



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Luz ultravioleta para la inactivación microbiológica en alimentos
orgánicos: Revisión sistemática 2017-2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR:

Vargas Toala, Edson Aaron (orcid.org/0000-0002-0609-4058)

ASESOR:

M.Sc. Quijano Pacheco, Wilber Samuel (orcid.org/0000-0001-7889-7928)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi principal motor de superación a lo largo de todo mi quehacer académico. Además de haberme acompañado en todo momento y ayudarme a discernir acerca de las cosas que realmente valen la pena alcanzar.

AGRADECIMIENTO

A mi querido docente el M.Sc. Wilber Samuel Quijano Pacheco, quien gracias a sus conocimientos y paciencia me ha podido orientar en el noble camino de la investigación, ayudándome a estar más cerca de lograr mis objetivos profesionales.

Índice de contenidos

| | |
|---|------|
| Carátula..... | i |
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de tablas..... | v |
| Índice de ilustraciones..... | vi |
| Índice de figuras..... | vii |
| Resumen..... | viii |
| Abstract..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 4 |
| III. METODOLOGÍA..... | 25 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 25 |
| 3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística..... | 26 |
| 3.3. Escenario de estudio..... | 27 |
| 3.4. Participantes..... | 27 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 28 |
| 3.6. Procedimiento..... | 29 |
| 3.7. Rigor científico..... | 31 |
| 3.8. Método de análisis de información..... | 31 |
| 3.9. Aspectos éticos..... | 32 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 33 |
| 4.1 Tipo de luz..... | 34 |
| 4.2 Tiempos de exposición..... | 41 |
| 4.3. Alimento orgánico inoculado..... | 47 |
| V. CONCLUSIONES..... | 53 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 54 |
| REFERENCIAS..... | 55 |
| ANEXOS..... | 68 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Antecedentes de investigación | 4 |
| Tabla 2: Matriz de categorización apriorística | 26 |
| Tabla 3: Categoría "Tipo de luz UV" | 34 |
| Tabla 4: Categoría "Tiempos de exposición" | 41 |
| Tabla 5: Categoría "Alimento orgánico inoculado" | 47 |

Índice de ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1: El espectro electromagnético..... | 21 |
| Ilustración 2: Espectro de luz..... | 22 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Procedimiento de selección de artículos | 29 |
| Figura 2: Porcentaje del tipo de luz UV | 40 |
| Figura 3: Rangos temporales de los tiempos de exposición | 45 |
| Figura 4: Porcentaje de alimento orgánico inoculado | 52 |

RESUMEN

En este estudio se analizaron artículos científicos referidos a la aplicación de luz ultravioleta para la inactivación microbiológica en alimentos orgánicos, considerando publicaciones entre los años 2017 al 2021. Los objetivos que se plantearon fueron: i) Identificar los tipos de luz UV empleados en la inactivación microbiológica de alimentos orgánicos; ii) Determinar los tiempos de exposición de luz UV empleados en la inactivación microbiológica de alimentos orgánicos y iii) Identificar los principales alimentos orgánicos inoculados para la inactivación por luz UV. Metodológicamente, este estudio fue tipo aplicado, enfoque cualitativo y diseño narrativo. Obteniendo como resultados que, el tipo de luz UV más utilizado en las investigaciones revisadas fue el UV-C, presente en el 78% de los casos. El rango temporal más utilizado en las investigaciones fue de 5 min - 9 min, presente en el 41% de los casos. Finalmente, el grupo de alimentos orgánicos inoculados con el que más se trabajó en los estudios analizados fue el de las frutas, presente en el 41% de los casos. Como conclusiones de la investigación se tienen que, la luz UVC es la más eficaz en la inactivación de microorganismos en jugos de fruta y verduras, el rango temporal de exposición de luz UV más empleado es de 5 a 9 minutos, y los alimentos inoculados más empleados en las investigaciones son las frutas.

Palabras clave: Luz UV, irradiación UV, descontaminación, inactivación microbiológica, alimentos orgánicos inoculados.

ABSTRACT

In this study, scientific articles referring to the application of ultraviolet light for microbiological inactivation in organic foods were analyzed, considering publications between the years 2017 and 2021. The objectives that were raised were: i) Identify the types of UV light used in the microbiological inactivation of organic foods; ii) Determine the UV light exposure times used in the microbiological inactivation of organic foods and iii) Identify the main organic foods inoculated for inactivation by UV light. Methodologically, this study was applied type, qualitative approach and narrative design. The type of UV light most used in the research reviewed was UVC, present in 78% of cases. The time range most used in the investigations was 5 min - 9 min, present in 41% of the cases. Finally, the group of inoculated organic foods with which most work was done in the analyzed studies was that of fruits, present in 41% of the cases. As conclusions of the research, UVC light is the most effective in the inactivation of microorganisms in fruit and vegetable juices, the most used time range of UV light exposure is 5 to 9 minutes, and the inoculated foods more used in the investigations are the fruits.

Keywords: UV light, UV irradiation, decontamination, microbiological inactivation, inoculated organic foods.

I. INTRODUCCIÓN

En la presente revisión sistemática se indagará en la eficiencia que tiene la luz ultravioleta (UV) para la inactivación de elementos microbiológicos en alimentos orgánicos, dado que tales elementos representan un problema principalmente en países en proceso de desarrollo como es el Perú, donde la población está expuesta a consumir alimentos con presencia de microorganismos que ponen en peligro su salud. Para esta revisión se indagará en diversos artículos científicos, de revistas en cuartil Q1 y Q2, cuyo contenido verse sobre la aplicación de la luz UV para contrarrestar organismos microbiológicos, cuya fecha de publicación se encuentre entre los años 2017 al 2021. Con lo que se pretende aportar información sobre la eficacia de la referida tecnología y con ello aportar información sobre este novedoso tema, que pueda ser empleada en futuras investigaciones (Yepes et al., 2021).

En cuanto a la descripción de la realidad problemática, cabe indicar que, para poder subsistir el hombre requiere cumplir con una serie de necesidades básica, dentro de las cuales es la alimentación quizá la más importante, sin embargo, esta actividad vital puede estar obstaculizada por la presencia de elementos contaminantes de los alimentos, siendo los microorganismos uno de los más dañinos según la prevalencia de enfermedades que viene ocasionando, algo de lo que ni siquiera los alimentos orgánicos se salvan, pues estos pueden estar contaminados por diferentes tipos de microorganismos (Centros para el Control y Prevención de Enfermedades, 2020).

Esta situación representa un problema a nivel internacional, como sucede en los Estados Unidos, donde agentes infecciosos como el norovirus, salmonella, echerichia coli y campylobacter han propiciado numerosos brotes en la población, presentándose principalmente en los consumidores de frutas y verduras, atentando drásticamente contra su salud (Callejón et al., 2015). Algo similar se advierte en Sudáfrica, donde entre el año 2017 y 2018 se registraron 1060 casos de listeriosis por consumo de carne de los cuales 216 tuvieron un desenlace fatal (Organización Mundial de la Salud, 2020).

Además, las enfermedades diarreicas ocasionadas por la presencia de microbios afectan cada año a 220 millones de niños de los cuales 96 mil casos terminan en

muerte (OMS, 2020). Otro dato referencial es que de 600 millones de personas que habitan el planeta, casi una de 10 enferma luego de ingerir alimentos contaminados y por dichas causas mueren 420 mil personas anualmente que aporta la (OMS, 2020). Asimismo, en el resto del continente americano cada año un estimado de 77 millones de personas padece un episodio de enfermedad transmitida por alimentos la (OMS, 2020).

Esta situación problemática también se puede apreciar a nivel nacional, debido a la falta de sensibilización de la población en temas de inocuidad de alimentos y estrategias preventivas de enfermedades alimentarias (Ministerio de Salud del Perú, 2021). Asimismo, el problema de las enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) puede acarrear enfermedades como diarreas, e incluso el cáncer, poniendo en peligro a la población en riesgo como niños, ancianos y mujeres embarazadas (Dirección General de Salud, 2015). Todos los días se registran casos de personas que acuden a los centros de salud debido a haber contraído enfermedades por el consumo de alimentos o agua contaminadas con la presencia de microorganismos (Gobierno del Perú, 2015).

Cabe agregar que, a nivel local tal situación sigue constituyendo un problema, pues las enfermedades diarreicas agudas (EDA) vienen en incremento en la población moqueguana, pues la tasa de incidencia ha pasado de 81 casos a más de 101 casos por semana (Gerencia Regional de Salud de Moquegua, 2017). Asimismo, en un lapso de 5 meses se ha llegado a registrar 1984 atenciones por enfermedades diarreicas; por lo cual es recomendable la práctica de estrategias destinadas a la erradicación de la amenaza microbiana en los productos orgánicos (GERESA, 2017).

Por todo lo antes mencionado, queda en evidencia que el problema que se pretende abordar en esta revisión sistemática es un problema real, que viene azolando a los sectores vulnerables de la población a nivel internacional, nacional y local. Siendo necesario indagar en nuevas alternativas de solución para el problema advertido, y así colaborar en su solución, más aún al indagarse en alternativas novedosas como el empleo de la luz ultravioleta.

Se plantea como problema general: ¿Cómo es la luz ultravioleta para la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos?; Así como los problemas específicos: i) ¿Cuáles con los tipos de luz ultravioleta empleados en la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos?, ii) ¿Cuáles son los tiempos de exposición de luz UV empleados en la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos? y iii) ¿Cuáles son los alimentos orgánicos inoculados para el empleo de la luz UV?

Además de lo antedicho, es menester acotar que, la presente investigación se justificó teóricamente, ya que gracias a la compilación de información que obtuvo, permitió ampliar el marco de conocimientos sobre nuevas formas de combatir la presencia de microorganismos en alimentos orgánicos. Además, esta investigación se justificó económicamente, pues el empleo de la tecnología UV permite aprovechar los rayos de luz solar que son gratuitos e ilimitados resultando de acceso libre para la población. De igual forma, esta investigación contó con una justificación ambiental, pues el método de inactivación microbiana mediante rayos UV es un tratamiento amigable con el medio ambiente, ya que no produce efectos perjudiciales para el entorno. Además, se justificó metodológicamente, pues del análisis de las diversas investigaciones sobre la inactivación microbiana por rayos UV, permitió tener una mejor idea de cuál de sus variaciones posibilita los mejores resultados y es aplicable para el tratamiento de productos orgánicos.

El objetivo general es: Evaluar la luz ultravioleta en la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos; Además los objetivos específicos son: i) Identificar los tipos de luz UV empleados en la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos; ii) Determinar los tiempos de exposición de luz UV empleados en la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos y iii) Identificar los alimentos orgánicos inoculados para el empleo de la luz UV.

II. MARCO TEÓRICO

En este estudio de revisión sistemática se recabó información previa proveniente de bases de datos de publicaciones científicas como: Scielo, Science Direct y Google Scholar, con periodos de publicación situados entre los años 2017 – 2021, mismas que sirvieron para tener una adecuada comprensión del tema, previa a la elaboración metodológica.

Tabla 1: Antecedentes de investigación

| N° | Autor (año), revista, volumen, número, pag. | Objetivo | Metodología | Conclusiones | Resultados | Link |
|----|---|---|---|---|--|---|
| 1 | Baykuş et al., (2021), Innovative Food Science & Emerging Technologies . Volumen 67. Pag 102572 | Su objetivo fue evaluar el efecto de longitudes de onda únicas (280 y 365 nm) y múltiples (280/365nm) sobre la calidad microbiana y los atributos fisicoquímicos y fitoquímicos de bebidas mixtas | Fue un estudio experimental, en el cual se midieron los efectos de una variable independiente en otra dependiente | El tratamiento UV a 280 y 280/365 nm dio como resultado reducciones logarítmicas más altas que el tratado a 365 nm y las eficiencias de inactivación de 280 y 280/365 nm no fueron significativamente diferentes. | -La irradiación UV-LED con 280/365 nm acoplados por 40 min resultó la inactivación más alta en E. coliK12 (>4 log) -La inactivación de K12 por UV-LED a 365 y 280nm fue de 1.38log y de 3.4log CFU/mL respectivamente, ambos a una potencia de 77,16 mJ/cm ² , ambos durante 100 min -La inactivación UV a 280 y 280/365nm en combinación, dio como resultado una reducción de 3,73 ± 0,13 log CFU/mL y 3,55 ± 0,35 | https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102572 |

| | | | | | | |
|---|--|--|---|---|---|---|
| | | (MB) recién formuladas | | | log CFU/mL respectivamente, con una potencia de 46,30 Mj/cm ² , ambos durante 60 min. | |
| 2 | Guerrero y Ochoa (2021). Innovatide Food Processing Technologies . Pag 210-226 | Su objetivo fue proporcionar una visión general del efecto de la luz UV-C en bebidas de frutas. | Una investigación de revisión bibliográfica, con diseño narrativo. Fue un estudio experimental, en el cual se midieron los efectos de una variable independiente en otra dependiente Donde se cubrirán los efectos de la luz UV-C sobre microorganismos, enzimas, características fisicoquímicas, sensoriales y antioxidantes en bebidas de frutas. | Concluyeron que la luz UV-C es una novedosa tecnología no térmica factible para la pasteurización de bebidas hechas a partir de frutas, ya que en la mayoría de las bebidas estudiadas, la reducción microbiana fue satisfactoria, además que los daños a los atributos de calidad fueron menores a los producidos por tratamientos térmicos. | En el jugo de manzana se aplicaron 24,9 mJ/cm ² y 7,7 kJ/L obteniendo una reducción logarítmica de > 5 y 6 respectivamente en la inactivación de e. coli, además utilizando 2,7 mJ/cm ² se logró una reducción de 4.8–5.8 en L. Innocua -En jugo de uva se aplicó 19 mJ/cm ² para la reducción de E.coli logrando una reducción logarítmica de 5.1 -En zumo de naranja aplicando 2,2 J/cm ² para la reducción de E.coli se logró una reducción de 5.0 | https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22937-5 |
| 3 | Kim y Song, (2017), Food Control, volumen 71, 1 de enero de 2017, 371-375 | Su objetivo del estudio es determinar la eficacia del dióxido de cloro, ácido fumárico y luz ultravioleta-C para inactivar Escherichia coli O157:H7 y Listeria | Un estudio experimental, donde se inoculo, cada suspensión (25 ml) de L. monocytogenes o E. Coli Se añadió O157:H7 | Concluyeron que el tratamiento luz UV-C puede ser una tecnología útil para mejorar la seguridad microbiológica de las ciruelas. | El tratamiento con 10 kJ/m ² UV-C disminuyó la población de L. monocytogenes en 1,62 log CFU/g y la población de E. Coli en 2,07 log CFU/g | https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.022 |
| 4 | Seok y Ha, (2021), Food Control, Volumen 124, 1 de junio de | Su objetivo fue identificar el mecanismo del efecto letal sinérgico inducido por el tratamiento | Estudio de tipo aplicado y diseño experimental | En conclusión, el tratamiento de UVA y CA tiene un gran efecto bactericida contra E. coli, S. Typhimurium, y L. | Después de 90 min de tratamiento solo con UV-A, el E. coli O157:H7, S. tiphimurium, L. monocytogenes los recuentos se redujeron en 1,76, 1,15 y 1,66 log ₁₀ UFC/g, respectivamente | https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107861 |

| | | | | | | |
|---|--|---|---|---|---|---|
| | 2021, 107861 | combinado UVA-CA. | | monocytogenes sobre queso en lonchas sin afectar los atributos de calidad. Especialmente contra L. monocytogenes sobre queso en lonchas y en PBS. | | |
| 5 | Green et al., (2021), Innovative Food Science & Emerging Technologies, Volumen 64, 1 de Agosto de 2020, 102410 | El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de los tratamientos UV-C y las lámparas de mercurio a baja presión en la inactivación de e. coli y listeria monocytogenes. | Fue un estudio experimental para comprobar la eficacia de un dispositivo luz uv-c combinado con el tratamiento de lámparas de mercurio a baja presión. | Concluyeron que las altas reducciones de L. Monocytogenes y E. coli son mayores cuando ambos tratamientos se combinan que en la aplicación individual de estos. | UV-C asistida 0,5 kJ/m2 logro reducir la L. Innocua poblaciones un 2.4 log10 UFC/g | https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102410 |
| 6 | Choi et al., (2017), LWT-Food Science and Technology, Volumen 85, par A, 1 de noviembre de 2017, 110-120 | Su objetivo fue examinar los efectos UV-C, la suplementación con GSE y las condiciones de almacenamiento super enfriadas en dongchimi; además de evaluar la calidad microbiológica. | Fue un estudio experimental donde los lotes a escala de laboratorio de dongmichi fueron preparados de acuerdo con los métodos de Jung et al. (2013) y Kim et al. (2012) con algunas modificaciones, y con ingredientes locales. | Concluyeron que la combinación de UV-C redujo significativamente la población inicial de bacterias aeróbicas totales en dongchimi. | Las poblaciones de bacterias aerobias totales en dongchimi jugos irradiados con 2 y 4 kJ/m2 UV-C disminuyó significativamente (pag <0,05). No hubo diferencia significativa (pag >0.05) en la disminución de bacterias aeróbicas totales en dongchimijugo a dosis de radiación de 6, 8 y 10 kJ/m2, lo que indica que los aumentos en la dosis de radiación no tuvieron un efecto de inactivación adicional. | https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.011 |
| 7 | Pagal y Gabriel, (2020), LWT, Volumen 126, 1 de mayo de | En este estudio, se buscó analizar la inactivación UV-C combinada con el calor suave contra la E.coli. | Fue una investigación experimental, se realizaron estudios de inactivación para determinar los parámetros | Concluyeron que el UV-C reduce efectivamente P. expansion poblaciones en superficies de frutas frescas; sin embargo, la eficacia del tratamiento | En zumo de naranja al aplicarse 2,2 J/cm2 se obtuvo una reducción logarítmica de 5.0 en E. Coli | https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109295 |

| | | | | | | |
|----|---|--|---|---|--|---|
| | 2020, 109295 | | cinéticos necesarios para el establecer diferentes procesos individuales y combinados. | depende de la morfología de la superficie del fruto. | | |
| 8 | Roig-Sagués, et al., (2018), LWT, Volumen 89, 1 de marzo de 2018, 566-571 | Su objetivo fue investigar la viabilidad de los tratamientos con luz UV-C para descontaminar la miel con el fin de aumentar su seguridad | Un estudio experimental, el equipo utilizado para el tratamiento UV-C estuvo compuesto por un depósito de 2 L de capacidad, una bomba peristáltica y un reactor UV-C de 254 nm. | Concluyo que los tratamientos UV-C tienen el potencial de reducir eficazmente las esporas de moho en la superficie de los frutos cítricos | EL UV-C con una dosis de 14,4 J/mL logro una reducción de 5 y 2.7 Log10UFC/g en E. Coli y de Bacillus subtilis respectivamente. - Cuando se aplico la dosis de 18 J/mL alcanzo una reduccion de 2.5 Log10 en la inactivación de Bacillus subtilis. | https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.010 |
| 9 | Preetha et al., (2021). Food Control. Volumen 121. Marzo 2021. Pag 107547 | El presente estudio tuvo como objetivo investigar el efecto del tratamiento con PL en la inactivación de E. coli presente en diferentes matrices alimenticias | Estudio experimental, se investigó utilizando un modelo de laboratorio de luz pulsada de flujo continuo con un caudal fijo de 100 ml/s y los datos experimentales se ajustaron con diferentes modelos de inactivación | Concluyeron en que la tecnología PL es un tratamiento térmico muy eficaz para la pasteurización de alimentos líquidos. Además, en estudios futuros deberían investigar la tecnológica combinada para una mayor inactivación microbiana. | Se determinó una reducción logarítmica en la inactivación de E. Coli máxima de 4,0, 4,5 y 5,33 en jugo de naranja, piña y agua de coco tierna, respectivamente, cuando se trataron con dosis de luz uv de 95,2 J/cm ² , que sigue la recomendación de la FDA. | https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107547 |
| 10 | Jeong y Ha, (2019), Food Control, Volumen 106, 1 de diciembre de 2019, 106698 | Su objetivo fue investigar los efectos letales y subletales de los tratamientos con PL en función de la dosis de energía y las propiedades de absorción de dos jugos de frutas | Un estudio experimental. Se instaló un sistema PL de flujo continuo a escala de laboratorio para los experimentos, utilizando una lámpara de flash de xenón que emite luz de alta intensidad en el rango de 100 a 1100 nm | Concluyeron que, con un diseño adecuado de PL, incluyendo el reactor y el sistema de refrigeración, podría permitir minimizar la acumulación de temperatura durante el tratamiento de pulsos, así como mejorar la homogeneidad del | Se realizo un tratamiento combinado de UV-A con Acido aceitico (AA), el mismo que tuvo como resultado reducciones de 3,50, 3,29 y 4,30 log CFU/mL en E. coli O157:H7, S. Typhimurium, y L. monocytogenes, respectivamente. | https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.024 |

| | | | | | | |
|----|---|---|--|---|--|---|
| | | inoculados con Gram-positiva y Gram-negativa. | | tratamiento asegurando que todos los elementos del fluido reciban la misma dosis de energía. | | |
| 11 | Pedrós-Garrido et al., (2018), Innovative Food Science y Emergin Technologies, Volumen50, 1 de diciembre de 2018, 124-131 | Su objetivo fue evaluar el efecto de UV-C y PL en la microbiota típico del salmón con el fin de identificar el microorganismo más resistente a ambas tecnologías y evaluar su eficacia de descontaminación en superficies como polietileno y acero inoxidable | Un estudio experimental en donde los tratamientos UV-C y PL de las superficies de contacto se llevaron a cabo, se calcularon las distancias a la fuente de luz y las dosis de energía aplicadas. Para PL, se dieron intervalos de 2 s para evitar el exceso de temperatura | Concluyeron que con el tratamiento de UV-C, la reducción máxima de <i>L. Monocytogenes</i> logrado fue 2 log ciclos, incluso en la dosis más alta | Concluyeron que la reducción logarítmica máxima para ambos <i>E. coli</i> y <i>S. typhimurium</i> fue de $4,1 \pm 0,1$ después de 30 min de tratamiento con luz UV-C a 30,33 mL/s. La luz UV-C afectó los parámetros de color de la leche de coco. Los compuestos fenólicos disminuyeron y la actividad antioxidante apenas cambió por el tratamiento con luz UV-C. | https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.07.001 |
| 12 | Narra et al., (2021) | Este estudio tuvo como objetivo evaluar el rendimiento de un sistema que combina radiación UV-C y luz IR modulada secuencialmente con ozono, desarrollado en nuestro trabajo anterior. | Estudio experimental. Las muestras secas de OF y BP se expusieron a diferentes tratamientos individuales: ozono, UV, IR y combinaciones de los 3 tratamientos. Los | Se concluyó que las reducciones logarítmicas de UV-C fueron de 3, | La luz UV-C reduce efectivamente <i>E. coli</i> O157:H7 (hasta 2,9 log CFU/g a menos de 1 kJ/m ²) y <i>L. monocytogenes</i> (hasta 1,6 log CFU/g a 3,75 kJ/m ²) en frutas con superficies lisas. . No fue posible lograr una reducción logarítmica de 2,0 de <i>E. coli</i> O157:H7 y <i>L. monocytogenes</i> en superficies de frambuesa y melón con luz UV-C de 11,9 kJ/m ² . | https://doi.org/10.1016/j.eliyon.2021.e07259 |
| 13 | Rosario et al., (2021), Meat Science, Volumen | Su objetivo fue probar el efecto de la luz UV-C (0.01–0.64 J/cm ²) (UV) y tratamiento | Fue un estudio experimental, las concentraciones de LA se obtuvieron mezclando el ácido | Concluyendo que el tratamiento combinado de UV-C a dichas dosis y 40 mg/L PAA mejoró la eficacia del | Se logró una reducción de 1,3 log ufc/g usando 0,36 J/cm ² de UV en inactivación de <i>Typhimurium</i> | https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108308 |

| | | | | | | |
|----|--|---|--|---|--|---|
| | 172, 1 de febrero de 2021, 108308 | combinado de ácido láctico (0,1–12,9 %) (LA) en lonchas de lomo curado en seco brasileño para la reducción de Salmonella Typhimurium, | orgánico al 90% con agua destilada estéril en cada una de las proporciones de trabajo dev/v (volumen final de 100 mL). Posteriormente, se añadió solución de LA en diferentes puntos de la superficie de cada BDL y se esparció con un mango esterilizado. | tratamiento individual. en la inactivación de patógenos en las soluciones de proceso. | | |
| 14 | Holck et al., (2018), Innovative Food Science y Emerging Technologies , Volumen 50, 1 de diciembre de 2018, 1-10 | Su objetivo fue determinar la efectividad del tratamiento UV-C en la desactivación de Listeria Monocytogenes en filetes de salmón crudo y ahumado. | Una investigación experimental, los filetes de salmón fresco y ahumado se obtuvieron de un procesador de salmón y productor local, 20 µl de L. monocytogenes se extendieron en la superficie del salmón con un esparcador de plástico estéril. | Concluyeron que la luz UV es una tecnología prometedora para la inactivación de patógenos en alimentos frescos como el pescado, donde tuvo resultados satisfactorios. | La luz UV-C durante 3,75 seg a 0,6 J/cm2, obteniendo Reducciones de L. monocytogenes en salmón ahumado fueron 0,7 | https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.007 |
| 15 | Ferrario et al., (2018). Food Chemistry Volumen 212, noviembre de 2017, páginas 213-225 | Su objetivo fue investigar el efecto del tratamiento UV-C asistido por un tratamiento térmico suave (UV-C/H) sobre la respuesta de algunos microorganismos inoculados en una mezcla de jugo | Fue un estudio experimental en el que se incorporó un tratamiento térmico suave a la luz UV para la inactivación de microorganismos perjudiciales. | Concluyendo en que el UV-C asistido por un tratamiento térmico suave (40mi50-C), es una combinación potencial para potenciar la eficacia de inactivación en un zumo recién exprimido. | El uso de UV-C asistido por un tratamiento térmico suave mejoró notablemente la inactivación en comparación con solo UV-C. Efectos de inactivación sinérgicos en E. coliy P. fluorescensse observaron en UV-C/H combinada (45 y 50-C), obteniendo una reducción logarítmica de 6.0 para ambos patógenos. | https://doi.org/10.1016/j.foodeng.2017.06.005 |

| | | | | | | |
|----|---|---|---|---|--|---|
| | | de zanahoria y naranja. | | | | |
| 16 | Corrêa et al., (2020). Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. Volumen 30 de junio de 2020, 101678 | Su objetivo fue evaluar la luz UV-C y el PDI mediado por curcumina para la descontaminación de carne (res, pollo y cerdo) y frutas (manzana). | Fue un estudio experimental. Este estudio evaluó la luz ultravioleta-C (UV-C) y la inactivación fotodinámica (PDI) mediada por curcumina para la descontaminación de carne y frutas | Concluyeron que la radiación UV-C y la PDI mediada por curcumina tuvieron un efecto antimicrobiano en los alimentos en las condiciones analizadas y, por lo tanto, pueden ser técnicas útiles para reducir E. coli y S. aureus niveles de contaminación en la superficie de carnes y frutas. | UV-C redujo el número de E. Coli en carne de res por (1.0 ± 0.2) log ₁₀ UFC/mL después de 5 min de exposición. -En pollo y cerdo, el número de E. coli se redujeron en $(1,6 \pm 0,7)$ log ₁₀ UFC/ml y $(1,6 \pm 0,4)$ log ₁₀ UFC/mL después de 4 y 10 min de irradiación, respectivamente. -En manzana las reducciones fueron $(3,2 \pm 0,4)$ y $(3,8 \pm 0,2)$ log ₁₀ CFU/mL después de 5 y 10 min de irradiación UV-C, respectivamente. | https://doi.org/10.1016/j.jpdpdt.2020.101678 |
| 17 | Ortiz-Solà et al., (2021). Postharvest Biology and Technology. Volumen 174, abril de 2021, 111447 | Su objetivo fue, investigar la eficacia de las tecnologías (DUVC y WUVC) a diferentes tiempos de exposición para la inactivación de S. enterica, y L. monocytogenes en fresas, y determinar la eficacia de las lámparas UV-C en la desinfección del agua de lavado. | Estudio experimental. Se evaluó la eficacia de la estrategia de luz ultravioleta C asistida por agua (WUVC) como alternativa a la desinfección con cloro y se comparó con la tecnología seca 'convencional' (DUVC) para la inactivación de Salmonella entérica, Listeria monocytogenes y norovirus murina (MNV-1) en fresas | Concluyendo que el tratamiento WUVC es una buena alternativa a la desinfección con cloro, siendo útil para reducir L. monocytogenes, S. entérica y MNV-1 en fresas inoculadas. Además, WUVC en dosis bajas no generó subproductos tóxicos y permitió la reutilización del agua de proceso, lo que permitió un ahorro en el consumo de agua. | Después de 2 minutos de exposición, tratamiento WUVC es efectivamente inactivando S. enterica, mejorando la eficacia de UV-C seco (DUVC) por 1.2 log. -Después de 5 min, el tratamiento WUVC causó altas reducciones de S. entérica cuenta con fresas $(4.1 \pm 0,2)$ log), mejorando la eficacia de lavado de control de agua por 1,5 log. | https://doi.org/10.1016/j.pstharvbio.2020.111447 |
| 18 | Nicolau-Lapeña et al., (2021). International Journal of Food Microbiology. | Su objetivo fue evaluar la luz UVC 254nm en la inactivación de microorganismos de interés seleccionados (E. | Estudio experimental. La inactivación de Escherichia coli, Salmonella entérica y Listeria monocytogenes fue evaluada bajo diferentes intensidades | Concluyendo en que, a causa de las tendencias de consumo en los mercados, el zumo fresco y prensado en frío en Europa está aumentando. Sin embargo, existe una preocupación en | Las reducciones finales oscilaron entre $3,3 \pm 0,5$ y $5,3 \pm 0,4$ unidades logarítmicas para cascara y jugo de manzana respectivamente. | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109535 |

| | | | | | | |
|----|--|--|---|---|---|---|
| | Volumen 364, 2 de marzo de 2022 , 109535 | coli,S. entericay L. monocytogenes) en jugos de manzana. | de luz UV-C (10.665,9±28,1 mJ/cm ²), en dos etapas diferentes de la cadena de producción (antes y después del procesamiento del jugo) | estos respecto a los patógenos que pueden transmitir, Por lo que resulta necesario el estudiar los métodos capaces de reducirlos sin afectar sus compuestos naturales. | | |
| 19 | Costa et al., (2020). International Journal of Food Microbiology. Volumen 333, 16 de noviembre de 2020, 108773 | Su objetivo fue evaluar la influencia de los tratamientos con luz UV-C con diferentes irradiancias en la inactivación de <i>P. niveus</i> esporas en jugo de manzana, con modelado matemático cinético. | Estudio experimental. Aproximadamente 5.0 y 6.0 log CFU/mL esporas de <i>P. niveus</i> y <i>A. fischeri</i> , fueron suspendido en 30 mL de jugo de manzana clarificado y expuesto a Luz UV-C a diferentes irradiancias y tiempos de exposición | Concluyendo que la luz UV-C fue efectiva en la inactivación de <i>A. fischeri</i> y <i>P. niveus</i> esporas en jugos de manzana, donde la <i>A. fischeri</i> fue más sensible a la luz UV-C que el <i>P. niveus</i> . De igual forma, los resultados muestran que el cambio en el nivel de irradiancia o el tiempo de prueba no afectó la efectividad de UV-C luz para inactivar <i>A. fischeri</i> y <i>P. niveus</i> . | En el nivel de irradiación más alto probado (36 W/m ²), la luz UV-C permitió la reducción de 5.7 y 4.2 log-ciclos de <i>A. fischeri</i> y <i>P. niveus</i> , respectivamente, en aproximadamente 10 min <i>P. niveus</i> fue el moho más resistente a los rayos UV-C. En el nivel de irradiación más bajo probado (6,5 W/m ²), tales reducciones de <i>A. fischeri</i> y <i>P. niveus</i> no se alcanzaron después de 30 min de exposición. | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108773 |
| 20 | (Fenoglio et al., 2020). International Journal of Food Microbiology. Volumen 332, 2 de noviembre de 2020, 108767 | Su objetivo fue evaluar la inactivación de <i>E. coli</i> ATCC 25922, <i>S. cerevisiae</i> KE 162 y <i>L. plantarum</i> ATCC 8014 en algunos sistemas claros y turbios procesados por luz ultravioleta simple asistida por calor suave; se evaluó. | Estudio experimental. Donde se evaluó la influencia del tipo de jugo, tiempo y tratamiento sobre el conteo microbiano en tratado (UV-C y UVC/H) y muestras no tratadas (Control). | Concluyendo que tras observar los efectos de inactivación para <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922, <i>S. accharomyces cerevisiae</i> KE 162 y <i>L. actobacillus plantarum</i> ATCC 8014 en las mezclas turbias, se logro hasta 4.5-6.7 reducciones logarítmicas después del tratamiento. La eficacia de UV-C fue asociado a alta transmitancia UV-C pero baja absorbancia y turbidez. | UV-C fue altamente efectivo en PW, MS y PJ, logrando reducciones logarítmicas de hasta 5.5-6.3-4.7, 4.8-5.1-4.6 y 4.4-5.5 para <i>L. plantarum</i> , <i>E. coli</i> , y <i>S. cerevisiae</i> , respectivamente. | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108767 |

| | | | | | | |
|----|--|---|--|--|---|---|
| 21 | Abadias et al., (2021), Food Microbiology, Volumen 94, 1 de abril de 2021, 103631 | OBJETIVO El objetivo fue estudiar la eficacia de un dispositivo de luz UVC asistido por agua (WUVC) como una tecnología limpia innovadora para la desinfección de tomates sanos y frescos | METODOLOGIA Estudio experimental, En primer lugar, se inocularon aguas de lavado y tomates frescos con diferentes turbiedades con listeria inocua y tratados en el dispositivo WUVC. | CONCLUSIONES Se demostró que las altas reducciones de L. innocua y en la población de tomates frescos podría lograrse usando el sistema WUVC. | Los resultados mostraron que el lavado de control con agua sin luz UVC, disminuyó considerablemente la población de L. Innocua en la superficie de los tomates, con reducciones de 4,40 y 5,18 log ufc/cm2 independientemente de la dosis de radiación UV-C. . Por el contrario, cuando con luces UVC encendidas, la población de L. Innocua en el agua de lavado después del tratamiento disminuyó significativamente, con más de 3 min (dosis de radiación UV-C de 2,0 kJ/m2) se redujo la contaminación microbiana por debajo de 1 log ufc/ml. | |
| 22 | Elegbeleye et al., (2021), International Journal of Food Microbiology, Volumen 349, 2 de julio de 2021, 109231 | Su objetivo fue estudiar el efecto de la luz ultravioleta C (UVC) sobre las esporas de Bacillus subtilis y Bacilo velezensis a nivel molecular e individual para guiar en la decisión de los parámetros correctos que se deben aplicar durante el procesamiento de alimentos líquidos | Estudio Experimental, Donde las esporas tratadas con UVC mediante una solución de salina tamponada con fosfato (PBS) como medio de suspensión y se determinó su tasa de letalidad para cada muestra. | Concluyendo que aunque el UVC puede tener una aplicación prometedora en la inactivación de esporas en el procesamiento de alimentos líquidos, es necesario comprender los efectos y las respuestas a nivel molecular e individual. | (A1) La suspensión de esporas se pasó por el reactor sin encender la lámpara UVC mientras que estaba encendida para la suspensión de esporas tratada con UVC (A2). El tratamiento UVC mostró que la diferencia entre las muestras de esporas con una tasa de letalidad más alta de 6,5 y la tasa de letalidad más baja de 3,4 es estadísticamente significativa | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109231 |
| 23 | Jeon & Ha, (2020), Food Microbiology, volume 87, 1 de mayo de | Su objetivo fue evaluar la eficacia de la AF en conjunto con irradiación UV-A | Estudio Experimental. Todas las cepas de E. coli, S. Typhimurium, y L. monocytogenes fueron cultivados | Concluyeron que el tratamiento combinado de UVA-FA se puede utilizar de forma eficaz para controlar los patógenos transmitidos | La aplicación de UV-A por sí solo era insuficiente para inactivación de cualquiera de los tres patógenos testeado (< 1 reducción logarítmica). Mientras que, cuando | https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103387 |

| | | | | | | |
|----|---|---|---|---|--|---|
| | 2020, 103387 | para inactivar E. Coli, Typhimurium, y L. Monocitogenes en jugo de manzana y determinar su efecto combinado. | individualmente en 5 ml de TSB con 0,6 % de extracto de levadura a 37 °C durante 24 h, seguido de centrifugación | por los alimentos en el jugo de manzana que afectan su calidad. | UV-A se aplicó junto con FA, el tratamiento combinado mejoró notablemente la inactivación niveles de bacterias inoculadas en jugo de manzana. El tratamiento con UVA-0,1 % FA durante 30 min, se obtuvieron reducciones de 6,65, 6,27 y 6,49 log CFU/ml. obtenido para E. coli, S. Typhimurium, y L. monocitogenes, respectivamente | |
| 24 | Guo et al., (2017), International Journal of Food Microbiology, volumen 257, 18 de setiembre de 2017, 101-109 | El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de nuestro sistema UV asistido por agua para inactivar Salmonela en productos frescos. | Estudio Experimental. Durante los tratamientos UV asistidos por agua, las muestras se agitaron en una lavadora mientras se exponían directamente a cuatro lámparas UV de amalgama de 90 cm. | Concluyendo que el tratamiento UV único asistido por agua podría usarse potencialmente como una alternativa ecológica y no química al lavado con cloro para tomates después de la validación a escala industrial. Sin embargo, Para la lechuga, se necesitaba el tratamiento combinado de tratamiento UV asistido por agua y cloro. | Para los tomates inoculados por inmersión, el tratamiento UV asistido por agua fue significativamente más efectivo (PAG >0,05) en la inactivación Salmonella que el tratamiento UV seco. Para la lechuga inoculada por inmersión, no hubo una diferencia significativa en Salmonela reducción entre tratamientos UV secos, y asistidos por agua (PAG >0,05). | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.017 |
| 25 | Lippman et al., (2020), International Journal of Food Microbiology, Volumen 323, 16 de junio de 2020, 108590 | Su objetivo fue determinar la inactivación de Salmonela en muestras de lechuga y en agua de lavado bajo la influencia de la intensidad de los rayos UV. | Estudio Experimental. Se rallo Lechuga iceberg y se inoculó con una cepa Salmonela 6-7,5 log CFU/g, seguido de secado al aire y almacenamiento en frío durante la noche. | Concluyo que el tratamiento combinado de 30 mW/cm2 Los rayos UV y PAA de 80 ppm podrían usarse como una alternativa al lavado con cloro para la descontaminación de la lechuga. | El tratamiento de 2 min, los 30 mW/cm2 El tratamiento UV logró una reducción logarítmica de 1,98, mientras que el PAA de 80 ppm y el cloro libre de 20 ppm dieron como resultado una reducción logarítmica de 1,52 y 1,23, respectivamente. El tratamiento combinado de 30 mW/cm2 UV y 80 ppm PAA lograron significativamente más alto (P <0.5) Salmonela reducción que el lavado con cloro libre de 20 ppm. | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108590 |

| | | | | | | |
|----|---|--|---|---|--|---|
| 26 | Mukhopadhyay et al., (2019), Food Microbiology, Volumen 82, 1 de Setiembre de 2019, 127-134 | El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de inactivación del tratamiento combinado no térmico basado en PL light y lavado higienizante activo contra E. Coli. | Estudio Experimental. Los experimentos de PL se realizaron con un sistema de PL a escala de laboratorio que consta de un módulo controlador, cámara de tratamiento y módulo de refrigeración. | Concluyendo que la tecnología PL-HEN integrada se puede utilizar para mejorar la seguridad microbiana de las espinacas | El tratamiento de PL solo durante 15 segundos tuvo un resultado de reducción de 2,7 log CFU/g de E. coli. El lavado rápido desinfectante durante 2 min logro una reducción de 1,8 log CFU/g. Mientras que el tratamiento en combinación de ambos, el HEN-PL indicó una actividad de inactivación del compuesto (reducción de 4,6 logaritmos). Además, la calidad visual y la firmeza de las espinacas no se vieron afectadas | https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.01.022 |
| 27 | Collazo, Noguera, et al., (2019), International Journal of Food Microbiology, Volumen 297, 16 de mayo de 2019 | Su objetivo fue determinar la eficacia del tratamiento UV-C asistido por agua en la inactivación de Salmonela y Listeria en lechuga Iceberg y hojas de espinaca | Estudio Experimental. La inhibición del crecimiento de patógenos mediante pretratamientos secuenciales con UV-C en PAA y luego biocontrol usando pseudomonas graminis | Concluyeron que la UV-C en dosis baja de PAA es una estrategia de conservación adecuada para mejorar la seguridad de las verduras de hoja verde listas para comer y reducir el riesgo de contaminación cruzada. | En la lechuga, el tratamiento UVC logro inactivar ambos patógenos hasta en $2,1 \pm 0,7 \log_{10}$. En la espinaca baby, la combinación de 0 3 kJ/m ² UV-C y agua logro una reducción de $1,4 \pm 0,2$ y $2,2 \pm 0,3 \log_{10}$ respectivamente. | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.02.024 |
| 28 | Huang et al., (2018), International Journal of Food Microbiology, Volumen 283, 20 de Octubre de 2018, 37-44 | El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de un sistema UV asistido por agua para inactivar Salmonela en productos frescos. | Estudio Experimental Se eligieron productos frescos libres de heridas y magulladuras visibles para los experimentos y se calentaron a (~20 °C) antes de la inoculación bacteriana. | Concluyendo que el tratamiento WUV solo podría reducir las poblaciones de Salmonela en agua de lavado de espinacas, lechuga, arándanos y zanahorias en comparación con el lavado con agua del grifo. | En general, la eficacia descontaminante de los tratamientos WUV siguió este orden: Tomate > Zanahoria > Lechuga=Arándano > Espinaca. Pues el WUV solo fue capaz de alcanzar una reducción de nivel 0,9, 2,6, >3,6, 1,7 y 2,0 log CFU/g de Salmonela en los productos frescos para zanahoria, espinaca, lechuga, tomate y arándanos respectivamente. | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.014 |
| 29 | Akgün & Ünlütürk, (2017), | Su objetivo fue investigar la aplicabilidad de los | Estudio Experimental. La producción de CAJ fresco se hizo con | Concluyendo que la aplicación de UV LED en la inactivación de e coli con | La población de E. coli K12 en CAJ a 280 nm y combinación de longitud de onda de 280-365 nm se redujeron al | https://doi.org/10.1016/j.ij |

| | | | | | | |
|----|--|--|--|---|---|---|
| | International Journal of Food Microbiology , Volumen 260, 2 de Noviembre de 2017, 65-74 | LED UV para el tratamiento térmico de jugo de manzana claro (AJ) y turbio (CAJ) para la inactivación de microorganismos y enzimas. | manzanas de un supermercado local, se lavaron con agua del grifo y secado y exprimido con un extractor de jugo de mesa doméstico. | longitud acoplada de 280/365 nm fue más influyente que cuando los LED emitían únicamente a 254 nm. Por Lo que una combinación del UV-A Y UV-C es superior a la aplicación única del UV-C. | máximo en 2,0±0,1 y 2,0±0,4 log10UFC/mL a un tiempo de exposición de 40 min. | foodmicro.2017.08.007 |
| 30 | Ding et al., (2018), Food Microbiology , Volumen 78, 1 de Junio de 2018, 39-54 | Su objetivo fue determinar la eficacia de la luz uv-a como inactivador microbiológico en productos frescos, además de probar su eficacia en combinación con el ácido benzoico. | Estudio Experimental El tratamiento UV-A se llevó a cabo dentro de una UV crosslinker fabricada por Spectronics Corporation (EE. UU.). | Concluyendo que un tratamiento simultáneo de UV-A y BA pudo provocar más de 0,7 log (UFC/mL) en E. coli en 30 min. | La exposición a UV-A durante 30 min solo causó < 1 logaritmo de reducción en la población bacteriana, > 5 reducciones logarítmicas fueron inducidas por la aplicación simultánea de UV-A y BA en 30 min, demostrando un antimicrobiano sinérgico, obteniendo una reducción de 0,7 log (UFC/ml). | https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.11.004 |
| 31 | Barut Gök et al., (2021), International Journal of Food Microbiology , Volumen 343, 2 de Abril de 2021, 109105 | El objetivo de este trabajo fue investigar la idoneidad de un reactor de película delgada (TFR) modificado con los elementos de guía de flujo (FGE) para el tratamiento de la leche. | Estudio Experimental E. coli, DH5α y L. Inocua WS2258 fueron elegidos para evaluar el efecto de UV-C en bacterias Gramnegativas y Grampositivas, respectivamente | Se concluyó que la eficacia de un reactor de película delgada UV-C que procesa medios absorbentes como la leche se puede mejorar usando FGE. | En este estudio el UV-C modificado con FGE logró reducir el E.coli y L. Inocua en 4,58 log y 3,19 log, respectivamente. Además, los microorganismos originales de la leche mostraron una reducción de 4 log. Sin embargo, sin FGE, la reducción fue inferior a 0,13 log | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109105 |
| 32 | Kumar et al., (2017), Food Microbiology , Volumen 63, 1 de Mayo de 2017, 12-21 | Este estudio tuvo como objetivo investigar el efecto de 460 nm Iluminación LED en alimentos y bacterias que se encuentran | Estudio Experimental Se compraron LED de 6,04 nm de (GETIAN, Shenzhen, China). El LED se adjuntó a un ventilador de refrigeración para disipar el calor | Concluyeron que la luz LED de 460 nm es eficaz contra las bacterias transmitidas por los alimentos y, por lo tanto, es adecuado como un nuevo método de control antimicrobiano para | Los resultados indican que entonces que el tratamiento LED redujo significativamente (p < 0.05). Las poblaciones de S. aureus logro una reducción de más de 4log, en L. monocytogenes se alcanzó un límite de detección por debajo de 1,3 log CFU/ml, en C. E. coli se exhibiendo | https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.032 |

| | | | | | | |
|----|--|--|---|--|---|---|
| | | comúnmente en la habitación y en la refrigeración temperaturas sin el uso de ningún compuesto externo. | generado. | garantizar la seguridad alimentaria. | un máximo de alrededor de 3-log y en S. Typhimurium hubo una disminución de aproximadamente 2,1 log. | |
| 33 | Nicolau et al., (2020), International Journal of Food Microbiology, Volumen 335, 16 de diciembre de 2020, 108887 | El objetivo de este estudio fue evaluar la eficacia de este sistema WUV-C como tratamiento higienizante de fresas, tanto para microbiota epífita como inoculada artificialmente. Listeria inocua y Salmonella Typhimurium. | Estudio Experimental En este estudio, las fresas se lavaron durante 1 o 5 min en un tanque con 2 o 4 lámparas encendidas, cada una de las cuales emitía luz UV-C a 17,2 W/cm ² , o en una solución de cloro (200 ppm, pH 6,5). | Se demostró la idoneidad de este tratamiento combinado, entendido como alternativa al saneamiento con cloro, para higienizar fresas y mantener las poblaciones de bacterias patógenas en el agua de lavado por debajo de 0,6 ± 0,1 log UFC/mL. | Se necesitaron 5 minutos para reducir significativamente la población total de mesófilos aeróbicos. Sin embargo, las reducciones de inoculados artificialmente Listeria inocua y Salmonella Typhimurium después de los tratamientos con WUV-C fueron comparables a los obtenidos con cloro, que fueron 3,0 log CFU/g. Además, la luz WUV-C fue eficaz para minimizar los microorganismos que quedaban en el agua de lavado, | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108887 |
| 34 | Estilo y Gabriel, (2018), Food Microbiology, Volumen 69, 1 de febrero de 2018, 72-81 | El objetivo de este estudio fue determinar los efectos de las características intrínsecas del jugo, los sólidos insolubles y los solubles | Estudio Experimental Se usó un Diseño de Experimento Compuesto Central Giratorio (CCRD) para determinar las combinaciones de las variables de prueba | Los resultados de este estudio también pueden usarse en el diseño y fabricación de equipos de procesamiento UV-C para jugos de frutas y sistemas de alimentos líquidos. | Los resultados mostraron que dentro de la dosis de energía UV-C empleados en el estudio, S. entericalas poblaciones disminuyeron de 2,0 a 5,0 ciclos logarítmicos. | http://dx.doi.org/10.1016/j.fm.2017.06.019 |
| 35 | Huang & Chen, (2018), International Journal of Food Microbiology, Volumen 285, 20 de | El objetivo de este estudio fue 1) determinar la Salmonella efecto de inactivación del proceso de lavado en combinación con PL, ultrasonido y | Estudio Experimental Se compró lechuga iceberg fresca en los mercados locales el día antes de la inoculación y se almacenó a 4 °C hasta su uso. | Se concluyó que podría ser una mejor alternativa al lavado independiente para la descontaminación de la lechuga, ya que en general era más efectivo para inactivar Salmonella en lechuga que el lavado y podría mantener la | En general, en un estudio a pequeña escala, el lavado con agua combinado con PL (PL wash) fue significativamente más efectivo para matar Salmonella en lechuga que con el lavado de agua independiente. Siendo que el tratamiento combinado resultó una reducción logarítmica de 2,1 a 2,8 Salmonella en lechuga, | https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.024 |

| | | | | | | |
|----|--|---|---|---|--|---|
| | Noviembre de 2018, 144-151 | cloro en tiras de lechuga iceberg | | Salmonela nivel en el agua de lavado por debajo del límite de detección de 2 CFU/mL. | mientras que el tratamiento independiente solo logro una reducción de 0,4 a 1,6. | |
| 36 | Hinds et al., (2020), Food Control, Volumen 114, 1 de agosto de 2020, 106910 | Su objetivo fue evaluar la eficacia de una nueva tecnología basada en diodos emisores de luz (LED) de longitud de onda múltiple UV para la inactivación de B. subtilis en dos sistemas alimentarios modelo. | Estudio Experimental Fue una investigación tipo experimental donde Se fabricó un sistema basado en LED de longitud de onda múltiple. El sistema constaba de un acondicionador LED de tres canales, lo que permite un control preciso de los LED | Concluyendo que la UV-LED es efectiva como tecnología bactericida y bacteriostática, dependiendo de la longitud de onda utilizada. | Los tratamientos a otras longitudes de onda investigadas también dieron como resultado efectos bacteriostáticos. Sin embargo, se encontró que el tratamiento UV a 285 nm era la longitud de onda individual más eficiente para la inactivación, lo que resultó en > 6 log10. | https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106910 |
| 37 | Degala et al., (2018) | Su objetivo fue evaluar la eficacia de UV-C, LG y su combinación en E. coli Carne de cabra inoculada con K12. Aceite de limoncillo al 0,25%, 0,5% y 1% concentraciones (p/v) con intensidades de 100 y 200 $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ | Estudio Experimental Fue un estudio experimenta donde para determinar la población de E. coliK12 en muestras de carne de cabra tratada y no tratada, cada una | Se concluyo que, aunque el tratamiento en combinación parece ser una mejor opción, las condiciones de tratamiento deben optimizarse y seguir se requieren estudios para validar los mecanismos de obstáculos para aplicaciones comerciales. | El tratamiento durante 2 min dio como resultado una reducción microbiana sinérgica de 6,66 log10UFC ml-1(por debajo de los niveles de detección) de E. coliK12. | https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.042 |
| 38 | Huang y Chen, (2020), Food Control, Volumen 109, 1 de marzo de | Este estudio tuvo como objetivo comparar la eficacia de 3 configuraciones WUV diferentes en Salmonela | Estudio Experimental Las muestras de productos frescos se inocularon por inmersión con el Salmonela cóctel siguiendo el protocolo | En conclusión, la luz ultravioleta es una intervención prometedora en la descontaminación del agua de lavado de productos frescos. Debido al costo del uso del agua, es | Las tres configuraciones de WUV lograron resultados similares. Salmonela reducción para arándanos (1,8–2,0 log) y tomates (2,4–2,9 log). Para la lechuga, un número significativamente mayor (0,9 log superior; P < 0,05) | https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106926 |

| | | | | | | |
|----|--|---|---|---|--|---|
| | 2020, 106926 | inactivación en tiras de arándano, tomate y lechuga. | descrito por Huang et al. (2018). | una práctica común para la industria de productos frescos reutilizar o recircular el agua de lavado. | | |
| 39 | Gabriel et al., (2020), Food Microbiology, Volumen 88, 1 de junio de 2020, 103401 | Este estudio tuvo como objetivo determinar el comportamiento de inactivación y la cinética de bacterias comunes transmitidas por los alimentos, incluidas Escherichia coli O157:H7, Pseudomonas aeruginosa, | Estudio Experimental Antes de cualquier tratamiento, los granos de pimienta se separaron de la tierra, las rocas, las ramitas y las hojas. | Este estudio pudo demostrar que la tecnología UV-C puede usarse potencialmente contra los microorganismos probados que se introdujeron después del procesamiento de granos de pimienta enteros secos. | Con una irradiación superficial de 0,43 mW/cm ² y se encontró que todos exhibían un patrón de inactivación bifásico con una inactivación logarítmica lineal rápida seguida de una cola. Las reducciones logarítmicas totales (TLR) oscilaron entre 1,92 (S. aureus) a 3,60 log UFC/g (E. coli O157:H7). | https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103401 |
| 40 | Collazo, Charles, et al., (2019), Innovative Food Science & Emerging Technologies, Volumen 52, 1 de marzo de 2019, 438-449 | Su objetivo fue probar si el aumento de la dosis de UV-C mejora la eficacia de WUV. | Estudio Experimental Los tratamientos UV-C se realizaron en un equipo a escala de laboratorio compuesto por un depósito que contiene cuatro lámparas UV-C equidistantes | Concluyo que el UV-C es una tecnología prometedora libre de residuos de saneamiento, alternativa al cloro, para inactivar e inhibir patógenos. Listeriaspp. en brócoli infectado, así como para reducir los riesgos de contaminación cruzada por las soluciones de proceso. | UV-C asistida por agua (WUV) (0,3 y 0,5 kJ/m ²) reducido L. Innocuas poblaciones iniciales por 1.7 y 2.4 log ₁₀ UFC/g, respectivamente. | https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.02.004 |

Las teorías que sustentan el trabajo de investigación son: Los alimentos orgánicos, son aquellos que se obtienen de sistemas productivos en los cuales se aplican netamente insumos de origen natural, sin la intervención de agentes químicos, en reciprocidad con el medio ambiente y en conservación de la fertilidad de la tierra y la diversidad genética (Padilla y Pérez, 2008). Históricamente, el consumo de los alimentos orgánicos se ha incrementado en las últimas décadas, como sucede con los frutos rojos que han llegado a necesitarse en varios países, que demandan hasta un 80% de productos frescos (Assurian et al., 2020). Otro producto orgánico que se viene extendiendo es el de los jugos y frutas, el cual sigue en expansión, pues las propiedades nutricionales de las nuevas bebidas con base a frutas continúan mejorando. Asimismo, de nuevas mezclas de frutas y verduras se están desarrollando nuevas bebidas que se hacen cada vez más populares en el mundo (Ferrario et al., 2018).

Otro producto de base orgánica que viene en 1 difusión es el de base a vegetales que viene siendo una nueva fuente de diversos brotes durante los últimos años, haciéndose cada vez de mayor demanda, lo cual parece estar vinculado a sus altas propiedades nutritivas, pues suelen ser recomendados para mantener una dieta saludable. No obstante, a todo lo rescatable que se ha mencionada, es también cierto que la expansión de estos productos va de la mano a una alta amenaza, pues los vegetales suelen ser un vehículo de patógenos humanos tales como la *Listeria*, *monocytogenes* y *Salmonella* entérica, siendo que, varios de los brotes señalados se derivan al consumo de lechugas contaminadas, como se ha reportado en EE. UU. y la Unión Europea, durante los últimos años (EFSA, 2017).

Los alimentos orgánicos suelen ser contaminados por agentes externos como bacterias, hongos, virus y toxinas producidas por diversos otros microorganismos, para poder controlar dicha contaminación y mantener la inocuidad, seguridad microbiológica y la conservación de alimentos producidos en la industria se vienen utilizando diversos métodos de descontaminación de alimentos como el uso de cloro, dióxido de cloro, peróxido de hidrogeno o ácido clorhídrico, diversos procesos térmicos como la pasteurización o métodos físicos como la irradiación y la deshidratación, además de tratamientos para la conservación, como tecnológicas a base de plasma frio y el ultrasonido, o la alta presión hidrostática (Deng et al.,

2020). Sin embargo, los aditivos usados en estos métodos de descontaminación pueden causar problemas en la salud humana, las grandes cantidades de dichas sustancias tóxicas resultan ser un problema para la salud pública y del medio ambiente. Otros tratamientos alternativos que se estudian actualmente incluyen al ultrasonido, ozono, luz pulsada, campos pulsados de alta potencia y la luz ultravioleta (Gouma et al., 2020).

Para garantizar la calidad de los alimentos orgánicos se deben respetar ciertos estándares o límites de microorganismos presentes en los jugos de frutas y vegetales no pasteurizados. Para la E. Coli cuya máxima carga permitida es de $<10^3$ UFC/g en 2/5 muestras. Para la Salmonela la población no debe pasar de 25 g en 5/5 muestras. Y, para la Listeria monocytogenes las poblaciones no debe ser $<10^2$ UFC/g en 5/5 muestras (Unión Europea, 2019).

La tecnología de luz ultravioleta (UV) es una tecnología física no térmica muy utilizada en la actualidad, debido a las ventajas que ofrece frente a otros métodos de descontaminación microbiológica, puesto que la luz ultravioleta genera una cantidad mínima de efectos negativos organolépticos y nutricionales sobre los elementos por los cuales se pasa dicho mecanismo, además que su costo de aplicación es relativamente bajo en comparación con las demás tecnologías de descontaminación térmica (Mahoney et al., 2018). Sus usos como descontaminante varían desde un desinfectante del agua, del aire y superficies, la luz UV puede llegar a los microorganismos como bacterias, virus, levaduras, mohos y protozoos en un medio líquido (Guerrero y Ochoa, 2021).

Ya en el año 2000, la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (USDA), aprobó el empleo de la luz ultravioleta como mecanismo alternativo a la pasteurización térmica para productos frescos, lo que llevó al mundo un gran interés sobre la investigación de la tecnología UV y generando una imagen positiva de este tratamiento hacia los consumidores y las industrias del mundo debido a su bajo costo y su marcada eficacia en la descontaminación microbiológica (Shah et al., 2014).

El rango de longitud de onda de que comprende la luz ultravioleta para la inactivación microbiológica en alimentos varía desde 100 a 400 nm y se clasifica como UV-A (de 320–400 nm), UV-B (de 280–320 nm) y UV-C (de 200–280 nm).

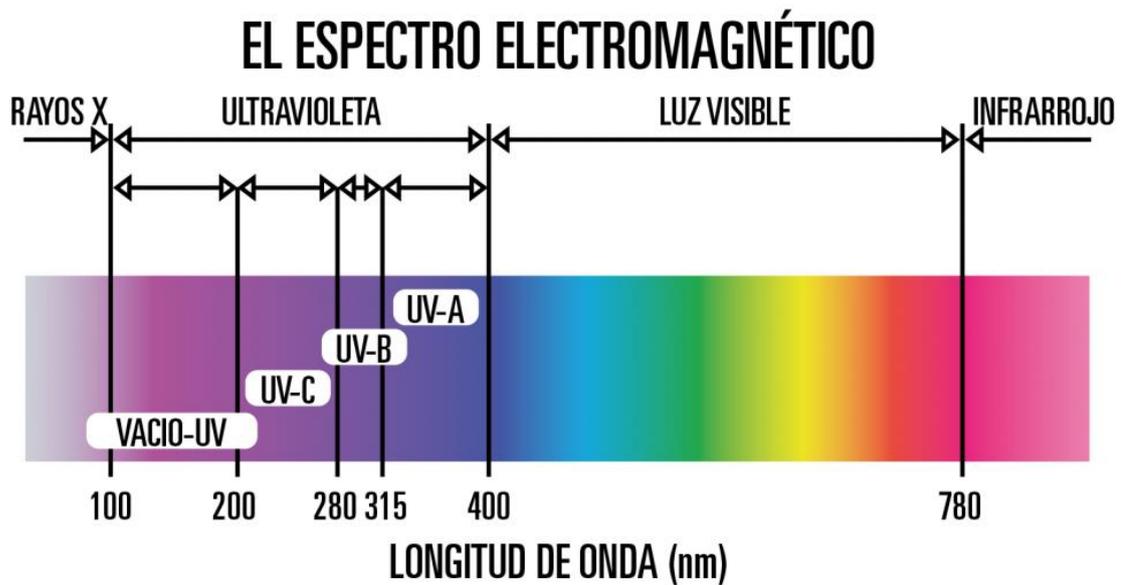


Ilustración 1: El espectro electromagnético

Fuente: Weuvcare. 2022

Conforme se aprecia en la Ilustración 1, la luz UV constituye un componente natural de radiación solar, cuya ubicación en el espectro electromagnético se encuentra entre la luz visible y los rayos X. Teniendo longitudes de onda que oscilan entre los 100nm a los 400nm. Clasificándose entre tipo, la luz UVA, la luz UVB y la luz UVC.

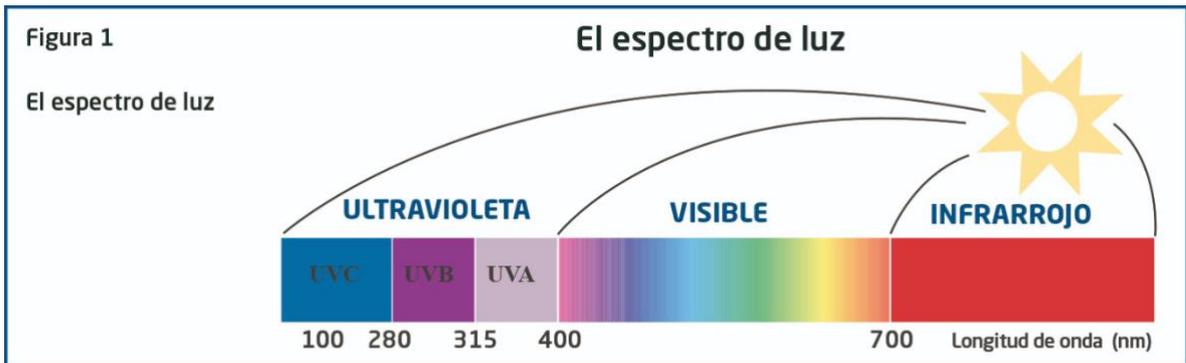


Ilustración 2: Espectro de luz

Johnson y Johnson Vision. s.f.

En la ilustración 2, se distinguen 3 subtipos de luz UV, siendo: El primero la luz UVA, la cual es la responsable de causar el envejecimiento de la piel, estos rayos tienen una longitud de onda que va de los 315nm a los 400nm, además se puede decir que el 95% de la luz emitida por el Sol que llega al Ecuador está compuesta por luz UVA, asimismo, este tipo de luz puede empeorar los daños oculares ocasionados por la luz UVB. El segundo tipo de luz es la UVB, que es capaz de dañar el ADN y ocasionar perjuicios en los tejidos, así como quemaduras solares, esta luz tiene una longitud de onda de los 280nm a los 315nm, además, esta luz está representada por el 5% de la luz solar que llega al Ecuador, asimismo, esta luz es más activa que la UVA. El tercer tipo de luz es la UVC, la cual es la más tóxica por lo que llega a ser absorbida por la atmósfera, la longitud de onda que alcanza esta luz va de los 100nm a los 280nm, asimismo, esta luz es catalogada como germicida.

Efectividad del UV, para asegurar la eficacia del tratamiento por UV, se necesita realizar una optimización en específico para el tipo de fruto seleccionado. Eso necesita de un entendimiento de la tasa de influencia producida por los rayos UV en relación del coeficiente de absorción de los alimentos líquidos y la interferencia de las partículas y los sólidos solubles. De igual forma las características del producto tales como su composición, color y química en general tienen gran impacto para determinar la efectividad del tratamiento UV. El tratamiento UV puede

reducir un 99,999% de microorganismos en menos de un minuto de aplicación para agua potable (Mansor et al., 2014).

La eficacia de la irradiación UV se relaciona de forma directa con la rugosidad de la superficie del producto y su ángulo de contacto, siendo las frutas con superficie más lisas las más susceptibles para la aplicación de la radiación UV que las de superficie rugosa (Nicolau et al., 2022).

Inconvenientes del UV, existe una variedad de estudios sobre la aplicación de la luz ultravioleta en la reducción de microorganismos en la superficie de frutas frescas, siendo que la mayoría de estos aplicaban la luz UV por el aire. Sin embargo, esta forma de aplicación se encuentra limitada a la capacidad de penetrar la superficie del fruto, el efecto de sombreado y al su posible sobrecalentamiento, siendo estos factores posibles causas de una baja calidad al momento de eliminar los microorganismos (Lehto et al., 2018). Además, existen otros parámetros problemáticos con la aplicación de este tratamiento como el color, las suspensiones de materia orgánica y las fibras del producto que pueden limitar la eficacia en la superficie del fruto a tratar (Fenoglio et al., 2020).

Métodos de aplicación del UV, la luz ultravioleta de onda corta (UV-C) es una tecnología no térmica aplicada principalmente en alimentos frescos, se trata de aquellas que comprenden longitudes de onda entre 200 a 280 nm, teniendo los más efectivos efectos germicidas (Ochoa et al., 2014). Su eficacia antimicrobiana se basa principalmente en la alineación de dímeros de pirimidina en el ADN, que impiden la transcripción genética y provocan mutagénesis y muerte celular. Esta tecnología antimicrobiana se utiliza para descontaminación en agua potable y envases, además ya existen estudios en los que se utiliza para la inactivación de microorganismos en hortalizas (Mahoney et al., 2018), además de diversos frutos como manzanas, melones, sandías, fresas y tomates (Lim y Harrison, 2016). Muchos investigadores han realizado estudios de la aplicación del UV-C para la reducción de patógenos postcosecha de verduras y frutas, concluyendo que la efectividad de esta tecnología de inactivación microbiana recae en la dosis de UV-C aplicada (Gündüz et al., 2015).

WUVC es aquella tecnología de luz UV-C apoyada asistida por agua, su aplicación consiste en colocar el producto en unas lámparas que a su vez se sumergen en el agua, de este modo los productos frescos giran aleatoriamente y se logra una exposición completa en todas sus superficies (Collazo, Charles, et al., 2019). Además, de evitarse un sobrecalentamiento y secado de los alimentos como en los tratamientos UV que no cuentan con la presencia del agua (Huang y Chen, 2019). Sin embargo, un aumento en la turbidez del agua podría afectar los efectividad de la penetración de la luz UV-C (Guo et al., 2017).

La luz pulsada (PL), es una tecnología no térmica avanzada aplicada para la inactivación de esporas, células vegetativas, la LP se compone por una amplia gama de espectro de luz blanca con pulsos de corta pero intensa duración. Utiliza una energía electromagnética desde 100 a 1100nm que comprende a su vez longitud de onda ultravioleta, su aplicación actualmente suele utilizarse para la inactivación microbiana en productos solidos como las frutas (Avalos et al., 2018). De igual forma también existen investigaciones donde la aplicación del PL se hizo sobre alimentos líquidos como los jugos de manzana, naranja, mora y nabo en la inactivación de microorganismos, la efectividad del tratamiento PL se debe al que produce al ADN mediante el efecto fotoquímico, fotofísico y fototérmico(Kwaw et al., 2018).

Combinación de luz UV con temperaturas suaves con la finalidad de superar las limitaciones de los tratamientos no térmicos en la conservación de alimentos, se diseñaron nuevos procesos que combinan varias tecnologías y aplicándolas en intensidades menores. La acción combinada de la tecnología UV-C y el calor suave no solo incremento la eficacia microbicida del UV-C, también logro cambiar la distribución de los tiempos de inactivación, pues cuando se aplicaron ambos agentes de inactivación de forma simultánea, se obtuvieron formas de frecuencia más estrechas y con un tiempo de muerte más bajo (Fenoglio et al., 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente estudio es de tipo aplicada, dado que sus conclusiones servirán para dar solución a una problemática existente y debidamente identificada en este estudio (CONCYTEC, 2019).

El enfoque de la presente investigación fue el cualitativo, pues en su desarrollo se realizó una recolección de datos recurriendo a descripciones e interpretaciones de artículos analizados, a través de un proceso flexible de interpretación (Vega et al., 2014). Además, su diseño de investigación fue el narrativo, considerando que se indagó en información correspondiente a un momento y lugar establecido, tal como lo hacen los artículos de investigación (Hernández-Sampieri, et al., 2018)

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística

Tabla 2: Matriz de categorización apriorística

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | PROBLEMAS ESPECÍFICOS | CATEGORÍA | SUBCATEGORÍA | CRITERIO 1 | CRITERIO 2 |
|--|---|----------------------|---|------------------------------------|--|
| Identificar los tipos de luz UV empleados en la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos. | ¿Cuáles con los tipos de luz ultravioleta empleados en la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos? | Tipos de Luz UV | Luz UV tipo A Luz UV tipo B Luz UV tipo C | Características del tipo de luz UV | Autores (año) que analizador el tipo de luz |
| Determinar los tiempos de exposición de luz UV empleados en la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos. | ¿Cuáles son los tiempos de exposición de luz UV empleados en la inactivación microbiológica de los alimentos orgánicos? | Tiempo de exposición | Segundos Minutos | Cantidad de segundos | Autores que analizadon el tiempo de exposición |
| Identificar los alimentos orgánicos inoculados para el empleo de la luz UV. | ¿Cuáles son los alimentos orgánicos inoculados para el empleo de la luz UV? | Alimentos orgánicos | Fruta Verdura | Estado del alimento | Autores que analizaron el alimento orgánico |

Previamente se puede distinguir la matriz de categorización apriorística, misma que se encuentra integrada de seis columnas y cuatro filas, haciendo un total de veinticuatro casillas, en las cuales se encuentran los problemas y objetivos específicos, además de las categorías, subcategorías y criterios de análisis, los cuales se tomaron en cuenta para el análisis de los artículos de la presente revisión sistemática.

El desarrollo de las categorías derivó de los objetivos específicos, mismos que fueron planteados desde la introducción del presente estudio, tomando en consideración que esta revisión indagó en los efectos de la luz UV para la inactivación microbiológica, los tipos de luz UV, los tiempos de exposición y la distancia de dicho tratamiento, puntos que se procedieron a indagar en el análisis de los artículos de esta revisión. Las categorías de esta investigación son: i) Tipos de luz UV, que tiene como subcategorías: luz UV de tipo A, luz UV de tipo B y luz UV de tipo C; ii) Tiempo de exposición, que tiene como subcategorías: a los segundos y minutos; iii) La distancia de exposición, que tiene como subcategorías: a los centímetros y metros.

3.3. Escenario de estudio

Es el contexto, territorio o lugar en el que se lleva a cabo la investigación, lo cual en la presente revisión sistemática estaría conformado por los trabajos referidos a la comprensión del uso de los filtros ultravioleta en la inactivación microbiológica en alimentos orgánicos.

3.4. Participantes

Se conoce como participantes a los elementos que se analizan para obtener información en una investigación planificada, para lo cual se hace uso de instrumentos de investigación. En este estudio se tuvieron como participantes a los artículos científicos filtrados como resultado de la aplicación de la estrategia o procedimiento de búsqueda, los cuales provinieron de las bases de datos de las plataformas Science Direct, Scielo y Google Scholar.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas de recolección de información consisten en procesos que posibilitan el proceso investigativo. Para el presente estudio, al tratarse de una revisión sistemática, corresponde la aplicación de la técnica denominada observación indirecta de recopilación de información, que consiste en el recojo de información que ya ha sido recabada es decir información secundaria.

Los instrumentos de recopilación de datos (Anexo 2) fueron las Fichas de recolección de datos, que permite guardar un registro de los criterios que se busca analizar en los documentos que se estudian en una revisión sistemática, este instrumento incluye información de artículos revisados como: autor, año y lugar de publicación, tipo de investigación, doi, palabras clave, resultados, conclusiones, entre otros.

3.6. Procedimiento

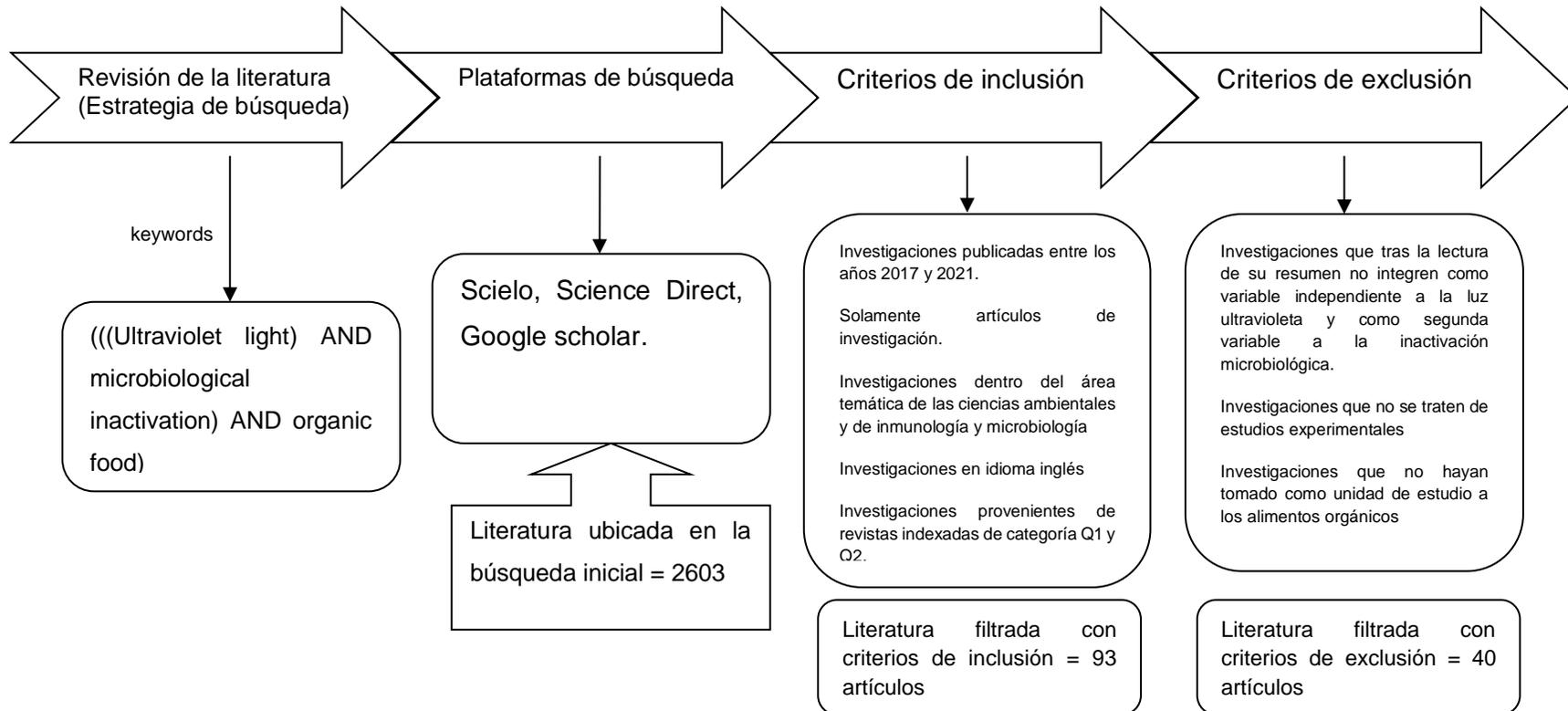


Figura 1: Procedimiento de selección de artículos

La presente revisión sistemática se desarrolló como se aprecia en la Figura 1, es decir que, empleando como estrategia de búsqueda (((Ultraviolet light) AND microbiological inactivation) AND organic food) en las plataformas de SciELO, Science Direct y Google scholar se tuvo como resultado de la búsqueda inicial un total de 2603 artículo. Posteriormente al aplicar criterios de

inclusión consistentes en: año de publicación comprendido entre el 2017 al 2021; áreas temáticas “Ciencias ambientales” e “Inmunología y microbiología”; publicaciones en idioma inglés; revistas indexadas en cuartiles Q1 y Q2; se logró disminuir los artículos antes encontrados a solamente 93, pues resultaron descartados una gran cantidad pertenecientes a otros años y otras áreas temáticas con denominación propia. Finalmente, se aplicaron criterios de exclusión que permitieron reducir aún más la cantidad de artículos seleccionados, consistentes en: estudios que no pertenezcan al diseño experimental; investigaciones que no hallan trabajado en alimentos orgánicos; y tal vez el más importante que fue la lectura de los resúmenes de los artículos para analizar aquellos que más se adecuen a los objetivos del presente estudio.

3.7. Rigor científico

Según señalan Hernández y Mendoza (2018), el rigor científico en los estudios cualitativos se fundamenta en cuatro principios rectores, los cuales son: la dependencia, la transferencia, la confirmación y la credibilidad. Tales principios se han tomado en consideración en el desarrollo de la presente revisión, como se detalla a continuación:

Principio de dependencia, este está referido a que los resultados de la investigación deben guardar congruencia a los evidenciados por otros estudios, bajo la autoría de muchos otros investigadores; lo que en este estudio se hizo porque las conclusiones arribadas en la presente fueron fruto del análisis de los estudios en mención.

Principio de transferencia, este se encuentra referido a que las conclusiones a las que se llega en una investigación, que deben poder ser aplicadas a otros contextos, por lo cual, en este estudio se han alcanzado conclusiones capaces de regir como principios generales de aplicabilidad para otros casos semejantes en otros contextos, como podrían ser diferentes ciudades o países.

Principio de confirmación, este se encuentra refiere a credibilidad a la que llegan los resultados de un estudio, es decir que, en el desarrollo de la revisión sistemática se minimizaron los errores y las subjetividades del investigador, por lo cual, el análisis de los artículos en esta revisión se realizó en plena observancia de una estrategia de búsqueda estructurada con operadores booleanos, además de criterios de inclusión y exclusión.

Principio de credibilidad, este se refiere a la capacidad de informar lo que se recoja de la muestra de estudio; para esta investigación tal recojo recayó en los resultados de artículos referidos al empleo de los rayos UV para la reducción de los microorganismos; cuyos resultados sirvieron para plasmar las conclusiones de esta investigación.

3.8. Método de análisis de información

Para el análisis de los resultados del presente trabajo se usará la estadística descriptiva donde se va a determinar sumatorias, promedios, desviaciones

estándar, entre otros; para la cual se utilizara el software estadístico SPSS y para construir o elaborar las tablas y gráficos se utilizara el programa Excel.

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos de la presente revisión se realizaron conforme a las indicaciones del Código de ética de la Universidad César Vallejo (2020), que en su última actualización indicó, la obligación de los investigadores de evitar el plagio de información, para lo cual se realizan los citados correspondientes en estricto respecto de la propiedad intelectual; lo cual se puede verificar mediante el empleo del software anti plagio turnitin.

Asimismo, desde la perspectiva ambiental, el empleo de los rayos UV resulta más benéfico que otras maneras de desinfección porque forma parte de un proceso natural de desinfección eficaz contra bacterias, hongos, protozoos e incluso virus con un proceso físico que no daña al alimento inoculado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como ya se señaló en los Capítulos II y III, los resultados de la presente revisión sistemática se obtuvieron tras analizar una totalidad de 40 artículos de investigación, para lo cual se hizo uso del siguiente procedimiento: Tras emplear la estrategia de búsqueda (((Ultraviolet light) AND microbiological inactivation) AND organic food), se obtuvo un total de 2603 resultados en las plataformas de búsqueda Scielo, Science Direct y Google Scholar. Tras aplicar los criterios de inclusión, incluyendo la delimitación de los años 2017-2021, filtrar solamente artículos de investigación, delimitar las áreas temáticas, incluir solamente investigaciones en idioma inglés y filtrar a los artículos provenientes de revistas indexadas en los cuartiles Q1 y Q2 la cantidad de resultados se redujo a 93 artículos. Posteriormente, tras aplicar los criterios de exclusión, incluyendo la lectura de los resúmenes, investigaciones que no sean de diseño experimental e investigaciones que no hayan tenido como unidad de estudio a algún tipo de alimento orgánico, la cantidad de resultados se redujo a 40 artículos.

A continuación, se procede a presentar los resultados correspondientes a las 3 categorías de estudio: Tipos de luz UV, tiempos de exposición y alimento orgánico inoculado.

4.1 Tipo de luz

Los resultados obtenidos de la revisión sistemática respecto a la categoría tipo de luz UV.

Tabla 3: Categoría "Tipo de luz UV"

| N° | Autores | Tipo de luz UV | Luz UV tipo A | Luz UV tipo B | Luz UV tipo C | Espectro de luz UV |
|----|------------------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------------|
| 01 | Baykuş et al., (2021). | Luz UV-A y UV-C | X | | X | 315nm a los 400nm y 100nm a los 280nm |
| 02 | Guerrero y Ochoa (2021). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 03 | Kim y Song, (2017). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 04 | Seok y Ha, (2021). | Luz UV-A | X | | | 315nm a los 400nm |
| 05 | Abdías y Aguiló, (2021). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 06 | Choi et al., (2017). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 07 | Pagal y Gabriel, (2020). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 08 | Roig-Sagués, et al., (2018). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 09 | Preetha et al., (2021). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 10 | Jeong y Ha, (2019). | Luz UV-A | X | | | 315nm a los 400nm |

| | | | | | | |
|----|--------------------------------|----------|---|--|---|-------------------|
| 11 | Pedros-Garrido et al., (2018). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 12 | Narra et al., (2021). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 13 | Rosario et al., (2021). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 14 | Holck et al., (2018). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 15 | Ferrario et al., (2018). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 16 | Corrêa et al., (2020). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 17 | Ortiz-Solà et al., (2021). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 18 | Nicolau-Lapeña et al., (2021). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 19 | Costa et al., (2020). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 20 | Fenoglio et al., (2020). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 21 | Abadias et al., (2021) | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 22 | Elegbeleye et al., (2021). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 23 | Jeon & Ha, (2020) | Luz UV-A | X | | | 315nm a los 400nm |
| 24 | Guo et al., (2017). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 25 | Lippman et al., (2020), | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |

| | | | | | | |
|----|-----------------------------------|---------------------|---|---|---|-------------------|
| 26 | Mukhopadhyay et al., (2019). | No se especifica | | | | |
| 27 | Collazo, Noguera, et al., (2019). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 28 | Huang et al., (2018). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 29 | Akgün & Ünlütürk, (2017). | Luz UV-A y Luz UV-C | X | | X | 100nm a los 280nm |
| 30 | Ding et al., (2018). | Luz UV-A | X | | | 315nm a los 400nm |
| 31 | Barut Gök et al., (2021). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 32 | Kumar et al., (2017). | Luz UV-A | X | | | 315nm a los 400nm |
| 33 | Nicolau et al., (2020). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 34 | Estilo y Gabriel, (2018). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 35 | Huang & Chen, (2018) | Luz UV-B | | X | | 280nm a los 315nm |
| 36 | Hinds et al., (2020). | Luz UV-B | | X | | 280nm a los 315nm |
| 37 | Degala et al., (2018). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 38 | Huang y Chen, (2020). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
| 39 | Gabriel et al., (2020). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |

| | | | | | | |
|----|---|----------|--|--|---|-------------------|
| 40 | Collazo, Charles, et al., (2019). | Luz UV-C | | | X | 100nm a los 280nm |
|----|---|----------|--|--|---|-------------------|

Del análisis de la Tabla 3, se puede distinguir que, el tipo de luz UV más abordado por las investigaciones de los artículos analizados fue el tipo de luz UVC, pues estuvo representado por el 78% de las investigaciones. Asimismo, el segundo tipo de luz más abordado por las investigaciones analizadas fue el tipo de luz UVA, que estuvo representado por el 17% de las investigaciones analizadas. Y finalmente el tercer tipo de luz más tocado por las investigaciones analizadas fue el tipo de luz UVB. Además, cabe agregar que cada tipo de luz UV está directamente vinculado a un rango del espectro de luz UV medido en nanómetros. Siendo que, la luz UVA se distingue cuando existe una oscilación que va de los 315nm a los 400nm. La luz UVB se puede apreciar cuando la oscilación se da en el rango de los 280nm a los 315nm. La luz UVC se da en el rango de espectro de luz que oscila entre los 100nm y los 280nm.

Respecto a las investigaciones analizadas que aplicaron la luz UVC, representada por el 78% de los casos, se incluye la investigación de Collazo, Charles, et al., (2019), que destacan las propiedades de la luz UVC como tratamiento alternativo al cloro para inactivar patógenos listéricos en el brócoli, así como para reducir el riesgo de contaminación cruzada en el proceso de descontaminación, subrayando que el empleo de la luz UVC es una alternativa superior al cloro. Otra investigación que destaca las propiedades de la luz UVC fue la que efectuó Nicolau et al., (2020), quienes destacaron que al combinar la luz UVC con agua se alcanzan resultados similares a los del desinfectante más usado en la industria alimenticia que es el cloro, pero sin la desventaja que este último tiene que es la generación subproductos tóxicos por reacciones con la materia orgánica. Del mismo modo, Gabriel et al., (2020) comprobó la superioridad del empleo de la luz UVC en la inactivación de microorganismos estafilococos aureus introducidos posteriormente del procesamiento de granos de pimienta y especias en general. Continuando esta tendencia Guo et al., (2017), pudieron identificar que en el tratamiento del tomate la luz UVC seca ha sido suficiente, pero para la inactivación de la lechuga fue necesario combinar la mencionada luz con el agua, generando así una completa desinfección de los alimentos, con propiedades similares al cloro, pero sin los efectos negativos de este.

Sobre las investigaciones analizadas que aplicaron la luz UVA, representada por el 17% de los casos, se puede incluir a la investigación de Baykuş et al., (2021), que analizaron la inactivación en bebidas mixtas de frutas y verduras, incluyendo zanahoria, algarroba, uva, jengibre y limón, comprobándose que la luz UVB produjo reducciones logarítmicas más altas que la luz UVA, aunque estos resultados no fueron significativos. Por otro lado, Jeon & Ha, (2020) destacaron las propiedades que la luz UVA tiene en la inactivación de patógenos, como E. coli, S. typhimurium, y L. monocytogenes, cuando se le combina con el ácido fumárico, lo cual sugiere que existen elementos que en combinación con la luz UVA pueden garantizar una adecuada inactivación en jugos de frutas. Siendo que en las dos investigaciones se aprecia el empleo de la luz UVA para el tratamiento de bebidas orgánicas.

Respecto a las minoritarias investigaciones que analizaron la aplicación de la luz UVB, representada por el 5% de los casos, puede incluir al estudio de Hinds et al., (2020), quienes rescataron que la luz UVB posee efectos bacteriostáticos cuando se la emplea en la inactivación de caldo nutritivo de res, probándose que esta radiación resultó ser la más eficiente para el tratamiento de tal producto orgánico.

De lo antedicho puede apreciarse que, si bien la luz UVC es la más empleada y aparentemente la más eficaz en la inactivación de alimento orgánicos como frutas y verduras. Por su parte los otros tipos tipos de luz UV también tienen su nicho de eficacia, en el caso de la luz UVA en la inactivación de jugos de frutas y verduras y para el caso de la luz UVB en el tratamiento de carnes. Por lo tanto, los tres tipos de luces presentan propiedades inactivadoras, pero, se debe saber con que alimento orgánico emplearlas para garantiza su más alta eficacia.

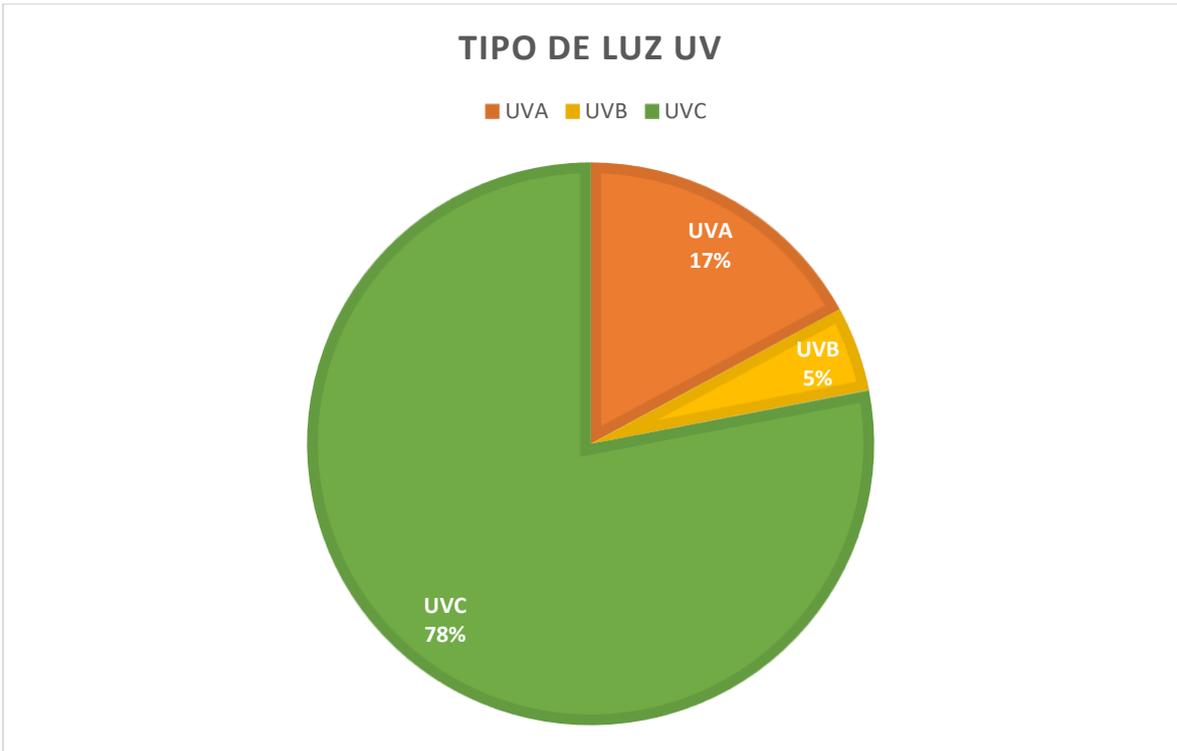


Figura 2: Porcentaje del tipo de luz UV

Del análisis de la Figura 7 se puede apreciar visualmente que, en los artículos de investigación analizados, los investigadores se centraron principalmente, en el estudio de la aplicación la luz UV-C, que fue abordada en el 78% de los estudios. En segundo lugar, los artículos analizados estuvieron referidos a la aplicación del tipo de luz UV-A, que fue abordada en el 17% de los estudios. Y en tercer lugar, las investigaciones analizadas se enfocaron en el empleo de la luz UV-B, que fue abordada en el 5% de los estudios.

4.2 Tiempos de exposición

Los resultados obtenidos de la revisión sistemática respecto a la categoría tiempos de exposición.

Tabla 4: Categoría "Tiempos de exposición"

| N° | Autores | Tiempo de exposición | Segundos | Minutos | Cantidad de segundo |
|----|--------------------------------|----------------------|----------|---------|---------------------|
| 01 | Baykuş et al., (2021). | 40 minutos | | X | 2400 |
| 02 | Guerrero y Ochoa (2021). | 1 minuto | | X | 60 |
| 03 | Kim y Song, (2017). | 18.24 minutos | | X | 1094.4 |
| 04 | Seok y Ha, (2021). | 90 minutos | | X | 5400 |
| 05 | Green et al., (2021). | 100 segundos | X | | 100 |
| 06 | Choi et al., (2017). | 20 minutos | | X | 1200 |
| 07 | Pagal y Gabriel, (2020). | No se especifica | | | |
| 08 | Roig-Sagués, et al., (2018). | 120 segundos | X | | 120 |
| 09 | Preetha et al., (2021). | 15 segundos | X | | 15 |
| 10 | Jeong y Ha, (2019). | 90 minutos | | X | 5400 |
| 11 | Pedrós-Garrido et al., (2018). | 30 segundos | X | | 30 |
| 12 | Narra et al., (2021). | 20 minutos | | X | 1200 |

| | | | | | |
|----|-----------------------------------|------------------|---|---|-----------|
| 13 | Rosario et al., (2021). | 400 segundos | X | | 400 |
| 14 | Holck et al., (2018). | 3,75 segundos | X | | 3,75 |
| 15 | Ferrario et al., (2018). | 30 minutos | | X | 1800 |
| 16 | Corrêa et al., (2020). | 4,5 y 10 minutos | | X | 270 y 600 |
| 17 | Ortiz-Solà et al., (2021). | 2 y 5 minutos | | X | 120 y 300 |
| 18 | Nicolau-Lapeña et al., (2021). | 120 segundos | X | | 120 |
| 19 | Costa et al., (2020). | 10 minutos | | X | 600 |
| 20 | Fenoglio et al., (2020). | 0-19 minutos | | X | 1140 |
| 21 | Abadias et al., (2021) | 3 y 5 minutos | | X | 180 y 300 |
| 22 | Elegbeleye et al., (2021). | 10 segundos | X | | 10 |
| 23 | Jeon & Ha, (2020) | 30 minutos | | X | 1800 |
| 24 | Guo et al., (2017). | 2 minutos | | X | 120 |
| 25 | Guo et al., (2017). | 2 y 5 minutos | | X | 120 y 300 |
| 26 | Mukhopadhyay et al., (2019). | 15seg y 2 min | X | X | 15 y 120 |
| 27 | Collazo, Noguera, et al., (2019). | 1 y 3 minutos | | X | 60 y 180 |
| 28 | Huang et al., (2018). | 2 minutos | | X | 120 |
| 29 | Akgün & Ünlütürk, (2017). | 40 minutos | | X | 2400 |
| 30 | Ding et al., (2018). | 30 minutos | | X | 1800 |

| | | | | | |
|----|-----------------------------------|------------------|---|---|------|
| 31 | Barut Gök et al., (2021). | No se especifica | | | |
| 32 | Kumar et al., (2017). | 60 minutos | | X | 3600 |
| 33 | Nicolau et al., (2020). | 5 minutos | | X | 300 |
| 34 | Estilo y Gabriel, (2018). | 15 minutos | | X | 900 |
| 35 | Huang & Chen, (2018) | 1 minuto | | X | 60 |
| 36 | Hinds et al., (2020). | 5 minutos | | X | 300 |
| 37 | Degala et al., (2018). | 2 minutos | | X | 120 |
| 38 | Huang y Chen, (2020). | 30 segundos | X | | 30 |
| 39 | Gabriel et al., (2020). | 90 minutos | | X | 5400 |
| 40 | Collazo, Charles, et al., (2019). | 120 segundos | X | | 120 |

De la Tabla 4 se distingue que, los tiempos de exposición más abordados, en los artículos de investigación analizados, estuvieron comprendidos en el rango de 5 min – 9 min, presente en el 41% de las investigaciones. Asimismo, en segundo lugar, el rango temporal que más se empleó fue el de segundos, presente en el 13% de las investigaciones, en tercer lugar, se aplicó el rango temporal de 20 min – 29 min. Asimismo, se puede distinguir que en las investigaciones analizadas los tiempos empleados no parecen guardar relación con una mayor efectividad, sino que su empleo a tenido principalmente fines experimentales y de conveniencia a los criterios de los investigadores, de cuyos resultados se han podido hallar que una mayor exposición no necesariamente produce mejores resultados.

Sobre las investigaciones analizadas que aplicaron los distintos tiempos de exposición se puede distinguir que la mayoría de estudios han trabajado con exposiciones efectuadas en minutos, prevaleciendo aquellas que tomaron un aproximado de 5 minutos, como sucede en la investigación de Nicolau et al., (2020), que empleó un tiempo de exposición de 5 minutos consiguiéndose una reducción significativa de la mesófilos aeróbicos en fresas, así como una disminución de 3,0 log CFU/g comparable al cloro de liesteria inocua y salmonela typhimurium. Del mismo modo, en la investigación de Hinds et al., (2020) se empleó un tiempo de exposición de 5 minutos para lograr la inactivación del bacillus subtilis en caldo nutritivo, logrando una reducción de 6 log₁₀, con lo que quedó demostrada la efectividad de la luz UV como tecnología bactericida.

Asimismo, otras investigaciones también emplearon tiempos de exposición consistentes en 2 minutos, como sucede en el estudio de Guo et al., (2017), que probaron la inactivación de salmonela en lechugas y tomates frescos logrando una disminución $PAG > 0,05$. Esto también puede apreciarse en la investigación de Nicolau-Lapeña et al. (2021), donde aplicando un periodo de exposición de 2 minutos se logró reducir un 5,3 unidades logarítmicas de escherichia coli en cáscara y jugo de manzana. Esto también puede apreciarse en la investigación de Degala et al., (2018), que empleando una exposición de 2 minutos obtuvieron una reducción microbiana sinérgica de 6,66 log/10UFC ml⁻¹ de escherichia coli en carne de cabra.

Por otro lado, los tiempos de exposición en segundos han sido considerados en una menor cantidad de las investigaciones de los artículos analizados, representados por el 28% de los casos, como sucede en la investigación elaborada por Guerrero y Ochoa (2021), quienes aplicando un tiempo de exposición de 60 segundos consiguieron una reducción logarítmica de >5 y 6 aplicada en la inactivación de escherichia coli y listeria inocua en jugo de manzana. Del mismo modo, Collazo, Noguera, et al., (2019), que aplicando un exposición de 60 segundos lograron una inactivación de patógenos como la listeria monocytogenes y la salmonela enterica de hasta $2,1 \pm 0,7 \log_{10}$ en lechuga.

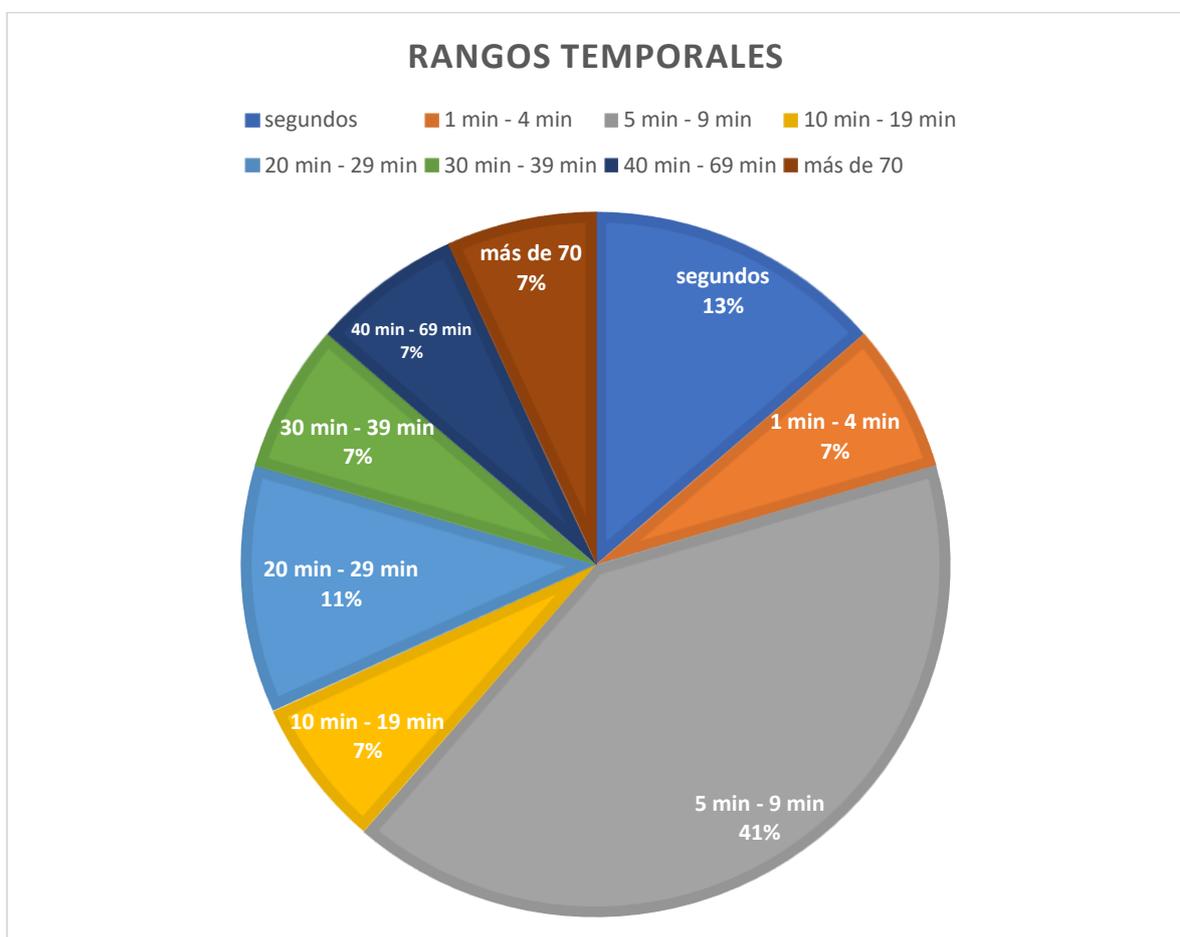


Figura 3: Rangos temporales de los tiempos de exposición

Del análisis de la Figura 8 se puede apreciar que, en los artículos de investigación analizados, los investigadores se centraron principalmente, en la exposición

realizada en el rango temporal de 5 min – 9 min, representado por el 41% de los casos. En segundo lugar, los investigadores se centraron en la exposición efectuada en el rango temporal de segundos, representado por el 13% de los casos. En tercer lugar, los investigadores aplicaron el rango temporal de 20 min – 269 min. Finalmente, los demás rangos temporales incluyendo: de 10 min – 19 min; 30 min – 39 min; 40 min – 69 min; 1 min – 4 min; se aplicaron en una misma proporción, representada por el 7% de los casos.

4.3. Alimento orgánico inoculado

Los resultados obtenidos de la revisión sistemática respecto a la categoría alimento orgánico inoculado.

Tabla 5: Categoría "Alimento orgánico inoculado"

| N° | Autores | Alimento orgánico inoculado | Fruta | Verdura | Carnes | Procesados | Prueba de laboratorio | Estado del alimento |
|----|--------------------------------|-------------------------------|-------|---------|--------|------------|-----------------------|---------------------|
| 01 | Baykuş et al., (2021). | Bebida mixta | X | X | | | | orgánico |
| 02 | Guerrero y Ochoa (2021). | Jugo de manzana uva y naranja | | X | | | | Orgánico |
| 03 | Kim y Song, (2017). | Ciruelas | X | | | | | Orgánico |
| 04 | Seok y Ha, (2021). | Queso | | | | X | | Orgánico |
| 05 | Green et al., (2021). | Tomate | | X | | | | Procesado |
| 06 | Choi et al., (2017). | Donchimi | | | | X | | Orgánico |
| 07 | Pagal y Gabriel, (2020). | Jugo de naranja | X | | | | | Orgánico |
| 08 | Roig-Sagués, et al., (2018). | Miel | | | | X | | Orgánico |
| 09 | Preetha et al., (2021). | Jugo de naranja, pina y coco | X | | | | | Orgánico |
| 10 | Jeong y Ha, (2019). | Hojas de espinaca | | X | | | | Orgánico |
| 11 | Pedrós-Garrido et al., (2018). | Salmon | | | X | | | Orgánico |

| | | | | | | | | |
|----|-----------------------------------|-------------------------------|---|---|---|---|--|----------|
| 12 | Narra et al., (2021). | Pimienta negra | X | | | | | Orgánico |
| 13 | Rosario et al., (2021). | Lomo curado brasileño | | | X | | | Orgánico |
| 14 | Holck et al., (2018). | Salmon | | | X | | | Orgánico |
| 15 | Ferrario et al., (2018). | Jugo de zanahoria y naranja | X | X | | | | Orgánico |
| 16 | Corrêa et al., (2020). | Carne de res, pollo y manzana | X | | | | | Orgánico |
| 17 | Ortiz-Solà et al., (2021). | Fresas | X | | | | | Orgánico |
| 18 | Nicolau-Lapeña et al., (2021). | Manzana | X | | | | | Orgánico |
| 19 | Costa et al., (2020). | Jugo de manzana | X | | | | | Orgánico |
| 20 | Fenoglio et al., (2020). | Jugo de pera | X | | | | | Orgánico |
| 21 | Abadias et al., (2021) | Tomate | | X | | | | Orgánico |
| 22 | Elegbeleye et al., (2021). | Leche | | | | X | | Orgánico |
| 23 | Jeon & Ha, (2020) | Jugo de manzana | X | | | | | Orgánico |
| 24 | Guo et al., (2017). | Tomate y lechuga | | X | | | | Orgánico |
| 25 | Guo et al., (2017). | Lechuga | | X | | | | Orgánico |
| 26 | Mukhopadhyay et al., (2019). | Espinaca | | X | | | | Orgánico |
| 27 | Collazo, Noguera, et al., (2019). | Lechuga y Espinaca | | X | | | | Orgánico |

| | | | | | | | | |
|----|-----------------------------------|--|---|---|---|---|---|----------|
| 28 | Huang et al., (2018). | Espinaca, lechuga, arandano, tomate, uva y zanahoria | X | X | | | | Orgánico |
| 29 | Akgün & Ünlütürk, (2017). | Jugo de manzana | X | | | | | Orgánico |
| 30 | Ding et al., (2018). | Productos frescos* | X | X | | | | Orgánico |
| 31 | Barut Gök et al., (2021). | Leche | | | | X | | Orgánico |
| 32 | Kumar et al., (2017). | No se especifica | | | | | X | Orgánico |
| 33 | Nicolau et al., (2020). | Fresas | X | | | | | Orgánico |
| 34 | Estilo y Gabriel, (2018). | Jugos de frutas | X | | | | | Orgánico |
| 35 | Huang & Chen, (2018) | Lechuga | | X | | | | Orgánico |
| 36 | Hinds et al., (2020). | Caldo nutritivo | | | | X | | Orgánico |
| 37 | Degala et al., (2018). | Carne de cabra | | | X | | | Orgánico |
| 38 | Huang y Chen, (2020). | Arandano, tomate y lechuga | X | X | | | | Orgánico |
| 39 | Gabriel et al., (2020). | Pimientos Negra | X | | | | | Orgánico |
| 40 | Collazo, Charles, et al., (2019). | Brocoli | | X | | | | Orgánico |

Del análisis de la Tabla 5, se puede distinguir que, los alimentos orgánicos inoculados que han sido más abordados por las investigaciones de los artículos analizados fueron las frutas representadas por el 42% de los casos, seguidas de las verduras representadas por el 33% de los casos, a las que después les siguieron las carnes que representaron el 9% de los casos. Asimismo, cabe agregar que los 3 tipos de alimentos mencionados son los que encajan mejor en lo que es un alimento orgánico.

Respecto a las frutas, representadas en el 42% de las investigaciones analizadas, se ha podido apreciar que en varias de estas investigaciones se ha trabajado con jugos de fruta, como sucede en la investigación de Guerrero y Ochoa (2021), que obtuvieron una reducción logarítmica de >6 en la inactivación de *Escherichia coli* y de 5,8 para *L. innocua*. Algo similar ocurre en el caso de Pagal y Gabriel (2020), que al trabajar en zumo de naranja lograron una reducción logarítmica de 5.0 en *Escherichia coli*. Del mismo modo, en la investigación de Preetha et al., (2021), se trabajó con jugo de naranja, piña y agua de coco, buscando la inactivación de *Escherichia coli*, lográndose una reducción de hasta 5,33 unidades logarítmicas. Al igual que en la investigación de Costa et al., (2020), donde al trabajarse en jugo de manzana se pudo conseguir una reducción de 5,7 log de *P. niveu*. En otra investigación, bajo la autoría de Fenoglio et al., (2020), se trabajó en jugo de pera, logrando una reducción logarítmica de hasta 5,5 para *L. plantarum*, *E. coli* y *S. cerevisiae*. Apreciándose la variedad de frutas en las cuales se han obtenido buenos resultados respecto a inactivación.

Respecto a las verduras, representadas en el 33% de las investigaciones analizadas, se ha podido distinguir que los microorganismos inoculados en estas se han logrado inactivar de manera exitosa en la totalidad de los casos, como sucede en la investigación de Jeong y Ha, (2019), que trabajaron con hojas de espinaca y luz UVA, logrando reducciones de hasta 3,50, 3,29 y 4,30 log CFU/ml de *Escherichia coli*, *typhimurium* y *L. monocitogenes* respectivamente. Algo similar se apreció en la investigación de Huang et al., (2018), que trabajaron con espinaca, lechuga, arándano, tomate y zanahoria, logrando alcanzar una reducción de nivel 0,9, 2,6, $>3,6$, 1,7 y 2,0 log CFU/g de *Salmonella* en los productos frescos para zanahoria, espinaca, lechuga, tomate y arándanos respectivamente. Otra

investigación con resultados similares fue la realizada por Huang y Chen, (2018), que trabajaron en la eliminación de salmonela en lechuga, logrando una reducción logarítmica de 2,1 a 2,8 log CFU.

Asimismo, en cuanto a las carnes, que fueron abordadas por el 9% de las investigaciones analizadas, se ha podido apreciar que, los tratamientos de inactivación han sido también exitosos, como sucede en el estudio de Hinds et al., (2020), que trabajaron con un caldo nutritivo aplicando luz UVC, obteniendo resultados de alta efectividad en la inactivación en caldo de res. Algo similar se apreció en el estudio de Pedrós-Garrido et al., (2018), que trabajaron en carne de salmón aplicando luz UVC, pudiendo obtener la máxima reducción de *L. monocytogenes* que fue de 2 log ciclos, probando que la tecnología UVC es eficaz en la reducción de poblaciones bacterianas en la carne de salmón crudo. De la misma manera la investigación de Holck et al., (2018), en la que trabajaron con salmón ahumado logrando una reducción de *listeria monocytogenes* de 0,7 unidades logarítmicas.

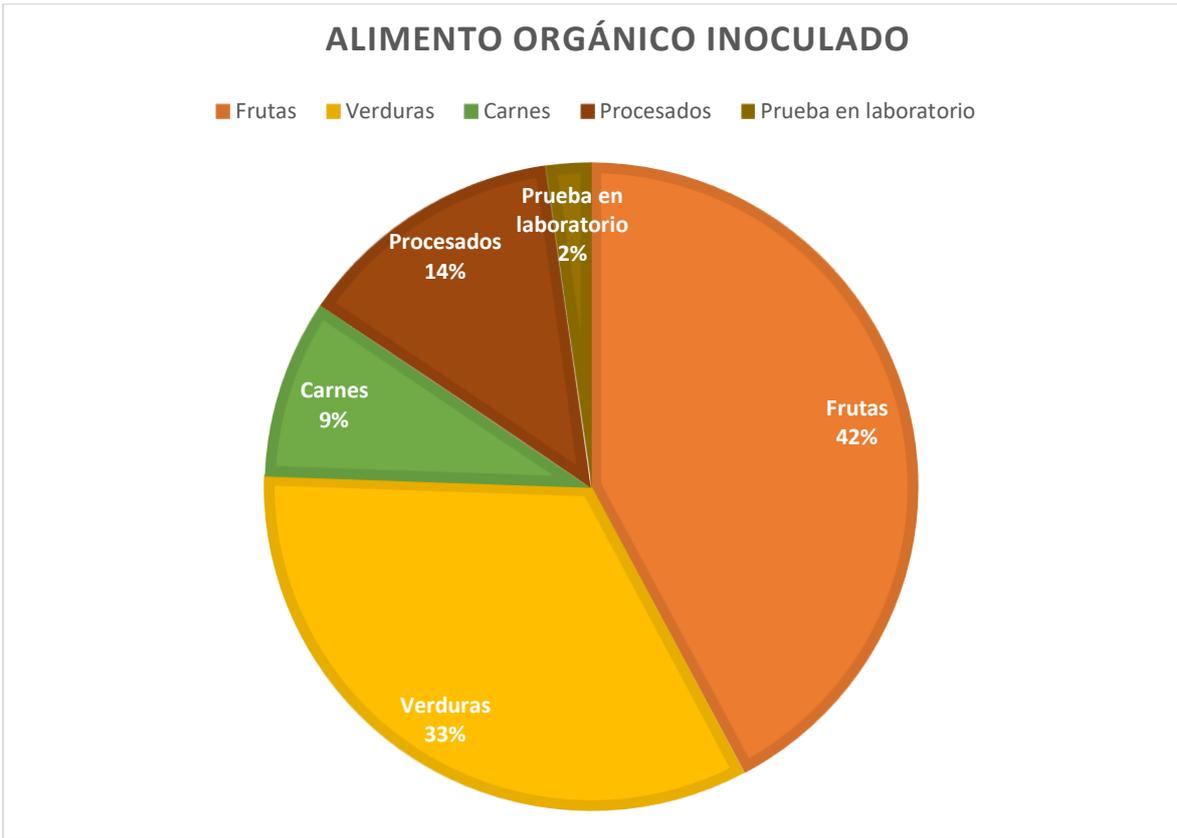


Figura 4: Porcentaje de alimento orgánico inoculado

Del análisis de la Figura 9 se puede apreciar que, en los artículos de investigación analizados, los investigadores se centraron principalmente, en el estudio de las frutas y las verduras, representadas por el 42% de los casos y el 33% respectivamente. A las que les siguieron el análisis de los procesados en el 14% de los casos, de las carnes en el 9% de los casos y en un mínimo 2% de los casos se dio el análisis en laboratorio.

V. CONCLUSIONES

En la presente revisión se analizaron investigaciones referidas a la aplicación de la luz UV, considerando como categorías a los Tipos de luz UV, los Tiempos de exposición y los Alimentos orgánicos inoculados.

Se encontraron tres tipos de luz UV, que son A, B y C, de los cuales el tipo C fue el más utilizado con un 78% del total, por ser el más eficaz en la inactivación de microorganismos en alimentos orgánicos como frutas y verduras. El tipo A resultó ser apropiado para la inactivación de microorganismos en jugos de frutas y verduras. Y, el tipo B presenta los mejores efectos en la inactivación de microorganismos en carnes.

El tiempo de exposición evidenció un rango temporal de 5 min – 9 min, llegando a representar el 41% del total. En segundo lugar, el rango temporal de (añadir el tiempo) segundos representado por el 13% del total. Quedando así evidenciado que para la eliminación de microorganismos es adecuado trabajar con una escala de 5 a 9 minutos manteniendo una intensidad moderada de (grado de intensidad) la luz UV aplicada.

En los Alimentos inoculados fueron las frutas con el 42%; las verduras con el 33%; alimentos procesados con el 14%; las carnes con el 9% y finalmente el grupo de prueba en laboratorio con el 2%. En conclusión la eliminación en estos alimentos fue satisfactoria para los microorganismos como la *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, entre otros.

VI. RECOMENDACIONES

Efectuar otras investigaciones dirigidas al análisis de las propiedades de la luz UV en la inactivación de microorganismos en productos oriundos del Perú.

Realizar investigaciones experimentales en las cuales se emplee alguno de los tipos de luz UV para inactivación microbiológica de productos comercializados en los mercados peruanos, ya estos estudios son principalmente efectuados en el extranjero y es necesario también tener evidencia nacional y local de la efectividad de estos tratamientos en la coyuntura nacional. Más aún, considerando que los productos distribuidos en la localidad de Moquegua vienen siendo regados con aguas residuales.

Realizar trabajos en concientización a la población sobre el empleo de la luz UV como un tratamiento de bajo costo que pudieran emplearse en los comercios locales para así incrementar la calidad de los productos expendidos en los mercados locales, lo que a su vez permitirá incidir en la salud de los consumidores peruanos y de sus familias.

Realizar trabajos de investigación en determinar efectos adversos al usar estas luces para la desinfección de alimentos.

REFERENCIAS

- Abadias, M., Colás-Medà, P., Viñas, I., Bobo, G., & Aguiló-Aguayo, I. (2021). Application of an innovative water-assisted ultraviolet C light technology for the inactivation of microorganisms in tomato processing industries. *Food Microbiology*, *94*, 103631. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103631>
- Akgün, M. P., & Ünlütürk, S. (2017). Effects of ultraviolet light emitting diodes (LEDs) on microbial and enzyme inactivation of apple juice. *International Journal of Food Microbiology*, *260*, 65-74. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.08.007>
- Assurian, A., Murphy, H., Ewing, L., Cinar, H. N., da Silva, A., & Almeria, S. (2020). Evaluation of the U.S. Food and Drug Administration validated molecular method for detection of *Cyclospora cayetanensis* oocysts on fresh and frozen berries. *Food Microbiology*, *87*, 103397. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103397>
- Avalos-Llano, K. R., Martín-Belloso, O., & Soliva-Fortuny, R. (2018). Effect of pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of fresh-cut strawberries. *Food Chemistry*, *264*, 393-400. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.028>
- Barut Gök, S., Vetter, E., Kromm, L., Hansjosten, E., Hensel, A., Gräf, V., & Stahl, M. (2021). Inactivation of *E. coli* and *L. innocua* in milk by a thin film UV-C reactor modified with flow guiding elements (FGE). *International Journal of Food Microbiology*, *343*, 109105. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109105>

- Baykuş, G., Akgün, M. P., & Unluturk, S. (2021). Efectos de los diodos emisores de luz ultravioleta (UV-LED) sobre la inactivación microbiana y los atributos de calidad de una bebida preparada a partir de una mezcla de jugo de zanahoria, algarroba, jengibre, uva y limón. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *67*, 102572. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102572>
- Callejón, R., Rodríguez-Naranjo, I., Ubeda, C., Hornedo-Ortega, R., Garcia-Parrilla, M. C., & Troncoso, A. (2015). Reported Foodborne Outbreaks Due to Fresh Produce in the United States and European Union: Trends and Causes. *Foodborne Pathogens and Disease*. <https://doi.org/10.1089/fpd.2014.1821>
- Casasempere-Satorres, A., & Vercher-Ferrándiz, M. L. (2020). Análisis documental bibliográfico. Obteniendo el máximo rendimiento a la revisión de la literatura en investigaciones cualitativas. *New Trends in Qualitative Research*, *4*, 247-257. <https://doi.org/10.36367/ntqr.4.2020.247-257>
- Centros para el Control y Prevención de Enfermedades. (2020, enero 21). *Alimentos asociados a enfermedades* [Informativa]. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/foodsafety/es/foods-linked-illness-es.html>
- Choi, E. J., Park, H. W., Yang, H. S., & Chun, H. H. (2017). Effects of combined treatment with ultraviolet-C irradiation and grape seed extract followed by supercooled storage on microbial inactivation and quality of dongchimi. *LWT - Food Science and Technology*, *85*, 110-120. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.07.011>

- Collazo, C., Charles, F., Aguiló-Aguayo, I., Marín-Sáez, J., Lafarga, T., Abadias, M., & Viñas, I. (2019). Decontamination of *Listeria innocua* from fresh-cut broccoli using UV-C applied in water or peroxyacetic acid, and dry-pulsed light. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 52, 438-449. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.02.004>
- Collazo, C., Noguera, V., Aguiló-Aguayo, I., Abadias, M., Colás-Medà, P., Nicolau, I., & Viñas, I. (2019). Assessing water-assisted UV-C light and its combination with peroxyacetic acid and *Pseudomonas graminis* CPA-7 for the inactivation and inhibition of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella enterica* in fresh-cut 'Iceberg' lettuce and baby spinach leaves. *International Journal of Food Microbiology*, 297, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.02.024>
- CONCYTEC. (2019). *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del SINACYT*. https://portal.concytec.gob.pe/images/noticias/Propuesta_del_nuevo_Reglamento_del_investigador.pdf
- Corrêa, T. Q., Blanco, K. C., Garcia, É. B., Perez, S. M. L., Chianfrone, D. J., Morais, V. S., & Bagnato, V. S. (2020). Effects of ultraviolet light and curcumin-mediated photodynamic inactivation on microbiological food safety: A study in meat and fruit. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, 30, 101678. <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2020.101678>
- Degala, H. L., Mahapatra, A. K., Demirci, A., & Kannan, G. (2018). Evaluation of non-thermal hurdle technology for ultraviolet-light to inactivate *Escherichia coli* K12 on goat meat surfaces. *Food Control*, 90, 113-120. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.042>

- Deng, L.-Z., Mujumdar, A. S., Pan, Z., Vidyarthi, S. K., Xu, J., Zielinska, M., & Xiao, H.-W. (2020). Emerging chemical and physical disinfection technologies of fruits and vegetables: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(15), 2481-2508. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1649633>
- Ding, Q., Alborzi, S., Bastarrachea, L. J., & Tikekar, R. V. (2018). Novel sanitization approach based on synergistic action of UV-A light and benzoic acid: Inactivation mechanism and a potential application in washing fresh produce. *Food Microbiology*, 72, 39-54. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.11.004>
- Dirección General de Salud. (2015). *La Inocuidad de los alimentos una prioridad de Salud Pública* [Institucional]. [digesa.minsa.gob.pe](http://www.digesa.minsa.gob.pe). <http://www.digesa.minsa.gob.pe/noticias/Abril2015/nota17.asp>
- EFSA. (2017). *The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2016— 2017— EFSA Journal—Wiley Online Library* [Institucional]. European Food Safety Authority. <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2903/j.efsa.2017.5077>
- Elegbeleye, J. A., Gervilla, R., Roig-Sagues, A. X., & Buys, E. M. (2021). Ultraviolet-C inactivation and hydrophobicity of *Bacillus subtilis* and *Bacillus velezensis* spores isolated from extended shelf-life milk. *International Journal of Food Microbiology*, 349, 109231. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109231>
- Estilo, E. E. C., & Gabriel, A. A. (2018). A model for the influences of soluble and insoluble solids, and treated volume on the ultraviolet-C resistance of heat-

- stressed *Salmonella enterica* in simulated fruit juices. *Food Microbiology*, 69, 72-81. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.06.019>
- Fenoglio, D., Ferrario, M., Schenk, M., & Guerrero, S. (2020). Effect of pilot-scale UV-C light treatment assisted by mild heat on *E. coli*, *L. plantarum* and *S. cerevisiae* inactivation in clear and turbid fruit juices. Storage study of surviving populations. *International Journal of Food Microbiology*, 332, 108767. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108767>
- Ferrario, M. I., Schenk, M. L., García Carrillo, M., & Guerrero, S. N. (2018). Development and quality assessment of a turbid carrot-orange juice blend processed by UV-C light assisted by mild heat and addition of Yerba Mate (*Ilex paraguariensis*) extract. *Food Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.06.149>
- Gabriel, A. A., David, M. M. C., Elpa, M. S. C., & Michelena, J. C. D. (2020). Decontamination of dried whole black peppercorns using ultraviolet-c irradiation. *Food Microbiology*, 88, 103401. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103401>
- Gerencia Regional de Salud de Moquegua. (2017). *Geresa Moquegua reporta aumento de enfermedades diarreicas en la región* [Periodística]. Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-geresa-moquegua-reporta-aumento-enfermedades-diarreicas-la-region-665195.aspx>
- Gobierno del Perú. (2015). *Consumo de alimentos no contaminados reduce el riesgo de contraer enfermedades* [Institucional]. gob.pe. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/30477-consumo-de-alimentos-no-contaminados-reduce-el-riesgo-de-contraer-enfermedades>

- Gouma, M., Álvarez, I., Condón, S., & Gayán, E. (2020). Pasteurization of carrot juice by combining UV-C and mild heat: Impact on shelf-life and quality compared to conventional thermal treatment. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, 102362. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102362>
- Green, A., Popović, V., Warriner, K., & Koutchma, T. (2020). The efficacy of UVC LEDs and low pressure mercury lamps for the reduction of Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes on produce. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 64, 102410. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102410>
- Guerrero-Beltrán, J. Á., & Ochoa-Velasco, C. E. (2021). Ultraviolet-C Light Technology and Systems for Preservation of Fruit Juices and Beverages. *Innovative Food Processing Technologies*, 210-226. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22937-5>
- Gündüz, G. T., Juneja, V. K., & Pazır, F. (2015). Application of ultraviolet-C light on oranges for the inactivation of postharvest wound pathogens. *Food Control*, 57, 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.04.003>
- Guo, S., Huang, R., & Chen, H. (2017). Application of water-assisted ultraviolet light in combination of chlorine and hydrogen peroxide to inactivate Salmonella on fresh produce. *International Journal of Food Microbiology*, 257, 101-109. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2017.06.017>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw Hill Interamericana. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp->

content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf

- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGrall Hill Education.
- Hinds, L. M., Charoux, C. M. G., Akhter, M., O'Donnell, C. P., & Tiwari, B. K. (2020). Effectiveness of a novel UV light emitting diode based technology for the microbial inactivation of *Bacillus subtilis* in model food systems. *Food Control*, 114, 106910. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106910>
- Holck, A., Liland, K. H., Carlehög, M., & Heir, E. (2018). Reductions of *Listeria monocytogenes* on cold-smoked and raw salmon fillets by UV-C and pulsed UV light. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 50, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.007>
- Huang, R., & Chen, H. (2018). Evaluation of inactivating *Salmonella* on iceberg lettuce shreds with washing process in combination with pulsed light, ultrasound and chlorine. *International Journal of Food Microbiology*, 285, 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.08.024>
- Huang, R., & Chen, H. (2019). Comparison of Water-Assisted Decontamination Systems of Pulsed Light and Ultraviolet for *Salmonella* Inactivation on Blueberry, Tomato, and Lettuce. *Journal of Food Science*, 84(5), 1145-1150. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14510>
- Huang, R., & Chen, H. (2020). Use of 254 nm ultraviolet light for decontamination of fresh produce and wash water. *Food Control*, 109, 106926. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106926>

- Huang, R., de Vries, D., & Chen, H. (2018). Strategies to enhance fresh produce decontamination using combined treatments of ultraviolet, washing and disinfectants. *International Journal of Food Microbiology*, 283, 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.06.014>
- Jeon, M.-J., & Ha, J.-W. (2020). Inactivating foodborne pathogens in apple juice by combined treatment with fumaric acid and ultraviolet-A light, and mechanisms of their synergistic bactericidal action. *Food Microbiology*, 87, 103387. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103387>
- Jeong, Y.-J., & Ha, J.-W. (2019). Combined treatment of UV-A radiation and acetic acid to control foodborne pathogens on spinach and characterization of their synergistic bactericidal mechanisms. *Food Control*, 106, 106698. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.024>
- Kim, H.-G., & Song, K. B. (2017). Combined treatment with chlorine dioxide gas, fumaric acid, and ultraviolet-C light for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* inoculated on plums. *Food Control*, 71, 371-375. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.07.022>
- Kumar, A., Ghate, V., Kim, M.-J., Zhou, W., Khoo, G. H., & Yuk, H.-G. (2017). Inactivation and changes in metabolic profile of selected foodborne bacteria by 460 nm LED illumination. *Food Microbiology*, 63, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2016.10.032>
- Kwaw, E., Ma, Y., Tchabo, W., Apaliya, M. T., Sackey, A. S., Wu, M., & Xiao, L. (2018). Effect of pulsed light treatment on the phytochemical, volatile, and sensorial attributes of lactic-acid-fermented mulberry juice. *International Journal of Food Properties*, 21(1), 213-228. <https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1446024>

- Lehto, M., Kuisma, R., Kymäläinen, H.-R., & Mäki, M. (2018). Neutral electrolyzed water (NEW), chlorine dioxide, organic acid based product, and ultraviolet-C for inactivation of microbes in fresh-cut vegetable washing waters. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1), e13354. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13354>
- Lim, W., & Harrison, M. A. (2016). Effectiveness of UV light as a means to reduce Salmonella contamination on tomatoes and food contact surfaces. *Food Control*, 66, 166-173. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.043>
- Lippman, B., Yao, S., Huang, R., & Chen, H. (2020). Evaluation of the combined treatment of ultraviolet light and peracetic acid as an alternative to chlorine washing for lettuce decontamination. *International Journal of Food Microbiology*, 323, 108590. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108590>
- Mahoney, L., Younis, B. A., & Simmons, C. W. (2018). A novel system for the treatment of wastewater from a tomato processing plant with UV light. *Water Practice and Technology*, 13(3), 662-672. <https://doi.org/10.2166/wpt.2018.064>
- Mansor, A., Shamsudin, R., Adzahan, N. M., & Hamidon, M. N. (2014). Efficacy of Ultraviolet Radiation as Non-thermal Treatment for the Inactivation of Salmonella Typhimurium TISTR 292 in Pineapple Fruit Juice. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 173-180. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.025>
- Menezes, N. M. C., Longhi, D. A., Ortiz, B. O., Junior, A. F., & de Aragão, G. M. F. (2020). Modelado de la inactivación de ascosporas de *Aspergillus fischeri* y *Paecilomyces niveus* en jugo de manzana por diferentes irradiaciones de luz

- ultravioleta. *International Journal of Food Microbiology*, 333, 108773.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108773>
- Ministerio de Salud del Perú. (2021). *Día mundial de la inocuidad de los alimentos 2021* [Institucional]. CDC MINSA.
<https://www.dge.gob.pe/portalnuevo/informativo/prensa/dia-mundial-de-la-inocuidad-de-los-alimentos-2021/>
- Mukhopadhyay, S., Sokorai, K., Ukuku, D. O., Fan, X., Olanya, M., & Juneja, V. (2019). Effects of pulsed light and sanitizer wash combination on inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, microbial loads and apparent quality of spinach leaves. *Food Microbiology*, 82, 127-134.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.01.022>
- Narra el, D., Xie, F., Kamble, P., Khan, Z., & Watson, I. (2021). Decontamination of *Escherichia coli* on dried onion flakes and black pepper using Infra-red, ultraviolet and ozone hurdle technologies. *Heliyon*, 7(6).
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07259>
- Nicolau-Lapeña, I., Abadias, M., Viñas, I., Bobo, G., Lafarga, T., Ribas-Agustí, A., & Aguiló-Aguayo, I. (2020). Water UV-C treatment alone or in combination with peracetic acid: A technology to maintain safety and quality of strawberries. *International Journal of Food Microbiology*, 335, 108887.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108887>
- Nicolau-Lapeña, I., Colás-Medà, P., Viñas, I., & Alegre, I. (2022). Inactivation of *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* and *Listeria monocytogenes* on apple peel and apple juice by ultraviolet C light treatments with two irradiation devices. *International Journal of Food Microbiology*, 364, 109535.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109535>

- Ochoa-Velasco, C. E., Cruz-González, M., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2014). Ultraviolet-C light inactivation of *Escherichia coli* and *Salmonella typhimurium* in coconut (*Cocos nucifera* L.) milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 199-204. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2014.07.001>
- Organización Mundial de la Salud. (2020). *Inocuidad de los alimentos* [Institucional]. Organización Mundial de la Salud. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety>
- Ortiz-Solà, J., Abadias, I., Colàs-Medà, P., Anguera, M., & Viñas, I. (2021). Inactivation of *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes* and murine norovirus (MNV-1) on fresh strawberries by conventional and water-assisted ultraviolet light (UV-C). *Postharvest Biology and Technology*, 174, 111447. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111447>
- Padilla-Bernal, L. E., & Pérez-Veyna, O. (2008). El consumidor potencial de durazno (*Prunus persica*) orgánico en Zacatecas, Aguascalientes y San Luis Potosí. *Agrociencia*, 42(3), 379-389. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-31952008000300012&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Pagal, G. A., & Gabriel, A. A. (2020). Individual and combined mild heat and UV-C processes for orange juice against *Escherichia coli* O157:H7. *LWT*, 126, 109295. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109295>
- Pedrós-Garrido, S., Condón-Abanto, S., Clemente, I., Beltrán, J. A., Lyng, J. G., Bolton, D., Brunton, N., & Whyte, P. (2018). Efficacy of ultraviolet light (UV-C) and pulsed light (PL) for the microbiological decontamination of raw salmon (*Salmo salar*) and food contact surface materials. *Innovative Food*

Science & Emerging Technologies, 50, 124-131.

<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.001>

Preetha, P., Pandiselvam, R., Varadharaju, N., Kennedy, Z. J., Balakrishnan, M., & Kothakota, A. (2021). Efecto del tratamiento con luz pulsada sobre la cinética de inactivación de *Escherichia coli* (MTCC 433) en jugos de frutas. *Food Control*, 121, 107547. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107547>

Roig-Sagués, A. X., Gervilla, R., Pixner, S., Terán-Peñafiel, T., & Hernández-Herrero, M. M. (2018). Bactericidal effect of ultraviolet-C treatments applied to honey. *LWT*, 89, 566-571. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.010>

Rosario, D. K. A., Mutz, Y. S., Castro, V. S., Bernardes, P. C., Rajkovic, A., & Conte-Junior, C. A. (2021). Optimization of UV-C light and lactic acid combined treatment in decontamination of sliced Brazilian dry-cured loin: *Salmonella Typhimurium* inactivation and physicochemical quality. *Meat Science*, 172, 108308. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108308>

Seok, J.-H., & Ha, J.-W. (2021). Synergistic mechanism and enhanced inactivation exhibited by UVA irradiation combined with citric acid against pathogenic bacteria on sliced cheese. *Food Control*, 124, 107861. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107861>

Shah, N. N. A. K., Shamsuddin, R., Rahman, R. A., & Adzahan, N. M. (2014). Effects of Physicochemical Characteristics of Pummelo Fruit Juice towards UV Inactivation of *Salmonella Typhimurium*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 43-52. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.007>

Unión Europea. (2019). *Reglamento de la Comisión* [Institucional]. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/229/oj/spa>

Actualización del Código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo, 0262-2020/UCV Código de ética en investigación de la Universidad César Vallejo 19 (2020). <https://www.ucv.edu.pe/wp-content/uploads/2020/11/RCUN%C2%B00262-2020-UCV-Aprueba-Actualizaci%C3%B3n-del-C%C3%B3digo-%C3%89tica-en-Investigaci%C3%B3n-1-1.pdf>

Vega-Malagón, G., Ávila-Morales, J., Vega-Malagón, A. J., Camacho-Calderón, N., Becerril-Santos, A., & Leo-Amador, G. E. (2014). Paradigmas en la investigación. Enfoque cuantitativo y cualitativo. *European Scientific Journal*, 10(15), 7. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/61258898/3477-1-10011-1-10-2014053020191118-44529-1gutn4z-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1645556680&Signature=SY7eN63jEfnrhQR~jW1cEWUdcmyM0xMFv3UDOAaw3PuBxVJ--w77oP1JUrwai495OOWtYx6M--cLfMf26kviBwVkdMUeWOxZrVy8d01Ua0uScr8xqdMt~kTLZJ-DryeyjDZ72iNBPwiA6j5Q2EOhegjPluANbRD8rDYu~JfNMKA-1U1~lkFqYX1Goywi0dKtojegFzNAqSrkmTy3sLSqbGNW-6StMu4xEicV2kgZCxNhq5tp3yNVa6hy8FH-19KfHv-T4nRqkAJRuKh0HUUpkQT6PsyD2L4vr5E2JDp4walnig6Ptbu9-obHNhk3R2XB9GUQ6wCaJQHLpk6LzksnFjg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Yepes-Nuñez, J. J., Urrútia, G., Romero-García, M., & Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790-799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>

ANEXOS

Anexo 1: Instrumento de investigación

| | | | |
|--|---------------------|--|--|
|  | | <h1>FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS</h1> | |
| <p>TÍTULO: Luz ultravioleta para la inactivación microbiológica en alimentos orgánicos: Revisión sistemática 2017-2021.</p> | | | |
| REVISTA: | AÑO DE PUBLICACION: | LUGAR DE PUBLICACION: | |
| TIPO DE INVESTIGACION: | | CÓDIGO: | |
| AUTOR(ES): | | | |
| PALABRAS CLAVES: | | | |
| TIPO DE LUZ UV | | | |
| TIEMPO DE EXPOSICIÓN | | | |
| DISTANCIA DE EXPOSICIÓN | | | |
| RESULTADOS: | | | |
| CONCLUSIONES: | | | |

ANEXO N°02: CERTIFICADO DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres del validador:** Dr. Espinoza Farfan Eduardo Ronald
- 1.2. Cargo e institución donde labora:** Director de la Escuela de Ing. Ambiental
- 1.3. Especialidad del validador:** Ing. Ambiental y de Recursos Naturales
- 1.4. Nombre del instrumento:** Ficha de recolección de datos
- 1.5. Título de la investigación:** “Luz ultravioleta para la inactivación microbiológica en alimentos orgánicos: Revisión sistemática 2017-2021”.
- 1.6. Autor del instrumento:** Vargas Toala, Edson Aaron

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | Deficiente 00-20% | Regular 21-40% | Buena 41-60% | Muy buena 61-80% | Excelente 81-100% |
|----------------------------------|--|----------------------|-------------------|-----------------|------------------------|----------------------|
| 1. Claridad | Está formulado con lenguaje apropiado y específico. | | | | | X |
| 2. Objetividad | Está expresado en conductas observables. | | | | | X |
| 3. Actualidad | Adecuado al avance de la ciencia y tecnología | | | | | X |
| 4. Organización | Existe una organización lógica. | | | | | X |
| 5. Suficiencia | Comprende los aspectos en cantidad y calidad. | | | | | X |
| 6. Intencionalidad | Adecuado para valorar aspectos de las estrategias | | | | | X |
| 7. Consistencia | Basados en aspectos teóricos-científicos. | | | | | X |
| 8. Coherencia | Entre los índices, indicadores y dimensiones | | | | | X |
| 9. Metodología | La estrategia responde al propósito del diagnóstico | | | | | X |
| 10. Pertinencia | El instrumento es funcional para el propósito de la investigación. | | | | | X |
| PROMEDIO DE LA VALIDACIÓN | | | | | | X |



III. PERTINENCIA DE LOS ÍTEMS



Categorías de la investigación

| CATEGORÍAS | SUBCATEGORÍAS | Suficiente | Medianamente suficiente | Insuficiente |
|-----------------------------|---|------------|-------------------------|--------------|
| Tipo de luz UV | Luz UV tipo A Luz UV tipo B Luz UV tipo C | X | | |
| Tiempo de exposición | Segundos Minutos | X | | |
| Alimentos orgánicos | Frutas Verduras Carnes Procesados Prueba en laboratorio | X | | |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

- () El instrumento puede ser aplicado, tal como está elaborado.
() El instrumento debe ser mejorado antes de ser aplicado.

Lima, 20 de agosto del 2022

Firma del experto informante

DNI N°: 40231227

Teléfono: 995666022



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Luz ultravioleta para la inactivación microbiológica en alimentos orgánicos: Revisión sistemática 2017-2021", cuyo autor es VARGAS TOALA EDSON AARON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 7.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 21 de Octubre del 2022

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|--|
| QUIJANO PACHECO WILBER SAMUEL DNI: 06082600 ORCID: 0000-0001-7889 -7928 | Firmado electrónicamente por: WLSAMUELQUP el 29-10-2022 13:21:39 |

Código documento Trilce: TRI - 0435292