro calefacción”. El calentamiento óhmico se produce por el paso de una corriente eléctrica a través del alimento, incrementando la temperatura en su interior en forma rápida y homogénea, por la acción de la resistencia que ofrece el alimento a la corriente eléctrica, donde se inhiben los microorganismos a través del calor, proporcionando bajas pérdidas (Jaeger *et al.*, 2016; Menon *et al.*, 2020).

La tecnología ha sido aplicada para evaluar su efecto sobre las propiedades en el huevo entero, mejorar la capacidad de formación de espuma, aumentar la viscosidad, conservar las propiedades de gelificación y color y reducir la desnaturalización de las proteínas (Ramaswamy *et al.*, 2014). Llave *et al.* (2018), evaluaron el efecto de los tratamientos térmico y del calentamiento óhmico (30 V/20 KHz) de la yema y de la clara en baño de agua (20→90 °C a 0,5 °C/min) sobre las propiedades de color, encontrando que el aumento de la temperatura produce un cambio de color de la yema (naranja claro → amarillo vivo) y de la clara (transparente → nublado), relacionando ambos fenómenos con la desnaturalización de las proteínas, concluyendo que el calentamiento óhmico conserva mejor la calidad nutricional y sensorial.

Alamprese *et al.* (2019), aplicaron al huevo entero tratamientos con una frecuencia de 20 kHz y 2 escalas de tensión (0–90 V/0–180 V), manteniendo el producto a 65,5 °C/3 min, 70 °C/1 min, y 67 °C/4,5 min, garantizando la tecnología como una alternativa adecuada a la pasteurización convencional; además, se observó un incremento de la viscosidad aparente (hasta 190 %), un exceso de espuma (hasta 28 %) e incremento de la dureza de gel (hasta 15 %). Otros autores aplicaron tratamientos a 20 V/cm/20–60 °C al huevo líquido, sin encontrar cambios significativos en la viscosidad aparente, ni en la energía de activación; además, reportan que la aplicación del tratamiento 10 V/cm/ 50 Hz–10 kH en una solución de albúmina conllevó a la transición a gel a 75 °C, mientras que, en concentraciones de albúmina < 2 % p/v en la clara no hubo formación de gel (Jaeger *et al.*, 2016). Por otro lado, Alamprese (2015), reportaron la comparación de la pasteurización tradicional (65 °C/3,5 min) con el calentamiento óhmico (0–68 °C/1,4 min/20 V/cm) en huevo entero, encontrando una incorporación de aire de 324±7 % y 484±3 % respectivamente.

Campos eléctricos pulsados. Los campos eléctricos son una tecnología efectiva en la industria alimentaria, donde la temperatura alcanzada no supera los 55 °C, contribuyendo en el mejoramiento de la funcionalidad del alimento, la capacidad de extracción y la recuperación de compuestos nutricionales, así como la biodisponibilidad de micronutrientes (Barba *et al.*, 2015). Se aplica una intensidad eléctrica en el rango de 15 a 50 kV/cm y tiempos

entre 1 y 100 μ s, lo cual genera una diferencia de potencial entre las membranas celulares, lo suficientemente alta como para hacer que éstas se descompongan y, por lo tanto, inactiven los microorganismos de forma irreversible debido a la permeabilidad celular (Menon *et al.*, 2020).

La aplicación de campos eléctricos ha permitido la modificación de las estructuras secundarias y terciarias de las proteínas de la clara, la obtención de péptidos en el huevo entero o como tratamiento previo a la hidrólisis de las proteínas, mejorando su digestibilidad (Liu *et al.*, 2018). Los mismos autores evaluaron la bioactividad de las proteínas hidrolizadas de huevo, reportando que la actividad antioxidante y antiinflamatoria de la ovomucina mejoró a las condiciones de 695 KJ/kg, 1,7 KV/cm y pH=4 (Liu *et al.*, 2019). Así mismo, la tecnología produce en la clara agregaciones principalmente en las proteínas lábiles al calor, cuando se utiliza alta intensidad en el campo eléctrico pulsado (700 KJ/kg, 1,8 kV/cm y pH=5-7) (Liu *et al.*, 2017). Baba *et al.* (2018), pasteurizaron huevo entero, integrando un calentamiento previo a temperatura inferior a 55 °C y campos eléctricos pulsados a 50 KV/cm, obteniendo una reducción de 6 ciclos Log en las enterobacterias aerógenas, cuando utilizaron carboximetilcelulosa como vehículo de incorporación, mientras que se presentó menor efectividad en la inhibición de enterobacterias cuando se utilizaron líquidos que contenían lipoproteínas extraídas del huevo entero.

Espina *et al.* (2014), aplicaron tratamientos combinados al huevo entero: 25 kV/cm y 100 kJ/kg seguido de calor suave (60 °C, 3,5 min) en presencia de 200 μ L/L de aceite esencial de limón, encontrando una reducción de 4 ciclos Log de *Salmonella senftenberg* 775W y *Listeria Monocytogenes*. Por otro lado, Wu *et al.* (2014), después de aplicar tratamientos de 25 kV/cm durante 200, 400, 600 y 800 μ s en clara, reportaron una disminución en el contenido de proteína soluble de 4,18, 4,40, 7,84 y 9,66 %, respectivamente, atribuyendo esto a la formación de agregados durante su procesamiento; adicionalmente, reportaron que en condiciones de 25kV/cm y 800 μ s se reducía en 4,5 ciclos log para *Salmonella*.

Microondas. El calentamiento por microondas es una de las tecnologías emergentes que gana terreno cada día en el procesamiento de alimentos, siendo efectiva en procesos de cocción, secado, conservación y pasteurización; en esta última, es capaz de destruir microorganismos a temperaturas menores que la convencional, sin embargo, no es uniforme ya que los campos electromagnéticos están afectados por las propiedades de los alimentos, geometría del empaque y la ubicación dentro del equipo (Zhang *et al.*, 2013). La tecnología aprovecha el comportamiento dieléctrico de las sustancias expuestas para generar calor desde el interior, la cual ocurre a cierta profundidad del producto (Wang *et al.*, 2020).

Li *et al.* (2019), evaluaron en clara en polvo la influencia del microondas sobre la solubilidad, la capacidad espumante y la estabilidad de la espuma, determinando que las mejores condiciones se obtuvieron a 419,4 W/90 s. Li *et al.* (2020), reportaron en proteínas de clara en polvo tratadas por calentamiento y fosforilación con microondas, un incremento en la porosidad e hidrofobicidad de la superficie y reducción en tamaño de partícula mejorando así las propiedades de humectabilidad (ángulo de contacto 142,85°), solubilidad (95,52 %) y dispersabilidad. En otro estudio, Li *et al.* (2018), evaluaron la fosforilación química y asistida por microondas de las proteínas de la clara, reportando un incremento del potencial zeta, y la capacidad y estabilidad de formación de espuma con el uso de microondas (400-500 W), mientras que a 600 W obtuvieron una disminución en estas propiedades. Por otro lado, Sumashree *et al.* (2019), pasteurizaron huevo líquido por microondas (2,45 GHz/900 W/ 20, 40 y 60 s), obteniendo con 40 s la ausencia de *Salmonella* para todos los tratamientos y límite seguro para el recuento total de bacterias ($>10^3$ Log UFC/mL).

Ultrasonido. El ultrasonido aplicado en alimentos comprende ondas de sonido con frecuencias entre 20 y 100 kHz e intensidad de sonido de 10 a 1000 W/cm². Los alcances implican la inactivación microbiana y enzimática, la homogeneización de fluidos multifásicos, la emulsificación, cristalización, limpieza de superficies y la mejora de la transferencia de masa en tecnologías de membrana, entre otros (Goilleux *et al.*, 2014; Menon *et al.*, 2020). Es una tecnología no térmica con efectos positivos o negativos en la calidad de los alimentos, que utiliza energía de vibración, produciendo burbujas de cavitación y genera temporalmente puntos de presión y temperatura alta

cuando ocurre la implosión. Se ha encontrado que la ultrasonificación es más efectiva en la inhibición de la actividad enzimática cuando se combina con otros procesos, tales como alta presión y/o calor (Chemat *et al.*, 2017).

En el huevo, Jun *et al.* (2020), aplicaron ultrasonidos mediante frecuencia dual continua (20/40 KHz), mejorando las propiedades de gelificación, solubilidad, capacidad de formación de espuma y su estabilidad proteica; además, disminuyó el tamaño de partícula en comparación con el huevo no tratado. Xiufang *et al.* (2020), reportaron una sinergia efectiva de tratamientos de ultrasonidos (968W/cm²) con tratamientos térmicos (35 °C/20 min) y adición de lisozima, en la pasterización de huevo entero líquido, logrando una reducción de 4,26 ciclos Log de *Salmonella typhimurium*. Kulchaiyawat *et al.* (2016), aplicaron en clara de huevo un calentamiento inicial a 63 °C por 5 min, seguido de la sonicación y adición de anhídrido octenil succínico (OSA), minimizando la formación de espuma durante el mezclado con otros ingredientes, mejorando la estabilidad térmica de las proteínas y concluyendo que el efecto del ultrasonido depende de la frecuencia, el pH y el tiempo de exposición. Gharbi y Labbafi (2018), reportaron que el tratamiento con ultrasonido a 20 kHz durante 2-14 min mejoró la solubilidad de las proteínas de la clara de huevo en la solución (10 % p/p y pH 8) y redujo el tamaño de las partículas de la proteína. Sheng *et al.* (2018), evaluaron el efecto del ultrasonido a 20 kHz en diversos pretratamientos de potencia (90, 120, 240, 360 y 480 W durante 10 min) sobre la formación de espuma de la clara, encontrando que la aplicación de 360 W produce mayor capacidad de formación de espuma (260 %). Stefanović *et al.* (2017), evaluaron tratamientos por ultrasonido a 20 kHz durante 2 a 15 min en la clara, reportando una disminución en el tamaño de partícula (368,4±10,5 → 68,4±5,2 nm) e incremento las fuerzas repulsivas de acuerdo con el potencial zeta (-4,7±1,4 → -22,8±1,1 mV), lo que mejoró la estabilidad de la proteína (193,3 %) frente a una clara no tratada; además, se incrementó solubilidad (8,1 %) y la capacidad de formación de espuma (60,6 %). Aunque, la tecnología es utilizada en la industria de alimentos, debe tenerse en cuenta que puede afectar la calidad sensorial, manifestándose en sabores desagradables, cambios en los parámetros físicos y degradación de los componentes.

Radiación Ultravioleta. La radiación de luz ultravioleta (UV) es una tecnología no térmica que puede utilizarse en la inactivación de diversos tipos de microorganismos pero, debido a la débil penetración de la luz, solo funciona en superficies o líquidos claros (Ricke y Gast, 2017); además, sus efectos dependen del tipo de producto y la dosis aplicada. Algunos autores afirman que no produce agentes indeseables que afecten el sabor, olor y color del alimento; además, elimina la *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Listeria* en huevos (Gharbi y Labbafi, 2019).

Ricke y Gast (2017) reportan letalidad para la mayoría de los microorganismos en las superficies, además de microorganismos en el aire; por otro lado, aplicaron radiación UV (23,6±0,1 J/cm²/20 s) en huevos con cáscara, encontrando una reducción logarítmica de 5,3 UFC/cm² de *S. Enteritidis* sin provocar daño visual al huevo. Bing *et al.* (2019) evaluaron la aplicación de 10 W/cm² combinada con desinfección con agua electrolizada ligeramente ácida sobre la descontaminación de las cáscaras de los huevos y, específicamente, sobre la *Salmonella enteritidis*, encontrando una reducción de 6,54 Log UFC/g. Hester (2017) aplicó un tratamiento UV con intensidad de 0,620 mW/cm² durante 7 min, reportando una reducción de 4,6 ciclos logarítmicos de *Salmonella Typhimurium* inoculada; además, se encontró una reducción de 2,6 y 4,3 ciclos Log de *Salmonella enteritidis* con tratamientos (0,1 mW/cm²/2 min) y (2,5 mW/cm²/5 min) respectivamente.

La radiación UV de alta energía se ha usado experimentalmente para pasteurizar ovoproductos líquidos, congelados y en polvo, siendo los resultados satisfactorios en muchos casos; sin embargo, se acelera la oxidación de los ácidos grasos, aunque no causa cambios de color o pH de los huevos líquidos. Por otro lado, cuando la clara se pasteuriza por radiación UV se puede generar cambios de sabor pero, si ésta es posteriormente sometida a SA, los sabores extraños se volatilizan (Sheng *et al.*, 2018). De Souza *et al.* (2015), cuantificaron vitaminas (A, B₂, B₅, C y E), minerales (P, Cl, K, Na, Ca, Mg, Fe y Zn) y principales metabolitos secundarios (luteína y zeaxantina) en el huevo entero, yema y clara, después de ser sometidos a la exposición a UV, reportando buena estabilidad de estos nutrientes a excepción del retinol, vitamina C y carotenoides, los cuales mostraron pérdidas de hasta 80, 66 y 61 %, respectivamente.

Por otra parte, Mattioli *et al.* (2020) compararon el efecto del ozono (600 mg/h for 2 h) y la radiación UV (254 nm por 15 s) sobre la calidad microbiológica del huevo, reportando una reducción de 2,27 y 5,57 ciclos Log de *Salmonella* en los huevos tratados con UV y ozono, respectivamente.

CONCLUSIONES

Los ovoproductos son materias primas utilizadas en una gran variedad de industrias alimenticias como panadería, repostería, salsas y aderezos, sopas, pastas, cremas, entre otros, pero a su vez, es una matriz alimentaria muy sensible ante los tratamientos térmicos, ya que sus proteínas tienen bajas temperaturas de desnaturalización, por lo que se requiere el uso de nuevas tecnologías o tecnologías mejoradas que permitan el procesamiento a temperaturas más bajas o menor tiempo de proceso, para que no se vean afectadas severamente las propiedades funcionales, características sensoriales y valores nutricionales de los productos.

REFERENCIAS

- ABEYRATHNE, E.; HUANG, X.; AHIN, D.U. Antioxidant, angiotensin-converting enzyme inhibitory activity and other functional properties of egg white proteins and their derived peptides–A review. *Poultry science*, v. 97, n. 4, 2018, p. 1462-1468.
<https://doi.org/10.3382/ps/pex399>
- AHIM, I.; ALI, R.; HABIB, A.; GIBRIL, S. Evaluation of Egg Quality Conditions in Omdurman Locality. *Journal of Applied Veterinary Sciences*, v. 4, n. 2, 2019, p. 1-5.
<https://doi.org/10.21608/JAVS.2019.62645>
- ALAMPRESE, CRISTINA. The effects of novel pasteurization technologies on egg product functionalities. Faculty of Agricultural and Food Sciences, Department of Food, Environmental and Nutritional Sciences (DeFENS). Milan (Italy): University of Milan, 2015, p. 1-8.
- ALAMPRESE, C.; CIGARINI, M.; BRUTTI, A. Effects of ohmic heating on technological properties of whole egg. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 58, n. 2019, p. 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102244>
- ALAVI, F.; TIAN, Z.; CHEN, L.; EMAD-DJOMEHH, Z. Effect of CaCl₂ on the stability and rheological properties of foams and high-sugar aerated systems produced by preheated egg white protein. *Food Hydrocolloids*, 2020, p. 1-12.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105887>
- AMERICAN EGG BOARD. The incredible edible egg eggyclopedia. Egg safety, and nutrition, [online], 2020. Disponible en: <https://www.aeb.org/> [Citado 2 de abril de 2020]
- ALJOHI, H.; DOPLER-NELSON, M.; CIFUENTES, M.; WILSON, T.A. The consumption of 12 Eggs per week for 1 year does not alter fasting serum markers of cardiovascular disease in older adults with early macular degeneration. *Journal of Nutrition and Intermediary Metabolism*, v. 15, 2019, p. 35-41.
<https://doi.org/10.1016/j.jnim.2018.11.004>
- AU, C.; WANG, T.; ACEVEDO, N.C. Development of a low resolution HNMR spectroscopic technique for the study of matrix mobility in fresh and freeze-thawed hen egg yolk. *Food chemistry*, v. 204, 2016, p. 159-166.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.085>
- AVICOLA NACIONAL S.A. Egg product development process, 2018. Actualizado 28 de enero de 2020.
- BARBA, F.; PARNIAKOV, O.; PEREIRA, S.; WIKTOR, A.; GRIMI, N.; BOUSSETTA, N.; SARAVIA, J. A.; RASO, J.; MARTIN-BELLOSO, O.; WITROWA-RAJCHERT, D.; LBOVKA, N.; VOROBIEV, E. Current applications and new opportunities for the use of pulsed electric fields in food science and industry. *Food Research International*, v. 77, n. 4, 2015, p. 773-798.

- <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.015>
- BABA, K.; KAJIWARA, T.; WATANABE, S.; KATSUKI, S.; SASAHARA, R.; INOUE, K. Low-Temperature Pasteurization of Liquid Whole Egg using Intense Pulsed Electric Fields. *Electronics and communications in Japan*, v. 101, n. 2, 2018, p. 87-94.
<https://doi.org/10.1002/ecj.12053>
- BELYAVIN, C. Eggs: Use in the Food Industry. *Encyclopedia of Food and Health*, 2016, p. 476-479.
10.1016/B978-0-12-384947-2.00245-2
- BETORET, E.; BETORET, N.; ROCCULI, P.; DALLA-ROSA, M. Strategies to improve food functionality: Structure-property relationships on high pressures homogenization, vacuum impregnation and drying technologies. *Trends in Food Science and Technology*, v. 46, n. 1, 2015, p. 1-12.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.006>
- CHANG, C.; XU, Y.; SHI, M.; SU, Y.; LI, X.; LI, J.; YANG, Y. Effect of dry-heat and guar gum on properties of egg white powder: Analysis of forming capacity and baking performance. *Food Hydrocolloids*, v. 99, 2020, p. 1-6.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105333>
- CHEMAT, F.; ROMBAUT, N.; SICAIRE, A.G.; MEULLEMIESTRE, A.; FABIANO-TIXIER, A.; ABERT-VIAN, M. Ultrasound assisted extraction of food and natural products. Mechanisms, techniques, combinations, protocols and applications. A review. *Ultrasonics sonochemistry*, v. 34, 2017, p. 540-560.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.035>
- CHUNG-YI, W.; HSIAO-WEN, H.; CHIAO-PING H.; BINGHUEI-BARRY, Y. Recent Advances in Food Processing Using High Hydrostatic Pressure Technology, *Critical Reviews. Food Science and Nutrition*, v. 56, n. 4, 2016, p. 527-540.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2012.745479>
- CLAYTON, Z.; FUSCO, E.; KERN, M. Egg consumption and heart health: A review. *Nutrition*, v. 37, n. 2017, p. 79-85.
<https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.12.014>
- CORTÉS, S. El huevo: Aliado nutricional durante el ciclo vital. *El huevo en la mira 2*. 2 ed. Bogotá (Colombia): Federación Nacional de Avicultores, 2015, p. 1-100.
- DE SOUZA, P.M.; MÜLLER, A.; BENIAICH, A.; MAYER-MIEBACH, E.; OEHLKE, K.; STAHL, M.; GREINER, R.; FERNÁNDEZ, A. Functional properties and nutritional composition of liquid egg products treated in a coiled tube UV-C reactor. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 32, 2015, p. 156-164.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.09.004>
- DUAN, X.; LI, J.; ZHANG, Q.; ZHAO, T.; LI, M.; XU, X.; LIU, X. Effect of a multiple freeze-thaw process on structural and foaming properties of individual egg white proteins. *Food chemistry*, v. 228, n. 2017, p. 243-248.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.005>
- DUFFULER, P.; GIARRATANO, M.; NADERI, N.; SUWAL, S.; MARCINIAK, A.; PERREAULT, V.; OFFRETF, C.; BRISSONA, G.; HOUSE, J.; POULIOT, Y.; DOYEN, A. High hydrostatic pressure induced extraction and selective transfer of β -phosvitin from the egg yolk granule to plasma fractions. *Food Chemistry*, v. 321, 2020, p. 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126696>
- DUSSAILLANT, C.; ECHEVERRÍA, G.; ROZOWSK, J.; VELASCO, N.; ARTEAGA, A.; RIGOTTI, A. Egg intake and cardiovascular disease: a scientific literature review. *Nutrición Hospitalaria*, v. 34, n. 3, 2017, p. 710-718.
<http://dx.doi.org/10.20960/nh.473>
- EDDIN, A.; IBRAHIM, S.; TAHERGORABI, R. Egg quality and safety with an overview of edible coating application for egg preservation. *Food chemistry*, v. 296, 2019, p. 29-39. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.182>
- ESPINA, L.; MONFORT, S.; ÁLVAREZ, I.; GARCÍA-GONZALO, D.; PAGÁN, R. Combination of pulsed electric fields, mild heat and essential oils as an alternative to the ultrapasteurization of liquid whole egg. *International Journal of Food Microbiology*, v. 189, 2014, p. 119-125.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.08.002>

- FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; PÉREZ-MATEOS, M.; DADASHI, S.; GÓMEZ-GUILLÉN, C.; SANZ, P. Impact of magnetic assisted freezing in the physicochemical and functional properties of egg components. Part 1: Egg white. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 44, 2017, p. 131-138.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.07.004>
- FERNÁNDEZ-MARTÍN, F.; PÉREZ-MATEOS, M.; DADASHI, S.; GÓMEZ-GUILLÉN, C.; SANZ, P. Impact of magnetic assisted freezing in the physicochemical and functional properties of egg components. Part 2: Egg yolk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 49, 2018, p. 176-183.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.11.006>
- FUERTE-GARCÍA, A. Egg consumption and cardiovascular risk. *Nutrición Hospitalaria*, v. 33, n. 4, 2016, p. 41-43.
<http://dx.doi.org/10.20960/nh.344>
- FU, X.; HUANG, X.; JIN, Y.; ZHANG, S.; MA, M. Characterization of enzymatically modified liquid egg yolk: Structural, interfacial and emulsifying properties. *Food Hydrocolloids*, v. 105, 2020, p. 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105763>
- GARCÉS-RIMÓN, M.; SANDOVAL, M.; MOLINA, E.; LÓPEZ-FANDIÑO, R.; MIGUEL, M. Egg protein hydrolysates: New culinary textures. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, v. 3, 2016, p. 17-22.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2015.04.001>
- GARCÍA, D.; COLAS, M.; LÓPEZ, W.; PÉREZ, E.; SÁNCHEZ, A.; LAMAZARES, M.; GRANDÍA, R. El peso corporal y su efecto sobre indicadores bioproductivos en gallinas white leghorn L33. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, v. 63, n. 3, 2016, p. 188-200.
<http://dx.doi.org/10.15446/rfmvz.v63n3.62714>
- GAZOLU-RUSANOVA, D.; MUSTAN, F.; VINAROV, Z.; TCHOLAKOVA, S.; DENKOV, N.; SOYANOV, S.; DE FOLTER, J.W. Role of lysophospholipids on the interfacial and liquid film properties of enzymatically modified egg yolk solutions. *Food Hydrocolloids*, v. 99, 2020, p. 1-13.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105319>
- GHARBI, N.; LABBAFI, M. Effect of processing on aggregation mechanism of egg white proteins. *Food Chemistry*, v. 252, 2018, p. 126-133.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.01.088>
- GHARBI, N.; LABBAFI, M. Influence of treatment-induced modification of egg white proteins on foaming properties. *Food hydrocolloids*, v. 90, 2019, p. 72-81.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.060>
- GOILLEUX, A.; PAINE, J.; SUN, D. *Emerging technologies for food processing*. 2 ed. United States Of America: Elsevier, 2014, p. 629.
- HESTER, P. *Breeder hen influence on nutrient availability for the embryo and hatchling. Egg Innovations and Strategies for Improvements*. 1 ed. United States Of America: Elsevier Inc., 2017, p. 1-646.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800879-9.00006-8>
- HUANG, L.; WANG, T.; HAN, Z.; MENG, Y.; LU, X. Effect of egg yolk freezing on properties of mayonnaise. *Food Hydrocolloids*, v. 56, 2016, p. 311-317.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.12.027>
- IWASHITA, K.; HANDA, A.; SHIRAKI, K. Co-aggregation of ovotransferrin and lysozyme. *Food Hydrocolloids*, v. 89, 2019, p. 416-424.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.022>
- JAEGER, H.; ROTH, A.; TOEPFL, S.; HOLZHAUSER, T.; ENGEL, K.; KNORR, D.; VOGEL, R.; BANDICK, N.; KULLING, S.; HEINZ, V.; STEINBERG, P. Opinion on the use of ohmic heating for the treatment of foods. *Trends in Food Science and Technology*, v. 55, 2016, p. 84-97.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.007>
- JAVED, A.; IMRAN, M.; AHMAD, N.; HUSSAIN, A.I. Fatty acids characterization and oxidative stability of spray dried designer egg powder. *Lipids in health and disease*, v. 17, n. 1, 2018, p. 282.
<https://doi.org/10.1186/s12944-018-0931-1>

- JI, S.; AHN, D.; ZHAO, Y.; LI, K.; LI, S.; HUANG, X. An easy and rapid separation method for five major proteins from egg white: successive extraction and MALDI-TOF-MS identification. *Food Chemistry*, v. 315, 2020, p. 1-32.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126207>
- JIA, F.; YAN, W.; YUAN, X.; DAI, R.; LI, X. Modified atmosphere packaging of eggs: Effects on the functional properties of albumen. *Food Packaging and Shelf Life*, v. 22, 2019, p. 1-6.
<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100377>
- JUN, S.; YAOYAO, M.; HUI, J.; OBADI, M.; ZHONGWEI, C.; BIN, X. Effects of single-and dual-frequency ultrasound on the functionality of egg white protein. *Journal of Food Engineering*, v. 277, 2020, p. 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109902>
- KATEKHONG, W.; CHAROENREIN, S. Influence of spray drying temperatures and storage conditions on physical and functional properties of dried egg white. *Drying Technology*, v. 36, n. 2, 2018, p. 169-177.
<https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1307218>
- KATZ, D.; GNANARAJ, J.; TREU, J.; MA, Y.; KAVAK, Y.; NJIKE, V. Effects of egg ingestion on endothelial function in adults with coronary artery disease: A randomized, controlled, crossover trial. *American Heart Journal*, v. 169, n. 1, 2014, p. 162–169.
<https://doi.org/10.1016/j.ahj.2014.10.001>
- KHEMAKHEM, M.; ATTIA, H.; AYADI, M. A. The effect of pH, sucrose, salt and hydrocolloid gums on the gelling properties and water holding capacity of egg white gel. *Food Hydrocolloids*, v. 87, 2019, p. 11-19.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.07.041>
- KULCHAIYAWAT, C.; WANG, C.; YU, C.; HAN, Z.; WANG, T. Combination of treatments to improve thermal stability of egg albumen. *LWT–Food Science and Technology*, v. 72, 2016, p. 267–276.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.047>
- LECHEVALIER, V.; GUÉRIN-DUBIARD, C.; ANTON, M.; BEAUMAL, V.; BRIAND, E.; GILLARD, A.; LE GOUAR, Y.; MUSIKAPHUN, N.; TANGUY, G.; PASCO, M.; NAU, F.; DUPONT, D. Pasteurisation of liquid whole egg: Optimal heat treatments in relation to its functional, nutritional and allergenic properties. *Journal of Food Engineering*, v. 195, 2017, p. 137-149.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.10.007>
- LEE, J.; PAIK, H. Anticancer and immunomodulatory activity of egg proteins and peptides: a review. *Poultry Science*, v. 98, n. 12, 2019, p. 6505-6516.
<https://doi.org/10.3382/ps/pez381>
- LESNIEROWSKI, G.; STANGIERSKI, J. What's new in chicken egg research and technology for human health promotion: A review. *Trends in Food Science and Technology*, v. 71, 2018, p. 46-51.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.10.022>
- LI, P.; SUN, Z.; MA, M.; JIN, Y.; SHENG, L. Effect of microwave-assisted phosphorylation modification on the structural and foaming properties of egg white powder. *LWT–Food Science and Technology*, v. 97, 2018, p. 151-156.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.055>
- LI, P.; SHENG, L.; JIN, Y. Using microwave-assisted phosphorylation to improve foaming and solubility of egg white by response surface methodology. *Poultry science*, v. 98, n. 12, 2019, p. 7110-7117.
<https://doi.org/10.3382/ps/pez424>
- LI, P.; JIN, Y.; SHENG, L. Impact of microwave assisted phosphorylation on the physicochemistry and rehydration behaviour of egg white powder. *Food Hydrocolloids*, v. 100, 2020, p. 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105380>
- LIU, Y.; OEY, I.; BREMER, P.; CARNE, A.; SILCOCK, P. Effects of pH, temperature and pulsed electric fields on the turbidity and protein aggregation of ovomucin-depleted egg white. *Food research international*, v. 91, 2017, p. 161-170.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.005>

- LIU, Y.; OEY, I.; BREMIER, P.; SILCOCK, P.; CARNE, A. Proteolytic pattern, protein breakdown and peptide production of ovomucin-depleted egg white processed with heat or pulsed electric fields at different pH. *Food Research International*, v. 108, 2018, p. 465-474.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.03.075>
- LIU, Y.; OEY, I.; BREMER, P.; SILCOCK, P.; CARNE, A.; MCCONNELL, M. Pulsed electric fields treatment at different pH enhances the antioxidant and anti-inflammatory activity of ovomucin-depleted egg white. *Food chemistry*, v. 276, 2019, p. 164-173.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.009>
- LIU, T.; LV, B.; ZHAO, W.; WANG, Y.; PIAO, C.; DAI, W.; HU, Y.; LIU, J.; YU, H.; SUN, F. Effects of Ultrahigh Temperature Pasteurization on the Liquid Components and Functional Properties of Stored Liquid Whole Eggs. *BioMed Research International*, 2020, p. 1-10.
<https://doi.org/10.1155/2020/3465465>
- LLAVE, Y.; FUKUDA, S.; FUKUOKA, M.; SHIBATA-ISHIWATARI, N.; SAKAI, N. Analysis of color changes in chicken egg yolks and whites based on degree of thermal protein denaturation during ohmic heating and water bath treatment. *Journal of Food Engineering*, v. 222, 2018, p. 151-161.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.11.024>
- MA, Y.; ZHAO, Y.; CHI, Y. Changes in the gel characteristics of two hen egg white powders modified by dry heating and the Maillard reaction during long-term storage. *LWT-Food Science and Technology*, v. 109, 2019, p. 123-129.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.003>
- MAGNANI-GRASSI, T.; GIGLIO-PONSANO, E. Desidratação de gemas de ovos por secagem por atomização. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 12, 2015, p. 1186-1191. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015001200008>
- MAGNANI-GRASSI, T.; DE SIQUEIRA-MARCOS, M.; CAVAZZANA, J.; GIGLIO-PONSANO, E. Deshidratación de claras de huevo por atomización. *Ciência Animal Brasileira*, v. 17, n. 4, 2016, p. 601-607.
- MASURE, H.; WOUTERS, A.; FIERENS, E.; DELCOUR, J. Impact of egg white and soy proteins on structure formation and crumb firming in gluten-free breads. *Food Hydrocolloids*, v. 95, 2019, p. 406-417.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.04.062>
- MATTIOLI, S.; ORTENZI, R.; SCUOTA, S.; CARTONI, A.; DAL BOSCO, A.; COTOZZOLO, E.; CASTELLINI, C. Impact of ozone and UV irradiation sanitation treatments on the survival of Salmonella and the physical-chemical characteristics of hen eggs. *Journal of Applied Poultry Research*, 2020, p. 1-11.
<https://doi.org/10.1016/j.japr.2020.01.004>
- MATUMOTO-PINTRO, P.; MURAKAMI, A.; VITAL, A.; CROGE, C.; DA SILVA, D.; OSPINA-ROJA, I.; GUERRA, A. Effects of storage time and temperature on lipid oxidation of egg powders enriched with natural antioxidants. *Food chemistry*, v. 228, 2017, p. 463-468. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.044>
- MENON, A.; STOJCESKA, V.; TASSOU, S. A systematic review on the recent advances of the energy efficiency improvements in non-conventional food drying technologies. *Trends in Food Science and Technology*, v. 100, 2020, p. 67-76.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.014>
- NADERI, N.; DOYEN, A.; HOUSE, J.D.; POULIOT, Y. The use of high hydrostatic pressure to generate folate-enriched extracts from the granule fraction of hen's egg yolk. *Food chemistry*, v. 232, 2017, p. 253-262.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.144>
- NAHARIAH, N.; LEGOWO, A.; ABUSTAM, E.; HINTONO, A.; HIKMAH, H. Functional Characteristics of Fermented Egg White Powder After Pan-drying at Different Temperatures and Times. *International Journal of Poultry Science*, v. 17, n. 3, 2018, p. 134-139.
<https://doi.org/10.3923/ijps.2018.134.139>
- PANOZZO, A.; MANZOCCO, L.; CALLIGARIS, S.; BARTOLOMEOLI, I.; MAIFRENI, M.; LIPPE, G.; NICOLI, M.C. Effect of high pressure homogenisation on microbial inactivation, protein structure and functionality of egg white. *Food Research International*, v. 62, 2014, p. 718-725.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.04.051>

- PATRIGNANI, F.; VANNINI, L.; SADO-KAMDEM, S.; HERNANDO, I.; MARCO-MOLÉS, R.; GUERZONI, M.; LANCIOTTI, R. High pressure homogenization vs heat treatment: Safety and functional properties of liquid whole egg. *Food Microbiology*, v. 36, n. 1, 2013, p. 63–69.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2013.04.004>
- RAMASWAMY, H.; MARCOTTE, M.; SASTRY S.; ABDELRAHIM, K. Ohmic Heating in Food Processing. *Electro-Technologies for Food Processing Series*. Boca Ratón (United States Of America): CRC Press, 2014. p. 1–518.
- RANNOU, C.; QUEVEAU, D.; BEAUMAL, V.; DAVID-BRIAND, E.; LE BORGNE, C.; MEYNIER, A.; ANTON, M.; PROST, C.; SCHUCK, P.; D LOISEL, C. Effect of spray-drying and storage conditions on the physical and functional properties of standard and n-3 enriched egg yolk powders, *Journal of Food Engineering*, v. 154, 2015, p. 58–68.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.11.002>
- RICKE, S.C.; GAST, R.K. *Producing Safe Eggs*. London (United Kingdom): Elsevier, 2017, 421 p.
- ROSELAND, J.; SOMANCHI, M.; BAHADUR, R.; HAYTOWITZ, D.; PEHRSSON, P. Content and variability of vitamin D and iodine in processed egg products in the United States (US). *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 86, 2020, p. 1–35.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103379>
- SALEH, G.; EL DARRA, N.; KHARROUBI, S.; FARRAN, M. Influence of storage conditions on quality and safety of eggs collected from Lebanese farms. *Food Control*, v. 111, 2020, p. 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107058>
- SHAHBAZ, H.; JEONG, B.; KIM, J.; HA, N.; LEE, H.; HA, S.; PARK, J. Application of high pressure processing for prevention of greenish-gray yolks and improvement of safety and shelf-life of hard-cooked peeled eggs. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 45, 2018, p. 10–17.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.09.016>
- SHAN, Y.; TANG, D.; WANG, R.; TU, A.; YI, Y.; WANG, X.; LIU, B.; ZHOU, Y.; HUANG, Q.; LÜ, X. Rheological and structural properties of ovomucin from chicken eggs with different interior quality. *Food Hydrocolloids*, v. 100, 2020, p. 1–10.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105393>
- SHENG, L.; WANG, Y.; CHEN, J.; ZOU, J.; WANG, Q.; MA, M. Influence of high-intensity ultrasound on foaming and structural properties of egg white. *Food Research International*, v. 108, 2018, p. 604– 610.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.007>
- SINGH, A.; RAMASWAMY, H. High pressure modification of egg components: Exploration of calorimetric, structural and functional characteristics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 32, 2015, p. 45–55.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.09.010>
- SPANISH ASSOCIATION OF EGG PRODUCTS INDUSTRIES. SAEPI. ¿What are egg products?. [online], 2020. Disponible en: <https://www.inovo.es/que-son-los-ovoproductos/>. [citado 2 de abril de 2020].
- STEFANOVIĆ, A.B.; JOVANOVIĆ, J.R.; DOJČINOVIĆ, M.B.; LEVIĆ, S.M.; NEDOVIĆ, V.A.; BUGARSKI, B.M.; KNEŽEVIĆ-JUGOVIĆ, Z.D. Effect of the Controlled High-Intensity Ultrasound on Improving Functionality and Structural Changes of Egg White Proteins. *Food and Bioprocess Technology*, v. 10, n. 7, 2017, p. 1224–1239.
<https://doi.org/10.1007/s11947-017-1884-5>
- SUJATA, Y. Egg Powder and Its Quality Control. *Online International Interdisciplinary Research Journal*, 2014, p. 2249–9598.
<https://www.semanticscholar.org/paper/Egg-Powder-and-Its-Quality-Control-Sujata/29676396e994986eb8c4d5c584a9de24467da069>
- SUMASHREE, N.; HIREGOUDAR, S.; NIDONI, U.; RAMAPPA, K.T.; NAIK, N. Study of Proximate Composition, Quality Characteristics and Microbial Quality of Microwave Treated Liquid Whole Egg (LWE) Samples. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 8, n. 9, 2019, p. 335–342.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.809.040>

- UYSAL, R.; BOYACI, I.; SOYKUT, E.; ERTAS, N. Effects of heat treatment parameters on liquid whole egg proteins. *Food Chemistry*, v. 216, 2017, p. 201-208.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.08.050>
- VALVERDE, D.; LACA, A.; ESTRADA, L.; PAREDES, B.; RENDUELES, M.; DÍAZ, M. Egg yolk and egg yolk fractions as key ingredient for the development of a new type of gels. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, v. 3, 2016, p. 30–37.
<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2016.02.001>
- VIEIRA, D.A.; CABRAL, L.; NORONHA, M.; JÚNIOR, G.; SANT'ANA, A. Microbiota of eggs revealed by 16S RNA-based sequencing: From raw materials produced by different suppliers to chilled pasteurized liquid products. *Food control*, v. 96, 2019, p. 194-204.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.09.016>
- WAKAMATSU, H.; HANDA, A.; CHIBA, K. Observations using Phosphorus-31 nuclear magnetic resonance (P-NMR) of structural changes in freeze-thawed hen egg yolk. *Food chemistry*, v. 244, 2018, p. 169-176.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.032>
- WANG, X.; GU, L.; SU, Y.; LI, J.; YANG, Y.; CHANG, C. Microwave technology as a new strategy to induce structural transition and foaming properties improvement of egg white powder. *Food Hydrocolloids*, v. 101, 2020, p. 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105530>
- WANG, Y.; SELOMULYA, C. Spray drying strategy for encapsulation of bioactive peptide powders for food applications. *Advanced Powder Technology*, v. 31, n. 1, 2020, p. 409-415.
<https://doi.org/10.1016/j.apt.2019.10.034>
- WEI, X.; LAU, S.; REDDY, B.; SUBBIAH, J. A microbial challenge study for validating continuous radio-frequency assisted thermal processing pasteurization of egg white powder. *Food microbiology*, v. 85, 2020, p. 1-7.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103306>
- WU, L.; ZHAO, W.; YANG, R.; CHEN, X. Effects of pulsed electric fields processing on stability of egg white proteins. *Journal of Food Engineering*, v. 139, 2014, p. 13–18.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.04.008>
- XIE, Y.; WANG, J.; WANG, Y.; WU, D.; LIANG, D.; YE, H.; CAI, Z.; MAC, M.; GENG, F. Effects of high-intensity ultrasonic (HIU) treatment on the functional properties and assemblage structure of egg yolk. *Ultrasonics sonochemistry*, v. 60, 2020, p. 1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104767>
- XIUFANG, B.; XIAOQIONG, W.; YAN, C.; LIYI, C.; YAGE, X.; ZHENMING, C. Effects of combination treatments of lysozyme and high power ultrasound on the *Salmonella typhimurium* inactivation and quality of liquid whole egg. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 60, 2020, p. 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2019.104763>
- ZHANG, W.; LIU, F.; NINDO, C.; TANG, J. Physical properties of egg whites and whole eggs relevant to microwave pasteurization. *Journal of Food Engineering*, v. 118, n. 1, 2013, p. 62–69.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.03.003>
- ZHANG, M.; LI, J.; CHANG, C.; WANG, C.; LI, X.; SU, Y.; YANG, Y. Effect of egg yolk on the textural, rheology and structural properties of egg gels. *Journal of Food Engineering*, v. 246, 2019, p. 1-6.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.024>
- ZHU, Y.; VANGA, S.K.; WANG, J.; RAGHAVAN, V. Impact of food processing on the structural and allergenic properties of egg white. *Trends in Food Science & Technology*, v. 78, 2018, p. 188-96.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.06.005>