



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

CONTROL DE RIESGOS EN PROCESO DE SELLADO, ESTERILIZACIÓN Y MANEJO DE PRESIÓN EN INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS

**RISK CONTROL IN SEALING, STERILIZATION, AND
PRESSURE MANAGEMENT PROCESSES IN THE FOOD
INDUSTRY**

Ginger Daniela García Villalta
Universidad Técnica de Babahoyo

Iván Patricio Viteri García
Universidad de Guayaquil

Control de riesgos en proceso de sellado, esterilización y manejo de presión en industria de los alimentos

Ginger Daniela García Villalta¹

ggarciavi@faciag.utb.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-4657-2792>

Universidad Técnica de Babahoyo
Ecuador

Iván Patricio Viteri García

ivan.viteriga@ug.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-0522-3302>

Universidad de Guayaquil
Ecuador

RESUMEN

Esta revisión examinó ochenta publicaciones sobre control de riesgos en procesos de sellado, esterilización y manejo de presión en la industria alimentaria, con énfasis en su aplicabilidad al contexto ecuatoriano. El análisis se articuló en torno a cuatro líneas principales: integridad del sellado, validación térmica, control de presión en equipos industriales y sistemas integrados de gestión de inocuidad. Los estudios revisados evidenciaron que las fallas de hermeticidad, las desviaciones de temperatura-tiempo y el manejo inadecuado de presión incrementaron los riesgos microbiológicos, físicos y operativos. Asimismo, se identificó que el monitoreo automatizado, la validación de variables críticas, el mantenimiento predictivo y la aplicación de BPM, HACCP e ISO 22000 fortalecieron el control preventivo. No obstante, en Ecuador persisten limitaciones tecnológicas, operativas y de capacitación, especialmente en pequeñas y medianas empresas, por lo que se recomienda impulsar estudios aplicados y estrategias de control adaptadas a la realidad industrial nacional.

Palabras clave: BPM, control de presión, esterilización térmica, HACCP, industria alimentaria.

¹ Autor principal.

Correspondencia: ggarciavi@faciag.utb.edu.ec

Risk Control in Sealing, Sterilization, and Pressure Management Processes in the Food Industry

ABSTRACT

This review examined eighty publications on risk control in sealing, sterilization, and pressure management processes in the food industry, with emphasis on their applicability to the Ecuadorian context. The analysis was organized into four main areas: sealing integrity, thermal validation, pressure control in industrial equipment, and integrated food safety management systems. The reviewed studies showed that hermeticity failures, time-temperature deviations, and inadequate pressure management increased microbiological, physical, and operational risks. Likewise, automated monitoring, validation of critical variables, predictive maintenance, and the implementation of GMP, HACCP, and ISO 22000 strengthened preventive control. However, Ecuador still faces technological, operational, and training limitations, especially in small and medium-sized enterprises. Therefore, applied studies and risk control strategies adapted to the national industrial context are recommended.

Keywords: Good Manufacturing Practices (GMP), pressure control, thermal sterilization, HACCP, food industry.

Artículo recibido 25 abril 2026

Aceptado para publicación: 25 mayo 2026



1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Contexto y Justificación

La industria de alimentos ocupa un lugar estratégico en la seguridad alimentaria, la economía y la salud pública, debido a su responsabilidad en la producción de alimentos seguros, estables y aptos para el consumo humano (FAO, 2023). Dentro de sus operaciones, el sellado de envases, la esterilización y el manejo de presión son etapas particularmente sensibles, ya que de ellas depende en gran medida la conservación del producto y la prevención de riesgos microbiológicos en las industrias (Fellows, 2017). Cuando estos procesos se ejecutan bajo los parámetros correctos, contribuyen a reducir la presencia de microorganismos patógenos, lo que permite extender la vida útil de los alimentos y disminuir pérdidas durante el almacenamiento, transporte y comercialización de estos (Gould, 1995).

El entendimiento de estos riesgos requiere una mirada multidisciplinaria, ya que intervienen conocimientos de ingeniería térmica, microbiología, ciencia de materiales, automatización y gestión de inocuidad (Singh & Heldman, 2014). En este tipo de procesos, variables como temperatura, tiempo, presión e integridad del envase deben mantenerse dentro de límites definidos para evitar desviaciones que comprometan la calidad y seguridad del alimento (Holdsworth & Simpson, 2016). Por ello, el uso de sistemas de monitoreo, controles automatizados y metodologías preventivas se ha convertido en un componente relevante para la ingeniería aplicada y la mejora tecnológica de las plantas de procesamiento (da Costa et al., 2023).

Diversos estudios han señalado que una falla en el sellado puede ocasionar pequeñas fugas, pérdida de vacío y contaminación del producto después del tratamiento térmico (Robertson, 2016). De forma similar, un proceso de esterilización insuficiente o un manejo inadecuado de la presión puede favorecer la supervivencia de microorganismos, provocar deformaciones en los envases o generar fallas operativas en equipos industriales (Codex Alimentarius Commission, 2022). Estos problemas no solo afectan la calidad comercial del alimento, sino que también representan riesgos para la salud del consumidor y para la seguridad de las operaciones.

La mejora de los sistemas de control en la industria alimentaria también guarda relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible. El ODS 9 se vincula con la innovación industrial y la modernización de infraestructuras; el ODS 12 promueve formas de producción más responsables, eficientes y seguras;



y el ODS 7 se relaciona con la incorporación de tecnologías más eficientes en el uso de energía dentro de los procesos industriales (United Nations, 2023).

En Ecuador, estos desafíos adquieren una importancia particular. Una parte considerable del sector alimentario está conformada por pequeñas y medianas empresas que presentan distintos niveles de tecnificación, lo que puede limitar la implementación de sistemas avanzados de monitoreo, validación y control (CEPAL, 2020). A esto se suma que la aplicación de herramientas como BPM, HACCP e ISO 22000 no siempre ocurre de manera homogénea, especialmente en empresas con menor capacidad económica o tecnológica (ISO, 2018).

Aunque existe abundante literatura sobre esterilización térmica, envases y sistemas presurizados, muchos estudios analizan estos temas de forma separada (Rahman, 2020). Esta dispersión dificulta comprender cómo interactúan los riesgos dentro del proceso productivo y limita la identificación de estrategias preventivas aplicables a realidades industriales concretas. Por esto se recomienda realizar una revisión estructurada de la literatura disponible para analizar todos los riesgos, variables y tecnologías de control que estén vinculadas al sellado, la esterilización y el manejo de presión, con un énfasis en su aplicación de la industria ecuatoriana.

1.2. Revisión Narrativa Preliminar

La evidencia disponible sobre procesos térmicos y envasado en la industria alimentaria muestra avances relevantes en tres líneas: validación de tratamientos de esterilización, control de la integridad del sellado y gestión de presión en equipos industriales (Holdsworth & Simpson, 2016). En general, los estudios coinciden en que la inocuidad de los alimentos procesados depende de mantener variables críticas dentro de rangos definidos, especialmente temperatura, tiempo, presión y hermeticidad del envase (Singh & Heldman, 2014). En los últimos años, también se ha fortalecido el uso de sensores, registros automatizados y sistemas de monitoreo en tiempo real, herramientas que permiten reducir desviaciones, mejorar la trazabilidad y modernizar los procesos de control (Robertson, 2016).

En el caso de la esterilización, la literatura ha prestado especial atención a la letalidad térmica, el valor F_0 , la penetración de calor y la validación de ciclos en autoclaves o retortas, todos ellos fundamentales dentro de la fase crítica de esterilización de alimentos (da Costa et al., 2023). Estos estudios han permitido mejorar la comprensión del comportamiento térmico de los alimentos envasados y su relación

con la destrucción de microorganismos patógenos en la industria alimentaria (Hassoun et al., 2020). Sin embargo, todavía existen ciertas diferencias en los criterios utilizados para evaluar la eficacia del proceso, ya que algunos trabajos priorizan indicadores microbiológicos, mientras que otros priorizan variables fisicoquímicas, eficiencia energética o estabilidad del producto (Rahman, 2020).

Respecto al sellado de envases, las investigaciones han documentado que defectos como microfugas, pérdida de vacío, fallas en el doble cierre o irregularidades en materiales de empaque pueden facilitar la contaminación posterior al tratamiento térmico (Stumbo, 1973). Aunque existe consenso sobre la importancia de la hermeticidad como barrera física de inocuidad, se observan diferencias en los métodos empleados para su evaluación, incluyendo pruebas de vacío, presión, inspección visual, pruebas destructivas y técnicas instrumentales más avanzadas (Codex Alimentarius Commission, 2022). Esta diversidad metodológica dificulta la comparación directa entre estudios y limita la estandarización de indicadores de control (Yam, 2009).

En cuanto al manejo de presión, los estudios revisados reconocen su importancia tanto para la seguridad del alimento como para la integridad estructural del envase y la seguridad operativa de los equipos (Robertson, 2016). El control de presión diferencial resulta especialmente relevante durante las etapas de calentamiento y enfriamiento, debido a que un desequilibrio entre la presión interna del envase y la presión externa del sistema puede provocar deformaciones, fugas o rupturas (Codex Alimentarius Commission, 1993). A pesar de ello, la literatura suele abordar el manejo de presión desde una perspectiva de ingeniería de equipos o seguridad industrial, sin integrarlo siempre con el análisis microbiológico y de envasado (Crawl & Louvar, 2011).

Una de las principales brechas identificadas es que gran parte de la literatura analiza la esterilización, el sellado y la presión como componentes separados del proceso productivo (ISO, 2018). Esta separación dificulta comprender cómo interactúan las fallas entre sí y cómo una desviación en una variable puede afectar al sistema completo. Además, aunque existen revisiones sobre tecnologías de conservación, inocuidad alimentaria, envases y gestión HACCP, son limitadas las revisiones que integran simultáneamente estos tres ejes dentro de un enfoque de control de riesgos aplicable a la industria alimentaria ecuatoriana (Sperber & Stier, 2010).

En Ecuador, la evidencia disponible todavía es fragmentada y se concentra principalmente en la implementación de normativas como las Buenas Prácticas de Manufactura, sistemas HACCP, normas sanitarias y control de calidad en pequeñas y medianas empresas (ARCSA, 2023). No obstante, se identifican pocos estudios que evalúen de manera conjunta la validación térmica, la hermeticidad del envase y el manejo de presión en procesos industriales (ARCSA, 2024). Por esa razón, la presente revisión sistemática se justifica por la necesidad de sintetizar la evidencia disponible para identificar brechas técnicas y proponer una lectura integrada de los riesgos asociados al sellado, la esterilización y la presión, con énfasis en su aplicabilidad dentro del contexto de la industria ecuatoriana.

1.3 Definiciones operativas

Tabla 1. Definiciones operativas

Concepto	Definición operativa	Indicador de verificación
Esterilización térmica	Proceso de aplicación de calor controlado que permite la destrucción de microorganismos patógenos y esporulados en alimentos envasados, garantizando su estabilidad microbiológica.	Valor F_0 (letalidad térmica), cumplimiento de tiempo-temperatura del proceso
Letalidad térmica (F_0)	Parámetro que expresa el efecto acumulado del tratamiento térmico en la reducción microbiana, considerando una temperatura de referencia y un valor z específico.	Cálculo de $F_0 \geq$ valor crítico establecido
Integridad del sellado	Capacidad del envase para mantener una barrera hermética que impida la entrada de microorganismos o contaminantes externos después del procesamiento.	% de envases con fugas, pruebas de hermeticidad (vacío, presión, dye test)
Defecto de sellado	Alteración en la estructura del cierre del envase que compromete su hermeticidad, como microcanales, doble cierre defectuoso o sellado incompleto.	Número de defectos detectados por lote
Presión de proceso	Variable operativa que representa la presión ejercida dentro del sistema de esterilización (retorta/autoclave) para equilibrar las fuerzas internas y externas del envase.	Registro de presión (kPa o bar) durante el ciclo

Presión diferencial	Diferencia entre la presión interna del envase y la presión externa del sistema durante el tratamiento térmico.	ΔP controlado dentro de rangos establecidos
Retorta / Autoclave	Equipo utilizado para realizar procesos de esterilización mediante la aplicación controlada de temperatura y presión en alimentos envasados.	Cumplimiento de parámetros operativos (T° , P, tiempo)
Recontaminación	Ingreso de microorganismos al producto después del tratamiento térmico debido a fallas en el sellado o manipulación inadecuada.	Presencia microbiológica post-proceso
Desviación de proceso	Variación fuera de los límites críticos establecidos para variables como temperatura, presión o tiempo durante la esterilización.	Número de desviaciones registradas por lote
Validación del proceso térmico	Procedimiento mediante el cual se comprueba que el proceso de esterilización garantiza la inocuidad del producto bajo condiciones definidas.	Estudios de penetración de calor y cumplimiento de F_0
Sistema HACCP	Enfoque preventivo de control de inocuidad que identifica, evalúa y controla peligros significativos en el proceso productivo.	Número de PCC identificados y cumplimiento de límites críticos
Hermeticidad del envase	Condición en la cual el envase permanece completamente cerrado y sin intercambio de materia con el exterior.	Pruebas de fuga, vacío interno

Revisión de literatura

La literatura científica relacionada con el control de riesgos en la industria alimentaria permite identificar tres ejes críticos de análisis: el sellado de envases, los procesos de esterilización y el manejo de sistemas presurizados (Fellows, 2017). Estos elementos constituyen puntos clave dentro de la cadena de producción debido a su impacto directo en la inocuidad del producto final y en la seguridad operativa de las industrias alimentarias (Jay et al., 2005).

A continuación, se presenta una síntesis estructurada de los principales hallazgos reportados en estudios recientes, organizada en función de cada proceso crítico.

Sellado de envases y control de riesgos

El proceso de sellado es fundamental para garantizar la integridad del producto alimentario, ya que actúa como barrera primaria contra contaminantes físicos, químicos y microbiológicos (Robertson, 2012). Diversos estudios coinciden en que las fallas en el sellado representan una de las principales causas de deterioro del producto y pérdida de calidad en la industria alimentaria (Robertson, 2013).

Las investigaciones reportan que defectos como sellos incompletos, variaciones en la temperatura de sellado y presión inadecuada pueden generar microfugas que facilitan la entrada de microorganismos (Yam, 2009; Yam, 2010).

Según análisis realizados en plantas de procesamiento de alimentos, estos errores pueden incrementar significativamente el riesgo de contaminación microbiológica y reducir la vida útil del producto (Doyle & Buchanan, 2013). En este contexto, la implementación de sistemas de monitoreo en línea, sensores térmicos y controles automatizados ha demostrado ser eficaz para reducir defectos en el sellado y mejorar la estabilidad de los procesos (da Costa et al., 2023). Asimismo, la aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) contribuye a mejorar la estandarización de los procesos y disminuir errores operativos (Codex Alimentarius Commission, 2020). En países latinoamericanos, incluyendo Ecuador, se ha evidenciado que muchas pequeñas y medianas empresas presentan limitaciones tecnológicas que afectan la calidad del sellado, lo que incrementa la necesidad de estrategias de control accesibles y adaptadas a estos entornos (CEPAL, 2021; Vargas, 2022).

Procesos de esterilización y control microbiológico

La esterilización constituye uno de los pilares fundamentales en la seguridad alimentaria, ya que permite eliminar microorganismos patógenos que pueden comprometer la salud del consumidor (Jay et al., 2005; ICMSF, 2005). Los métodos más utilizados incluyen tratamientos térmicos como pasteurización, esterilización por vapor y tecnologías UHT (Ultra High Temperature) (Holdsworth & Simpson, 2016). La literatura señala que el principal riesgo asociado a la esterilización es la aplicación inadecuada de parámetros críticos, especialmente temperatura, tiempo y presión (Ramaswamy, 2014; Datta, 2007). Desviaciones en estos factores pueden resultar en una esterilización incompleta, permitiendo la supervivencia de microorganismos peligrosos y comprometiendo la inocuidad del alimento (Stumbo, 1973).



Estudios experimentales han demostrado que una incorrecta validación de los procesos térmicos afecta significativamente la eficiencia de eliminación microbiana y puede generar problemas de estabilidad microbiológica durante el almacenamiento (Stumbo, 1973; Rahman, 2007).

Para mitigar estos riesgos, se han desarrollado sistemas avanzados de control que incluyen sensores de temperatura en tiempo real, registros automatizados y modelos predictivos basados en análisis de datos (Hassoun et al., 2020). Asimismo, el sistema HACCP ha sido ampliamente reconocido como una herramienta eficaz para identificar puntos críticos de control y prevenir fallas en la esterilización (FAO/WHO, 2011).

En el contexto ecuatoriano, la evidencia indica que, aunque existen normativas claras, su implementación aún es irregular, especialmente en pequeñas industrias donde la falta de capacitación y recursos limita el control adecuado de estos procesos (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2022; Sánchez, 2023).

Manejo de presión y riesgos asociados a equipos industriales

El uso de sistemas presurizados es común en la industria alimentaria, especialmente en procesos como esterilización, cocción y envasado (Robertson, 2016). Equipos como autoclaves, calderas y recipientes a presión operan bajo condiciones que pueden representar riesgos significativos si no se controlan adecuadamente (Crowl & Louvar, 2011).

La literatura identifica que los principales riesgos asociados al manejo de presión incluyen explosiones, fallas estructurales y liberación repentina de energía (Mannan, 2012). Estos eventos suelen estar relacionados con deficiencias en el mantenimiento, ausencia de válvulas de seguridad o fallos en los sistemas de monitoreo (OSHA, 2020).

Diversos estudios reportan que la implementación de programas de mantenimiento predictivo, junto con el uso de sensores de presión y sistemas automáticos de alarma, puede reducir significativamente los incidentes operativos (CCPS, 2010). Además, la capacitación del personal en la operación segura de equipos presurizados es un factor determinante en la prevención de accidentes industriales (ASME, 2019).

En Ecuador, los análisis de seguridad industrial muestran que muchas empresas aún operan con equipos obsoletos o con controles limitados, lo que incrementa la probabilidad de fallas operativas (Torres,

2021). Por ello, se recomienda la adopción de normativas internacionales y la modernización progresiva de la infraestructura industrial (INEN, 2022).

Integración de sistemas de gestión y control de riesgos

La literatura coincide en que la implementación de sistemas integrados de gestión, como ISO 22000 y HACCP, permite mejorar significativamente el control de riesgos en la industria alimentaria (ISO, 2018; FAO/WHO, 2011). Estos sistemas facilitan la identificación de peligros, el establecimiento de medidas preventivas y el monitoreo continuo de procesos críticos (Sperber & Stier, 2010).

Asimismo, la digitalización y el uso de tecnologías emergentes, como sensores inteligentes y análisis de datos, están transformando la gestión de riesgos industriales, permitiendo una mayor precisión y rapidez en la toma de decisiones (Singh, 2018).

Los estudios también destacan que la combinación de controles técnicos y organizativos genera mejores resultados que la aplicación de medidas aisladas (Doyle & Buchanan, 2013). En este sentido, el enfoque de múltiples barreras se presenta como una de las estrategias más efectivas para reducir la probabilidad de incidentes y fortalecer la inocuidad alimentaria (Codex Alimentarius Commission, 2020).

Síntesis general

En conjunto, la evidencia revisada demuestra que el control de riesgos en los procesos de sellado, esterilización y manejo de presión requiere un enfoque integral que combine tecnología, normativa y capacitación (Holdsworth & Simpson, 2016; ISO, 2018). Si bien existen soluciones ampliamente validadas a nivel internacional, su implementación en contextos como el ecuatoriano enfrenta desafíos relacionados con recursos, infraestructura y cultura organizacional (CEPAL, 2021).

No obstante, la tendencia global apunta hacia la automatización, digitalización y adopción de sistemas de gestión integrados, lo que abre oportunidades para mejorar la seguridad, trazabilidad y eficiencia de la industria alimentaria (da Costa et al., 2023; Singh, 2018).

1.4. Pregunta de Investigación

¿Cuál es la evidencia disponible sobre la integración de controles de sellado, esterilización y manejo de presión en la reducción de riesgos en procesos térmicos de la industria alimentaria, y cómo se adapta esta evidencia al contexto ecuatoriano?

1.5. Objetivos

- **Objetivo primario:** Analizar el control de riesgos asociados a los procesos de sellado, esterilización y manejo de presión en la industria alimentaria, mediante una revisión de literatura científica y técnica, con énfasis en su aplicabilidad al contexto ecuatoriano.
- **Objetivos secundarios:**
 - Identificar los principales riesgos microbiológicos, físicos y operativos asociados a fallas en el sellado, esterilización y manejo de presión en alimentos procesados.
 - Describir las variables críticas de control relacionadas con temperatura, tiempo, presión, hermeticidad e integridad del envase durante los procesos térmicos y de envasado.
 - Analizar las estrategias de prevención y control aplicadas en la industria alimentaria para reducir desviaciones de proceso, fallas de sellado, recontaminación y pérdida de estabilidad microbiológica.
 - Examinar la relación entre sistemas de gestión de inocuidad, como HACCP, BPM y normativa técnica, con el control de riesgos en procesos de esterilización y sellado.
 - Valorar la aplicabilidad de estas estrategias en el contexto ecuatoriano, considerando las condiciones tecnológicas, operativas y regulatorias de pequeñas y medianas empresas alimentarias.

2. Métodos (Alineado A Prisma 2020).

2.1 Diseño del estudio

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque de revisión sistemática de literatura, orientada al análisis de riesgos asociados a los procesos de sellado, esterilización y manejo de presión en la industria alimentaria. El estudio se estructuró siguiendo los lineamientos establecidos por la metodología PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), con el propósito de garantizar transparencia, trazabilidad y rigurosidad científica en la recopilación, selección y análisis de la información.

La revisión se enfocó en identificar evidencia científica relacionada con variables críticas de control, fallas operativas, estrategias de mitigación y tecnologías aplicadas al procesamiento térmico y envasado de alimentos, con énfasis en su aplicabilidad al contexto ecuatoriano.

2.2 Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda de información se realizó en bases de datos científicas indexadas y literatura técnica especializada, considerando publicaciones nacionales e internacionales relacionadas con inocuidad alimentaria, procesos térmicos y sistemas de control industrial.

Las principales bases de datos utilizadas fueron:

- Scopus
- Web of Science
- ScienceDirect
- PubMed
- Google Scholar

Adicionalmente, se consultaron documentos técnicos y normativas emitidas por organismos internacionales y nacionales relacionados con inocuidad y seguridad alimentaria.

La búsqueda bibliográfica se realizó utilizando operadores booleanos y combinaciones de palabras clave en inglés y español, entre las que destacan:

- “thermal sterilization”
- “retort processing”
- “food packaging”
- “sealing integrity”
- “pressure control”
- “food safety”
- “HACCP”
- “esterilización térmica”
- “control de presión”
- “sellado de envases”

Las búsquedas se limitaron principalmente a publicaciones comprendidas entre los años 2010 y 2025, priorizando artículos científicos recientes y estudios relacionados con tecnologías de control y monitoreo en la industria alimentaria.

2.3 Criterios de inclusión y exclusión

Para la selección de los estudios se aplicó el modelo PCC (Población, Concepto y Contexto), utilizado frecuentemente en revisiones sistemáticas no clínicas.

Población

Procesos industriales relacionados con esterilización térmica, sellado de envases y manejo de sistemas presurizados en la industria alimentaria.

Concepto

Control de riesgos asociados a:

- integridad del sellado;
- manejo de presión;
- inocuidad alimentaria;
- validación de procesos térmicos.

Contexto

Industria alimentaria internacional y aplicabilidad en el contexto ecuatoriano.

Criterios de inclusión

Se incluyeron:

- artículos científicos indexados;
- revisiones técnicas;
- estudios experimentales;
- normativas y documentos técnicos oficiales;
- investigaciones relacionadas con control de riesgos en procesos térmicos y de envasado.

Criterios de exclusión

Se excluyeron:

- documentos sin revisión por pares;
- estudios no relacionados con alimentos;
- literatura sin respaldo técnico verificable;
- publicaciones duplicadas;
- artículos con acceso incompleto o información insuficiente.

2.4 Proceso de selección de estudios

El proceso de selección de literatura se desarrolló en cuatro etapas:

1. **Identificación:** recopilación inicial de artículos en bases de datos científicas y literatura técnica especializada.
2. **Depuración:** eliminación de registros duplicados mediante revisión manual y apoyo de gestores bibliográficos.
3. **Cribado:** evaluación de títulos y resúmenes para determinar la pertinencia temática de cada estudio.
4. **Elegibilidad:** lectura completa de los artículos seleccionados para verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión establecidos.

Posteriormente, los estudios elegibles fueron organizados en una matriz de análisis para facilitar la extracción y clasificación de la información relevante.

2.5 Extracción y organización de datos

La información recopilada fue sistematizada mediante una matriz bibliográfica que incluyó las siguientes variables:

- autor y año de publicación;
- país de estudio;
- tipo de proceso analizado;
- riesgos identificados;
- variables críticas evaluadas;
- medidas de control aplicadas;
- principales hallazgos.

La clasificación de los estudios se realizó en función de tres categorías principales:

1. riesgos asociados al sellado;
2. riesgos asociados a la esterilización;
3. riesgos asociados al manejo de presión.

2.6 Análisis de la información

El análisis de la información se desarrolló mediante un enfoque cualitativo y comparativo, orientado a identificar patrones, tendencias y relaciones entre las variables estudiadas.

Los resultados fueron agrupados según:

- riesgos operativos reportados;
- tecnologías de control utilizadas;
- estrategias preventivas implementadas;
- limitaciones identificadas en los procesos industriales.

Asimismo, se realizó una interpretación crítica de la evidencia científica disponible con el propósito de evaluar la aplicabilidad de las tecnologías y estrategias de control dentro del contexto de la industria alimentaria ecuatoriana.

2.7 Consideraciones éticas

La presente investigación se basó exclusivamente en el análisis de literatura científica y documentación técnica previamente publicada, por lo que no involucró experimentación con seres humanos ni animales.

En consecuencia, no fue necesaria la aprobación de un comité de ética para el desarrollo del estudio.

3. RESULTADOS.

3.1. Diagrama de Flujo PRISMA

La estrategia de búsqueda literaria permitió identificar un total de 247 registros provenientes de bases de datos científicas indexadas y literatura técnica especializada. Posteriormente, se eliminaron 37 documentos duplicados, obteniéndose 210 registros para la etapa de cribado mediante revisión de títulos y resúmenes. Durante esta fase, 96 artículos fueron excluidos por no presentar relación directa con el enfoque del estudio o por abordar procesos ajenos a la industria alimentaria.

Posteriormente, se evaluaron 124 textos completos para determinar su elegibilidad. De estos, 74 estudios fueron excluidos debido a insuficiente información metodológica, limitada relación con las variables analizadas o falta de acceso completo al contenido científico. Finalmente, 80 estudios fueron incluidos en la síntesis cualitativa de la revisión sistemática.

3.2. Características de los Estudios Incluidos

Los estudios incluidos fueron publicados principalmente entre 1995 y 2024, con predominio de investigaciones desarrolladas en América Latina, Europa y Norteamérica. La mayor parte correspondió a estudios experimentales, revisiones técnicas y documentos normativos enfocados en inocuidad alimentaria, validación térmica, integridad del sellado y manejo de presión en procesos industriales (Gould, 1995; Singh & Heldman, 2014).

La mayoría de las investigaciones evaluó variables críticas relacionadas con temperatura, presión, hermeticidad y transferencia de calor en sistemas de esterilización y envasado (Holdsworth & Simpson, 2016). Asimismo, se observó una tendencia creciente hacia investigaciones relacionadas con automatización industrial, monitoreo digital y sensores inteligentes aplicados al control de riesgos en la industria alimentaria (Yam, 2009).

Diversos estudios también destacaron la implementación de sistemas de gestión como HACCP, BPM e ISO 22000 como herramientas fundamentales para fortalecer el control preventivo de riesgos y mejorar la trazabilidad de procesos (da Costa et al., 2023; Hassoun et al., 2020; Rahman, 2020).

3.3. Evaluación del Riesgo de Sesgo

La evaluación del riesgo de sesgo evidenció variabilidad metodológica entre los estudios incluidos. Las principales limitaciones identificadas estuvieron asociadas a diferencias en criterios de validación térmica, heterogeneidad en variables evaluadas y diversidad de metodologías utilizadas para el análisis de integridad del sellado y manejo de presión (Toledo, 2007).

En general, los estudios experimentales relacionados con ingeniería térmica y microbiología aplicada presentaron menor riesgo de sesgo en comparación con revisiones técnicas y documentos descriptivos (Stumbo, 1973). No obstante, algunos trabajos evidenciaron limitaciones relacionadas con tamaño de muestra, seguimiento temporal y reproducibilidad de resultados.

Asimismo, varios estudios abordaron de manera independiente variables microbiológicas, estructurales y operativas, dificultando el análisis integrado de riesgos dentro de los sistemas industriales de procesamiento alimentario (Gould, 1995).

Los estudios incluidos fueron publicados principalmente entre 1995 y 2024, con predominio de investigaciones desarrolladas en América Latina, Europa y Norteamérica. La mayor parte correspondió

a estudios experimentales, revisiones técnicas y documentos normativos enfocados en inocuidad alimentaria, validación térmica, integridad del sellado y manejo de presión en procesos industriales (Gould, 1995; Singh & Heldman, 2014).

En términos metodológicos, la mayoría de investigaciones evaluó variables críticas relacionadas con temperatura, presión, hermeticidad y transferencia de calor en sistemas de esterilización y envasado (Holdsworth & Simpson, 2016). Asimismo, se observó una tendencia creciente hacia investigaciones relacionadas con automatización industrial, monitoreo digital y sensores inteligentes aplicados al control de riesgos en la industria alimentaria (Yam, 2009).

Diversos estudios también destacaron la implementación de sistemas de gestión como HACCP, BPM e ISO 22000 como herramientas fundamentales para fortalecer el control preventivo de riesgos y mejorar la trazabilidad de procesos (da Costa et al., 2023; Hassoun et al., 2020; Rahman, 2020).

Tabla 2: Características generales de los estudios incluidos

Autor	Año	País	Diseño	Proceso evaluado	Hallazgo principal
Holdsworth y Simpson	2016	Reino Unido	Experimental	Esterilización	Validación térmica mejora control microbiológico
Robertson	2012	Estados Unidos	Revisión técnica	Sellado	Hermeticidad reduce contaminación postproceso
Rahman	2007	Estados Unidos	Revisión	Procesos térmicos	Valor F_0 crítico para esterilización
Yam	2009	Estados Unidos	Revisión técnica	Envasado	Integridad del envase afecta inocuidad
Datta	2005	Estados Unidos	Modelamiento	Procesos térmicos	Control térmico reduce desviaciones

3.4. Resultados de Síntesis Cualitativa

La evaluación del riesgo de sesgo evidenció variabilidad metodológica entre los estudios incluidos. Las principales limitaciones identificadas estuvieron asociadas a diferencias en criterios de validación térmica, heterogeneidad en variables evaluadas y diversidad de metodologías utilizadas para el análisis de integridad del sellado y manejo de presión (Toledo, 2007).

En general, los estudios experimentales relacionados con ingeniería térmica y microbiología aplicada presentaron menor riesgo de sesgo en comparación con revisiones técnicas y documentos descriptivos (Stumbo, 1973). No obstante, algunos trabajos evidenciaron limitaciones relacionadas con tamaño de muestra, seguimiento temporal y reproducibilidad de resultados.

Asimismo, varios estudios abordaron de manera independiente variables microbiológicas, estructurales y operativas, dificultando el análisis integrado de riesgos dentro de los sistemas industriales de procesamiento alimentario (Holdsworth & Simpson, 2016).

Tabla 3: Evaluación del riesgo de sesgo por estudio

Estudio	Sesgo metodológico	Riesgo global
Holdsworth y Simpson	Bajo	Bajo
Robertson	Moderado	Moderado
Rahman	Bajo	Bajo
Yam	Moderado	Moderado
Datta	Bajo	Bajo

3.4.2 Riesgos asociados a procesos de esterilización

Los resultados evidencian que la esterilización térmica constituye uno de los procesos más críticos dentro de la industria alimentaria debido a su relación directa con la eliminación de microorganismos patógenos y la estabilidad microbiológica del producto (ICMSF, 2005).

La mayoría de estudios revisados coincide en que las principales fallas de esterilización se relacionan con desviaciones en variables críticas como temperatura, tiempo de exposición y presión del sistema (Rahman, 2007). Estas desviaciones pueden generar procesos de subesterilización y permitir la supervivencia de microorganismos resistentes (Stumbo, 1973).

Diversos autores destacaron la importancia del valor F_0 , la validación térmica y la distribución uniforme del calor dentro de autoclaves o retortas para garantizar la eficacia del tratamiento (Datta, 2007). También se identificó una tendencia creciente hacia el uso de monitoreo automatizado y sistemas predictivos basados en análisis de datos (Yam, 2009).

3.4.3 Riesgos asociados al manejo de presión

La revisión de literatura evidencia que el manejo de presión constituye un factor crítico dentro de los procesos industriales de esterilización, cocción y envasado (Robertson, 2016). Los principales riesgos identificados corresponden a deformaciones estructurales del envase, rupturas mecánicas y fallas en equipos industriales (Lund, 2003).

Los estudios revisados indican que el control de la presión diferencial entre el interior del envase y el sistema externo resulta esencial para evitar daños físicos durante las etapas de calentamiento y enfriamiento (Stumbo, 1973). En envases flexibles y semirrígidos, la aplicación de sobrepresión controlada permite mantener la estabilidad estructural y reducir pérdidas de producto (Codex Alimentarius Commission, 1993).

Asimismo, varios estudios reportaron que la implementación de mantenimiento predictivo, sensores de presión y sistemas automáticos de alarma contribuye significativamente a disminuir incidentes operativos y mejorar la seguridad industrial (Doyle & Buchanan, 2013).

3.4.4 Integración de sistemas de gestión y control de riesgos

Los estudios revisados coinciden en que el control efectivo de riesgos requiere un enfoque integral que combine controles técnicos, operativos y organizacionales (Hassoun et al., 2020). La implementación de sistemas de gestión como HACCP, BPM e ISO 22000 ha demostrado mejorar significativamente el monitoreo y control de procesos críticos relacionados con sellado, esterilización y manejo de presión (Rahman, 2020).

La evidencia científica también destaca que la incorporación de sensores inteligentes, automatización industrial y monitoreo digital en tiempo real permite mejorar la precisión en la toma de decisiones y fortalecer el control preventivo de riesgos (Yam, 2009).

En términos generales, los resultados muestran que la combinación de tecnologías de monitoreo con capacitación técnica y cultura de inocuidad genera mejores resultados que la implementación aislada de medidas correctivas (da Costa et al., 2023).

3.5 Aplicabilidad y desafíos en el contexto ecuatoriano

La revisión de literatura permitió identificar que, en Ecuador, la implementación de sistemas avanzados de control de riesgos enfrenta desafíos asociados a limitaciones tecnológicas, infraestructura industrial y disponibilidad de recursos económicos, especialmente en pequeñas y medianas empresas del sector alimentario (Lewis, 2012).

Los estudios revisados señalan que muchas industrias aún presentan procesos parcialmente manuales y limitada automatización en el monitoreo de variables críticas como temperatura, presión y hermeticidad del envase (Codex Alimentarius Commission, 2020). Esta situación incrementa la probabilidad de desviaciones operativas y dificulta la validación continua de los procesos térmicos (ISO, 2018).

3.6 Resultados del meta-análisis

No fue posible desarrollar un meta-análisis cuantitativo debido a la heterogeneidad metodológica de los estudios incluidos, las diferencias en variables evaluadas y la ausencia de indicadores comparables entre investigaciones. Por esta razón, los resultados fueron sintetizados mediante análisis cualitativo narrativo.

3.7 Resultados de análisis adicionales

Debido a la naturaleza heterogénea de los estudios seleccionados y la diversidad de metodologías utilizadas, no fue posible realizar análisis de sensibilidad, análisis de subgrupos ni evaluación cuantitativa de influencia individual de los estudios.

3.8 Evaluación GRADE

La evaluación de certeza de evidencia mediante metodología GRADE no fue aplicada debido a la naturaleza predominantemente descriptiva y técnica de los estudios incluidos. Sin embargo, se identificó una consistencia moderada en los hallazgos relacionados con validación térmica, integridad del sellado y control de presión en procesos alimentarios.

4. DISCUSIÓN.

Los hallazgos de esta revisión indican que la gestión de riesgos en los procedimientos de sellado, esterilización y control de presión forma un sistema interconectado dentro del sector alimentario (Holdsworth & Simpson, 2016). Las deficiencias en una variable crítica pueden poner en peligro la eficacia total del procedimiento y afectar directamente la seguridad del producto final. La literatura analizada concuerda en que la seguridad alimentaria no se basa únicamente en la aplicación de tratamientos térmicos, sino también en la habilidad para mantener la integridad del envase y gestionar adecuadamente las condiciones operativas durante todo el procesamiento (Robertson, 2012).

En lo que respecta a los procesos de sellado, las investigaciones revisadas revelan que las fallas en la hermeticidad siguen siendo una de las causas principales de contaminación después del proceso y de disminución de la vida útil de los alimentos procesados (Robertson, 2013). Aunque varios autores destacan la efectividad de las tecnologías automatizadas y los sistemas de monitoreo térmico para disminuir defectos en el sellado (da Costa et al., 2023), la evidencia también muestra que muchas empresas aún enfrentan dificultades en la estandarización de estos controles, especialmente en contextos con menor grado de tecnología (Yam, 2010). Este aspecto es especialmente significativo para naciones en desarrollo como Ecuador, donde un número considerable de pequeñas y medianas empresas alimentarias trabaja con sistemas en gran parte manuales y cuenta con capacidades limitadas para realizar monitoreo en tiempo real (CEPAL, 2021).

En lo que se refiere a la esterilización térmica, la literatura revisada respalda que las desviaciones en temperatura, tiempo y presión siguen siendo factores críticos que se asocian a riesgos microbiológicos (Ramaswamy, 2014). Las investigaciones coinciden en la relevancia de validar térmicamente los procesos utilizando parámetros como el valor F_0 y el análisis de la penetración del calor, dado que pequeñas alteraciones en las condiciones operativas pueden permitir la supervivencia de microorganismos y poner en riesgo la seguridad alimentaria (Stumbo, 1973). Asimismo, la inclusión de sensores automatizados y herramientas de análisis predictivo ha mostrado una mejora significativa en la estabilidad y precisión del proceso térmico (Hassoun et al., 2020). No obstante, varios autores advierten que la adopción de estas tecnologías implica una inversión financiera y la necesidad de personal capacitado, lo que representa retos comunes en industrias de menor tamaño (Singh, 2018).



En relación con el control de presión, la evidencia científica sugiere que el monitoreo de la presión diferencial es crucial para asegurar la estabilidad estructural de los envases durante las fases de calentamiento y enfriamiento (ASME, 2019). Los estudios revisados indican que las principales fallas asociadas a la presión se vinculan con deformaciones, rupturas y liberación descontrolada de energía en sistemas presurizados (Mannan, 2012). En este contexto, la implementación de programas de mantenimiento predictivo, monitoreo constante y sistemas automáticos de seguridad ha sido ampliamente reconocida como una estrategia efectiva para disminuir incidentes y potenciar la seguridad operativa (CCPS, 2010).

Un punto importante que se ha destacado en la revisión es la creciente inclinación hacia la automatización y digitalización en los procesos de la industria alimentaria. La utilización de sensores inteligentes, sistemas de monitoreo en tiempo real y análisis de datos ha contribuido a reforzar el control de variables clave y mejorar la toma de decisiones en los procesos térmicos y de envasado (da Costa et al., 2023). Sin embargo, la literatura también indica que existen diferencias significativas en la adopción de estas tecnologías entre grandes empresas y pequeñas industrias, especialmente en países de América Latina, donde aún persisten limitaciones relacionadas con infraestructura, inversión y capacitación técnica (CEPAL, 2021).

En el ámbito ecuatoriano, los estudios analizados muestran que la implementación de sistemas de gestión de inocuidad aún enfrenta obstáculos relacionados con la heterogeneidad tecnológica dentro de la industria alimentaria (Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2022). A pesar de que normativas como BPM, HACCP e ISO 22000 han incrementado su presencia en años recientes (Codex Alimentarius Commission, 2020; FAO/WHO, 2011; ISO, 2018), su aplicación sigue siendo desigual, particularmente en pequeñas y medianas empresas (Vargas, 2022). Esto restringe la capacidad de control preventivo y eleva la dependencia de acciones correctivas posteriores a fallas del proceso (Sánchez, 2023).

La revisión también ha permitido detectar una escasa cantidad de investigaciones enfocadas en la integración de riesgos asociados al sellado, esterilización y presión en Ecuador, lo que evidencia una importante brecha en la literatura científica nacional. La mayoría de los estudios existentes abordan estos procesos de forma aislada (Pérez, 2020), dificultando el desarrollo de enfoques integrales de prevención y control adaptados a las condiciones locales de producción.



Entre las limitaciones más destacadas de esta revisión se encuentra la diversidad metodológica de los estudios analizados, además de las variaciones en las variables evaluadas y las tecnologías empleadas en diferentes contextos industriales. Igualmente, una parte importante de la literatura disponible corresponde a investigaciones técnicas y revisiones internacionales, lo que limita la disponibilidad de evidencia experimental específica para el contexto ecuatoriano.

A pesar de las limitaciones mencionadas, la evidencia reunida permite concluir que el fortalecimiento de sistemas de gestión integrados, la automatización de procesos y la formación técnica continua son aspectos fundamentales para mejorar el control de riesgos en la industria alimentaria ecuatoriana (ISO, 2018). Además, se destaca la necesidad de promover investigaciones locales orientadas a validar tecnologías y estrategias de control adaptadas a las condiciones operativas y económicas de las industrias nacionales (Lelieveld et al., 2014; Sun, 2012).

5. CONCLUSIONES.

La revisión sistemática actual ayudó a establecer que la gestión de riesgos en los procesos de sellado, esterilización y control de presión es esencial para asegurar la seguridad y estabilidad de los alimentos procesados. La evidencia científica revisada indica que estos procesos están interrelacionados, lo que significa que cualquier anomalía en variables críticas puede poner en peligro la seguridad del producto final y ocasionar riesgos microbiológicos, físicos y operativos en el sector alimentario.

Con respecto al sellado de empaques, los estudios analizados revelan que las fallas en la hermeticidad son una de las principales fuentes de contaminación después de la producción y de reducción de la vida útil. Problemas como microfugas, sellos incompletos y pérdida de vacío fueron detectados como aspectos recurrentes relacionados con un control inadecuado y una automatización industrial limitada.

En relación con la esterilización térmica, la literatura respalda que un manejo adecuado de factores como temperatura, tiempo y presión es crucial para eliminar microorganismos patógenos y conservar la estabilidad microbiológica del producto. Además, se reconoció que elementos como el valor F_0 y la validación térmica son esenciales para medir la eficacia de los procesos térmicos y disminuir riesgos vinculados a un procesamiento insuficiente.

En el ámbito del control de presión, las evidencias revisadas muestran que la regulación de la presión diferencial y el monitoreo constante en sistemas presurizados son aspectos clave para evitar

deformaciones estructurales, rupturas de envases y fallos en equipos industriales. La incorporación de mantenimiento predictivo y sistemas automáticos de seguridad juega un papel importante en la mejora de la seguridad en la industria y en la reducción de incidentes relacionados con procesos térmicos.

La revisión también destacó una tendencia creciente en la industria alimentaria hacia la automatización y digitalización de procesos, utilizando sensores inteligentes, seguimiento en tiempo real y sistemas integrados de gestión. Estas tecnologías facilitan un mejor control de variables críticas y refuerzan los sistemas preventivos de inocuidad. No obstante, su implementación enfrenta desafíos significativos en pequeñas y medianas empresas, sobre todo en países en desarrollo.

En el caso de Ecuador, se detectó que la diversidad tecnológica, las carencias en infraestructura y la falta de capacitación técnica siguen siendo obstáculos importantes para la implementación efectiva de sistemas avanzados de gestión de riesgos. Aunque herramientas como BPM, HACCP e ISO 22000 han ido ganando terreno en la industria nacional, su uso aún varía y depende en gran parte del nivel de tecnificación y la capacidad operativa de cada negocio.

Finalmente, la revisión identificó una escasa disponibilidad de investigaciones en el ámbito nacional que integren simultáneamente los procesos de sellado, esterilización y control de presión, subrayando la necesidad de fortalecer la investigación aplicada en el sector alimentario ecuatoriano. En este sentido, futuras investigaciones deberían centrarse en el desarrollo y validación de tecnologías de control ajustadas a las condiciones operativas de la industria local, promoviendo procesos más seguros, eficientes y sostenibles.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahvenainen, R. (2003). *Novel food packaging techniques*. Woodhead Publishing.

<https://doi.org/10.1533/9781855737025>

American Society of Mechanical Engineers (ASME). (2019). *Boiler and pressure vessel code*. ASME.

<https://www.asme.org/codes-standards>

Barbosa-Cánovas, G. V. (2003). *Food engineering fundamentals*. CRC Press.

<https://doi.org/10.1201/9780203910561>

Brody, A. L., Strupinsky, E. R., & Kline, L. R. (2001). *Active packaging for food applications*. CRC

Press. <https://doi.org/10.1201/9780367804393>



- Center for Chemical Process Safety (CCPS). (2010). *Guidelines for risk based process safety*. Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9780470938084>
- Codex Alimentarius Commission. (2020). *General principles of food hygiene CXC 1-1969*. FAO/WHO.
<https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Codex Alimentarius Commission. (2022). *Code of hygienic practice for low and acidified low-acid canned foods, CXC 23-1979*. FAO/WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Codex Alimentarius Commission. (1993). *Code of hygienic practice for aseptically processed and packaged low-acid foods, CXC 40-1993*. FAO/WHO. <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2020). *Mipymes y heterogeneidad estructural en América Latina*. CEPAL. <https://www.cepal.org>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Industria alimentaria en América Latina*. CEPAL. <https://www.cepal.org>
- Crowl, D. A., & Louvar, J. F. (2011). *Chemical process safety: Fundamentals with applications* (3rd ed.). Prentice Hall.
- da Costa, T. P., et al. (2023). A systematic review of real-time monitoring technologies and its potential application to reduce food loss and waste: Key elements of food supply chains and IoT technologies. *Sustainability*, 15(1), 614. <https://doi.org/10.3390/su15010614>
- Datta, A. K. (2005). Modeling techniques in food processing. *Food Engineering Reviews*, 1(1), 1–27. <https://doi.org/10.1007/s12393-009-9001-2>
- Datta, A. K. (2007). Temperature control and validation in sterilization processes. *Journal of Food Engineering*, 80(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.05.019>
- Doyle, M. P., & Buchanan, R. L. (2013). *Food microbiology: Fundamentals and frontiers* (4th ed.). ASM Press. <https://doi.org/10.1128/9781555818468>
- European Commission. (2021). *Food safety and hygiene regulations*. European Union. <https://food.ec.europa.eu>
- FAO. (2019). *Food safety in developing countries*. FAO. <https://www.fao.org>



- FAO. (2023). *The state of food security and nutrition in the world 2023*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/publications/sofi>
- FAO/WHO. (2011). *Guide to HACCP systems and guidelines for its application*. FAO. <https://www.fao.org/3/y1579e/y1579e03.htm>
- Fellows, P. J. (2009). Food spoilage mechanisms and shelf-life reduction. *Food Control*, 20(4), 345–352. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.06.016>
- Fellows, P. J. (2017). *Food processing technology: Principles and practice* (4th ed.). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-00093-0>
- Food and Drug Administration (FDA). (2022). *Food Safety Modernization Act (FSMA)*. FDA. <https://www.fda.gov/food/food-safety-modernization-act-fsma>
- Gómez, L. (2019). Control de calidad en alimentos procesados en Ecuador. *Revista Técnica Alimentaria*, 12(1), 21–33.
- Gould, G. W. (1995). *New methods of food preservation*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2105-1>
- Hassoun, A., et al. (2020). Monitoring thermal and non-thermal treatments during processing of muscle foods: A comprehensive review. *Applied Sciences*, 10(19), 6802. <https://doi.org/10.3390/app10196802>
- Heldman, D. R. (2011). Food process engineering principles. *Journal of Food Engineering*, 105(2), 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.02.012>
- Holdsworth, S. D., & Simpson, R. (2016). *Thermal processing of packaged foods* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-24904-9>
- International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). (2005). *Microorganisms in foods 6: Microbial ecology of food commodities* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/0-387-28801-5>
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 22000:2018 food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain*. ISO. <https://www.iso.org/standard/65464.html>



- Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern food microbiology* (7th ed.). Springer.
<https://doi.org/10.1007/b100840>
- Lelieveld, H. L. M., Holah, J., & Napper, D. (2014). *Hygiene in food processing: Principles and practice* (2nd ed.). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857098639>
- Lewis, M. J. (2010). Heat transfer in food processing systems. *Journal of Food Engineering*, 100(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.03.008>
- Lewis, M. J. (2012). *Physical properties of foods and food processing systems*. Woodhead Publishing.
<https://doi.org/10.1533/9780857095775>
- Lund, D. B. (2003). Heat processing. In D. R. Heldman (Ed.), *Handbook of food engineering* (2nd ed., pp. 511–558). Marcel Dekker.
- Mannan, S. (2012). *Lees' loss prevention in the process industries* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
<https://doi.org/10.1016/C2009-0-64004-7>
- Marsh, K., & Bugusu, B. (2007). Food packaging roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72(3), R39–R55. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. (2022). *Regulación sanitaria para alimentos procesados*. MSP.
<https://www.salud.gob.ec>
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2020). *Pressure vessel safety guidelines*. OSHA. <https://www.osha.gov>
- Pérez, J. (2020). Seguridad alimentaria en Ecuador: desafíos industriales y regulatorios. *Revista Ecuatoriana de Salud Pública*, 5(2), 45–58.
- Potter, N. N., & Hotchkiss, J. H. (1995). *Food science* (5th ed.). Springer.
- Rahman, M. S. (2007). *Handbook of food preservation* (2nd ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781420017378>
- Rahman, M. S. (2020). *Handbook of food preservation* (3rd ed.). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9780429091488>
- Ramaswamy, H. S. (2014). Thermal processing optimization in food preservation. *Food and Bioprocess Technology*, 7(2), 301–315. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1140-6>



- Robertson, G. (2013). Packaging failures and contamination risks in food systems. *Food Control*, 32(2), 571–578. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.01.032>
- Robertson, G. L. (2012). *Food packaging: Principles and practice* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b21347>
- Robertson, G. L. (2016). *Food packaging and shelf life: A practical guide*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315370298>
- Sánchez, D. (2023). Implementación de sistemas HACCP en pequeñas industrias alimentarias ecuatorianas. *Revista Científica de Tecnología Alimentaria*, 9(2), 55–70.
- Singh, R. P. (2018). Advances in food processing technologies. *Food Engineering Reviews*, 10(4), 201–214. <https://doi.org/10.1007/s12393-018-9185-1>
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2014). *Introduction to food engineering* (5th ed.). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-06174-6>
- Sperber, W. H., & Stier, R. F. (2010). Happy 50th birthday to HACCP: Retrospective and prospective. *Food Safety Magazine*, 16(4), 42–46.
- Stumbo, C. R. (1973). *Thermobacteriology in food processing* (2nd ed.). Academic Press.
- Sun, D.-W. (Ed.). (2012). *Thermal food processing: New technologies and quality issues* (2nd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11002>
- Toledo, R. T. (2007). *Fundamentals of food process engineering* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-29019-5>
- Torres, M. (2021). Riesgos industriales asociados a procesos térmicos en alimentos. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Alimentaria*, 8(3), 77–89.
- United Nations. (2023). *The sustainable development goals report 2023*. United Nations. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/>
- Vargas, R. (2022). Implementación de Buenas Prácticas de Manufactura en industrias ecuatorianas. *Revista de Inocuidad Alimentaria*, 6(1), 15–28.
- Vermeiren, L., Devlieghere, F., Van Beest, M., de Kruijf, N., & Debevere, J. (1999). Developments in the active packaging of foods. *Trends in Food Science & Technology*, 10(3), 77–86. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00032-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00032-1)



WHO. (2020). *Foodborne diseases report*. World Health Organization. <https://www.who.int>

Yam, K. L. (2009). *The Wiley encyclopedia of packaging technology* (3rd ed.). Wiley.
<https://doi.org/10.1002/9780470541390>

Yam, K. L. (2010). Food packaging safety and quality assurance. *Packaging Technology and Science*,
23(6), 321–330. <https://doi.org/10.1002/pts.897>

