

# Efecto de *Capsicum pubescens* “ají rocoto” sobre la supervivencia in vitro de *Staphylococcus aureus*

The effect of *Capsicum pubescens* "rocoto pepper" on the in vitro survival of *Staphylococcus aureus*

Pérez-Cubas, Gildert<sup>1\*</sup>; Adrianzen-Guzman, Olga Lorena<sup>1</sup>; Gonzales-Castro, Karla Lucía<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>; Leyva-Fernández, Daniela Anapaula<sup>1</sup>; Romero-Izquierdo, Alisson Karito<sup>1</sup>; Vásquez-Mena, Nílton<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de Jaén, Jaén, Perú

<sup>2</sup>Hospital General de Jaén, Jaén, Perú

Recibido: 24/08/2025 | Aceptado: 16/05/2025 | Publicado: 18/12/2025

Correspondencia\*: [gildert.perez@est.unj.edu.pe](mailto:gildert.perez@est.unj.edu.pe)

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto antimicrobiano de *Capsicum pubescens* (ají rocoto) sobre la supervivencia de *Staphylococcus aureus*, una bacteria patógena asociada a diversas infecciones. El estudio buscó explorar alternativas naturales para combatir la proliferación de este patógeno, aprovechando las propiedades antimicrobianas del rocoto. Se prepararon extractos de *Capsicum pubescens* y se evaluó su efecto en *S. aureus* aislado de un donante voluntario. Para ello, se utilizó el método de incubación a 4°C y recuento de colonias en Agar base sangre, observando las concentraciones de 20%, 25% y 30% de crema de ají rocoto. Los resultados mostraron que todas las concentraciones evaluadas inhibieron el crecimiento bacteriano, con una mayor efectividad en las concentraciones de 25% y 30%. Los hallazgos sugieren que *Capsicum pubescens* podría ser una alternativa natural efectiva para el tratamiento de infecciones bacterianas, especialmente aquellas causadas por *S. aureus*, y abre la posibilidad de seguir investigando su uso en terapias alternativas a los antibióticos convencionales.

**Palabras clave:** Actividad bacteriana; alternativas naturales; extracto de *Capsicum pubescens*; inhibición de *Staphylococcus aureus*; propiedades antimicrobianas

## ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the antimicrobial effect of *Capsicum pubescens* (rocoto) on the survival of *Staphylococcus aureus*; a pathogenic bacterium associated with various infections. The study aimed to explore natural alternatives to combat the proliferation of this pathogen, leveraging the antimicrobial properties of rocoto. Extracts of *Capsicum pubescens* were prepared and their effect on *S. aureus* isolated from a volunteer donor was evaluated. The incubation method at 4°C and colony counting on blood agar were used, with concentrations of 20%, 25%, and 30% rocoto cream. The results showed that all evaluated concentrations inhibited bacterial growth, with higher effectiveness at 25% and 30% concentrations. The findings suggest that *Capsicum pubescens* could be an effective natural alternative for the treatment of bacterial infections, particularly those caused by *S. aureus*, and open the possibility for further investigation into its use in therapies as an alternative to conventional antibiotics.

**Keywords:** Bacterial activity; natural alternatives; *Capsicum pubescens* extract; inhibition of *Staphylococcus aureus*; antimicrobial properties

**Cómo citar este artículo:** Pérez-Cubas, G., Adrianzen-Guzman, O. L., Gonzales-Castro, K. L., Leyva-Fernández, D. A., Romero-Izquierdo, A.K. & Vásquez-Mena, N. (2025). Efecto de *Capsicum pubescens* “ají rocoto” sobre la supervivencia in vitro de *Staphylococcus aureus*. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 6(2), 81-89. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v6i2.373>

## 1. INTRODUCCIÓN

La resistencia a los antibióticos por parte de los microorganismos se ha dado mucho antes de la interacción con los seres humanos, siendo un claro ejemplo de los principios de la evolución de Darwin, donde la adaptación a entornos hostiles impulsa dicho proceso evolutivo. El uso clínico de antibióticos potentes, como la penicilina, junto con otros muchos agentes antimicrobianos, los cuales son sustancias naturales generadas por organismos vivos, ha generado una presión selectiva ambiental que facilita la evolución adaptativa (Füchtbauer et al., 2021).

En los últimos años, el interés por descubrir nuevas sustancias antimicrobianas provenientes de plantas ha crecido muchísimo, y esto se puede ver claramente en la cantidad de investigaciones que se han hecho al respecto. Este renovado enfoque tiene mucho que ver con la medicina tradicional de muchas culturas, que ha utilizado las plantas y sus extractos de diferentes maneras, mostrando su gran potencial en la salud. Un compuesto clave en este tema es la capsaicina, una sustancia que se extrae de plantas como el *Capsicum*, incluyendo el *Capsicum pubescens* o ají rocoto, que ha mostrado tener propiedades antimicrobianas muy interesantes (Nakamoto et al., 2019; Periferakis et al., 2023; Periferakis et al., 2022; Bangar et al., 2023; Vuković et al., 2023; Valipour et al., 2023; Gahongayire et al., 2018).

La capsaicina, un compuesto alcaloide fenólico perteneciente a los capsaicinoides contiene nitrógeno, se conoce como (8-metil-N-vanillil-6-nonanamida) (Srinivasan, 2016; Periferakis et al., 2023). En sus inicios, el término "capsaicina" hacía referencia a varios compuestos extraídos de la oleoresina de *Capsicum*. Sin embargo, hoy en día se utiliza específicamente para nombrar a esta sustancia en particular, mientras que los demás compuestos relacionados reciben el nombre de capsaicinoides (Naves et al., 2019; Gahongayire et al., 2018).

La interacción de las cadenas de quitosano genera una carga que provoca la protonación de los compuestos aminoacídicos mediante metilación, lo que lleva a la formación de una capa más gruesa de partículas poliméricas cargadas. Este proceso facilita la actividad antimicrobiana. En una investigación, se evaluó los polímeros de quitosano frente a bacterias Grampositivas y Gramnegativas, específicamente *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Los resultados obtenidos a partir de las mediciones de turbidez mostraron variaciones según el material utilizado y el crecimiento de *S. aureus*, mientras que *E. coli* mostró una menor respuesta al *Capsicum annuum* y al quitosano. Además, la eficacia antimicrobiana estuvo influenciada por la compleja adaptación espacial del polímero (Goy et al., 2016; Sami, Almatrafi, et al., 2021; Sami, Khojah, et al., 2021; Sami, Elhakem, et al., 2021; Sami, Soltane, et al., 2021; Aldayel, 2023; Gahongayire et al., 2018).

En consecuencia, resulta de enorme importancia encontrar formas novedosas y asequibles de abordar las infecciones causadas por *S. aureus*. Una de estas formas podría ser estudiar los compuestos naturales presentes en plantas como *C. pubescens* (ají rocoto), debido a sus conocidas propiedades antimicrobianas. Estos compuestos podrían actuar de manera independiente o en sinergia con antibióticos ya establecidos, proporcionando una alternativa valiosa en el tratamiento de infecciones bacterianas.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación es de tipo básico, descriptivo y experimental, con el objetivo de ampliar el conocimiento científico a través de teorías y conceptos fundamentales, sin una aplicación inmediata. Su propósito es analizar y documentar las características y comportamientos de un fenómeno específico, además de examinar los efectos de una variable independiente sobre una variable dependiente mediante la manipulación y control de las condiciones experimentales. Emplea

métodos rigurosos para probar hipótesis y sentar las bases para investigaciones futuras y avances tecnológicos (Muntané Relat, 2010; Hernández Sampieri et al., 2014).

## 2.1. Población y muestra

En la presente investigación, se estudió el efecto de *C. pubescens* “ají rocoto” sobre la supervivencia in vitro de *S. aureus*, donde nuestra muestra de estudio consistió en 300 gramos de *C. pubescens* (ají rocoto) y una cepa de *S. aureus* aisladas de la cavidad oral de un donante voluntario.

## 2.2. Criterios de inclusión

Se incluyeron estudios que utilizaron especies de *Capsicum* en su forma fresca para preparar el extracto, con el objetivo de evaluar su efecto antimicrobiano sobre *S. aureus*. Además, se incluyó una cepa de *S. aureus* aislada de la cavidad oral de un donante voluntario, caracterizada por pruebas de tinción de Gram y pruebas de coagulasa y catalasa.

## 2.3. Criterios de exclusión

Se excluyeron estudios que no utilizaron *S. aureus* como patógeno principal o que emplearon cepas no caracterizadas adecuadamente

## 2.4. Consideraciones éticas

La investigación cumplió con los principios éticos de honestidad y responsabilidad científica, protegiendo la confidencialidad de la información relacionada con el donante y respetando sus derechos. Se siguieron las disposiciones legales en salud y en investigaciones biomédicas, gestionando adecuadamente los residuos biológicos generados durante el proceso. Los investigadores mantuvieron imparcialidad y ausencia de conflictos de interés, enfocándose en generar conocimiento sobre el efecto de *C. pubescens* en la supervivencia de *S. aureus* para contribuir al avance en el control de infecciones bacterianas y la salud pública (Mayorga-Ponce et al., 2021).

## 2.5. Aislamiento, selección e identificación de *Staphylococcus aureus*

La muestra consistió en un hisopado nasofaríngeo de un donante saludable y voluntario, con 19 años, de la ciudad de Jaén, Cajamarca, Perú. La muestra fue recolectada con el consentimiento informado del donante, utilizando un hisopo estéril. Se colocó en un tubo estéril con 5 mL de Caldo Brain Heart Infusion y se incubó a 37°C durante 24 horas en condiciones aeróbicas. Posteriormente, se inoculó una alícuota de la muestra en placas con Agar Sal de Bile Esencia de Manitol (Mannitol Salt Agar, MSA), incubándola a 37°C durante 24 a 48 horas. La cepa de *S. aureus* fue seleccionada según su morfología colonial y observación microscópica tras la tinción de Gram. Al realizar las pruebas para la identificación de *S. aureus*, se comprobó que la muestra mostró las características distintivas del género, resultando positivo para la catalasa, coagulasa y la producción de ácido a partir de manitol.

## 2.6. Preparación de la crema de rocoto

En cuanto al método de preparación de la crema de rocoto utilizado en este estudio, se ha basado en el procedimiento estandarizado descrito por Espinoza Gillermo & Lázaro Guzmán (2016). Este procedimiento está ampliamente detallado en su investigación y sigue un protocolo estandarizado que incluye pasos específicos como el lavado, corte, licuado y pasteurización a 65°C durante 30 minutos en baño María, con el fin de asegurar la seguridad microbiológica y la estabilidad del

producto final. En esta investigación, se utilizaron 300 gramos de *C. pubescens* (ají rocoto) para la preparación, siguiendo este mismo protocolo para garantizar la calidad y consistencia del proceso.

### **2.7. Efecto antimicrobiano de *C. pubescens* sobre *S. aureus* (Preparación del inóculo)**

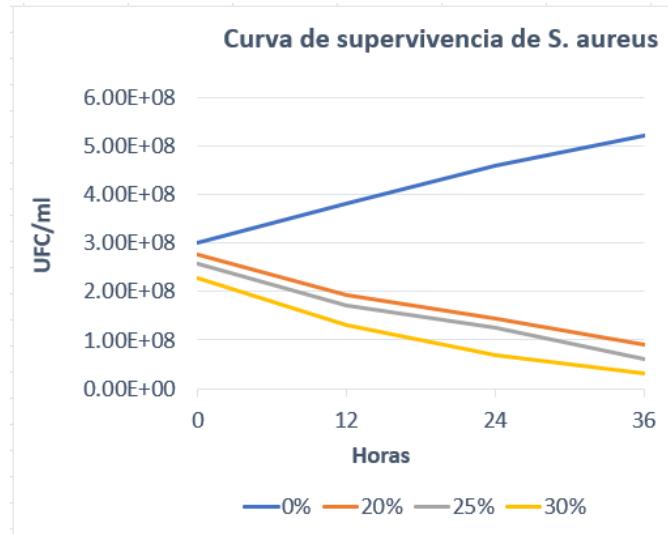
El procedimiento para la preparación del inóculo, la dilución y la siembra en las placas de agar se basó en métodos estandarizados reconocidos en la microbiología. Específicamente, nos guiamos por los protocolos descritos por Goy et al. (2016) y Gahongayire et al. (2018), quienes emplearon técnicas validadas para evaluar la actividad antimicrobiana de extractos de *Capsicum* y compuestos derivados de quitosano. Asimismo, Gahongayire et al. (2018) realizaron diluciones decimales de los extractos y siembra en placas de agar base sangre para observar la inhibición del crecimiento bacteriano. Similarmente, Goy et al. (2016) utilizaron el método de siembra por superficie para evaluar la actividad antimicrobiana en *S. aureus*.

En esta investigación, el inóculo de *Staphylococcus aureus* fue preparado a partir de un cultivo joven, el cual se estandarizó a una concentración de  $3 \times 10^8$  UFC/mL, siguiendo el estándar de Nefelómetro de McFarland (tubo N°1). Al inicio del experimento (0 horas), se extrajeron 10 g de crema homogenizada de cada sistema de ensayo y se diluyeron con 90 mL de agua destilada. A partir de esta mezcla, se realizaron diluciones decimales en tubos de ensayo con 9 mL de agua destilada, y se sembraron 0.1 mL de cada dilución en placas con agar base sangre utilizando el método de siembra por superficie. Las placas se incubaron a 37°C durante 24 horas, utilizando dos placas para cada dilución. Este proceso se repitió a las 12, 24 y 36 horas de incubación para cada sistema de ensayo. Después de cada periodo de incubación, se realizó un recuento de las colonias por mL. Todo el procedimiento se realizó en triplicado para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados.

### **2.8. Análisis de datos**

Los recuentos de colonias se organizaron en tablas y se calcularon los promedios de las tres repeticiones. Luego, se elaboraron las curvas de supervivencia de *S. aureus* bajo las condiciones evaluadas. Al final, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y una prueba de comparación de medias de Tukey, con un nivel de significancia de 0.05 (Wayne, 2006).

## **3. RESULTADOS**



**Figura 1.** Supervivencia de *S. aureus* en crema de ají rocoto a diferentes concentraciones en relación al tiempo de incubación en condiciones de refrigeración a 4°C.

En la figura 1 se presentan las curvas de supervivencia de *S. aureus* en crema de ají rocoto (*C. pubescens*) con concentraciones de 0% (control), 20%, 25% y 30%, evaluadas durante un periodo de 36 horas a 4 °C. En el sistema control, sin adición de ají, se aprecia un crecimiento progresivo del microorganismo a lo largo del tiempo, reflejando la capacidad de *S. aureus* de multiplicarse incluso bajo condiciones de refrigeración.

Por el contrario, en los sistemas que contenían crema con ají rocoto se observó una tendencia opuesta: conforme aumentó la concentración del extracto, el crecimiento bacteriano se redujo visiblemente. En las concentraciones de 20% y 25% se evidenció una inhibición parcial del crecimiento, mientras que la concentración de 30% mostró la mayor reducción de la densidad bacteriana, indicando un efecto antimicrobiano más pronunciado.

Esta figura evidencia de manera gráfica un efecto dosis-dependiente, donde las concentraciones más elevadas del extracto ejercen un mayor control sobre la viabilidad de *S. aureus*. El comportamiento observado sugiere que los compuestos bioactivos del ají rocoto, principalmente los capsaicinoides y compuestos fenólicos, interfieren en la estructura y función de la membrana bacteriana, dificultando su crecimiento y reproducción.

**Tabla 1.** Efecto inhibitorio dosis dependiente de *Capsicum pubescens* sobre *S. aureus* (Log<sub>10</sub> UFC/mL)

Tiempo	Control (0%)	Rocoto (20%)	Rocoto (25%)	Rocoto (30%)	Reducción Log (30% vs. Control)
0 horas	8.48	8.48	8.48	8.48	0.00
12 horas	8.70	7.90	7.60	7.20	1.50
24 horas	8.90	7.40	6.90	6.20	2.70
36 horas	9.10	6.90	6.20	5.20	3.90

La tabla 1 evidencia un efecto inhibitorio dosis-dependiente del extracto de *Capsicum pubescens* (rocoto) sobre *Staphylococcus aureus* durante el almacenamiento a 4 °C por 36 horas. En el control (0%), el recuento bacteriano aumenta de manera progresiva desde 8.48 hasta 9.10 log UFC/mL, lo que confirma la viabilidad y capacidad de crecimiento del microorganismo bajo las condiciones del ensayo.

En contraste, los tratamientos con rocoto al 20%, 25% y 30% muestran una disminución sostenida del recuento bacteriano a lo largo del tiempo, con una magnitud de inhibición proporcional a la concentración. A las 12 horas, ya se observa una reducción clara respecto al control (hasta 1.50 log UFC/mL con 30%), lo que indica un inicio temprano de la actividad antimicrobiana. Esta tendencia se acentúa a las 24 horas, cuando las reducciones alcanzan 2.70 log UFC/mL con 30%, y se consolida a las 36 horas, donde el tratamiento al 30% logra la mayor eficacia, reduciendo 3.90 log UFC/mL en comparación con el control ( $p < 0.001$ ).

Comparativamente, el 25% y 20% también presentan efectos inhibitorios relevantes, aunque de menor magnitud, lo que refuerza el carácter concentración-dependiente del extracto. En conjunto, los resultados sugieren que *C. pubescens* posee un potencial antimicrobiano significativo frente a *S. aureus*, capaz de limitar el crecimiento bacteriano incluso a baja temperatura, con implicancias prácticas para su uso como agente natural conservante o inhibidor microbiano en matrices alimentarias o sistemas de conservación.

#### 4. DISCUSIÓN

Las concentraciones de 20%, 25% y 30% de *Capsicum pubescens* incorporadas en la crema de rocoto evidenciaron un efecto inhibitorio significativo sobre la supervivencia de *Staphylococcus aureus* durante el almacenamiento a 4 °C, observándose una relación dosis dependiente, en la que

la reducción bacteriana se intensificó conforme aumentó la concentración del extracto. Desde las primeras horas de incubación, todas las formulaciones con rocoto mostraron una disminución progresiva del crecimiento microbiano, mientras que el sistema control, carente de ají, presentó un incremento sostenido de la población bacteriana hasta las 36 horas, confirmando la ausencia de factores inhibitorios en dicha matriz.

Estos resultados guardan concordancia parcial con lo reportado por Carhuanchó González & Huarcaya Estrada (2018), quienes demostraron la actividad antimicrobiana del *C. pubescens* frente a cepas estándar de *S. aureus* mediante la formación de halos de inhibición utilizando extracto etanólico. No obstante, es importante destacar que, a diferencia de dicho estudio, en la presente investigación se empleó un extracto acuoso incorporado en una matriz alimentaria, lo que introduce variaciones relevantes en la disponibilidad, estabilidad y difusión de los compuestos bioactivos. Mientras que los extractos etanólicos favorecen una mayor solubilización de capsaicinoides y compuestos fenólicos, los extractos acuosos tienden a liberar estos metabolitos de manera más gradual, lo que podría explicar la inhibición progresiva y sostenida observada durante el periodo de refrigeración. En este sentido, ambos estudios confirman la acción antimicrobiana del rocoto, aunque evidencian que su eficacia está condicionada por el tipo de extracto y el medio de aplicación, demostrando que *C. pubescens* mantiene su potencial inhibitorio incluso bajo condiciones de baja temperatura.

Al comparar estos hallazgos con otras especies del género *Capsicum*, como *C. chinense* ("ají panca") y *C. annuum* ("pimiento"), el estudio de Salazar Sánchez (2016) reportó la ausencia de un efecto bacteriostático frente a *S. aureus* ATCC 25923, aunque sí evidenció un efecto bactericida a concentraciones de 25%, 12.5% y 6.25%. Las diferencias observadas en la eficacia antimicrobiana entre estas especies y *C. pubescens* podrían atribuirse a la composición fitoquímica particular del rocoto, caracterizada por una mayor concentración y diversidad de capsaicinoides y compuestos fenólicos, metabolitos secundarios ampliamente reconocidos por sus propiedades antibacterianas. Desde una perspectiva crítica, estos resultados sugieren que la actividad antimicrobiana no depende exclusivamente de la especie vegetal, sino también de factores como el perfil de metabolitos secundarios predominantes, el grado de madurez del fruto y el método de extracción empleado. En el caso específico de *C. pubescens*, su perfil químico más complejo podría explicar su mayor capacidad para inhibir el crecimiento de *S. aureus* en comparación con otras variedades del género.

Finalmente, los hallazgos del presente estudio confirman que *C. pubescens* (rocoto) ejerce un efecto inhibitorio significativo sobre *S. aureus* a concentraciones de 20%, 25% y 30%, siendo este efecto evidente desde las primeras horas de almacenamiento a 4 °C. Si bien estos resultados sugieren su potencial como alternativa natural para el control microbiano, es pertinente compararlos con lo reportado por Espinoza Gillermo & Lázaro Guzmán (2016), quienes evaluaron la capacidad antioxidante y el contenido de polifenoles totales del extracto metanólico de rocoto. Aunque el enfoque de dicho estudio fue distinto, ambos trabajos coinciden en resaltar el valor funcional y terapéutico del *C. pubescens*, atribuido principalmente a sus compuestos fenólicos y capsaicinoides. Mientras Espinoza Acebedo (2019) empleó métodos como DPPH y Folin-Ciocalteu para evaluar la actividad antioxidante, el presente estudio utilizó ensayos de incubación y refrigeración para determinar el efecto sobre la supervivencia bacteriana, reforzando de manera complementaria la evidencia de que los compuestos bioactivos del rocoto poseen un amplio potencial para aplicaciones en salud y conservación de alimentos.

## CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en esta investigación demostraron que *C. pubescens* (rocoto) tiene un efecto inhibitorio significativo sobre la supervivencia de *S. aureus* en concentraciones de 20%, 25% y 30%. La inhibición fue evidente desde las primeras horas de incubación, sugiriendo que el rocoto podría ser una alternativa natural efectiva en el tratamiento de infecciones bacterianas. Las propiedades antimicrobianas del rocoto, destacadas en este estudio, ofrecen un potencial valioso para el desarrollo de terapias alternativas a los antibióticos convencionales.

## FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio.

## CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, Curación de datos, Análisis formal, Investigación, Metodología, Software, Redacción - borrador original, Redacción - revisión y edición: Pérez-Cubas, G., Adrianzen-Guzman, O. L., Gonzales-Castro, K. L., Leyva-Fernández, D. A., Romero-Izquierdo, A.K. & Vásquez-Mena, N.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aldayel, M. F. (2023). The synergistic effect of capsicum aqueous extract (*Capsicum annuum*) and chitosan against multidrug-resistant bacteria. *Journal of King Saud University - Science*, 35(2), 102438. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102438>
- Bangar, S. P., Chaudhary, V., Sharma, N., Bansal, V., Ozogul, F., & Lorenzo, J. M. (2023). Kaempferol: A flavonoid with wider biological activities and its applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(28), 9580–9604. <https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2067121>
- Carhuanchó González, P. E., & Huarcaya Estrada, J. W. (2018). *Efecto antibacteriano a diferentes concentraciones del extracto etanólico del fruto de Capsicum pubescens “rocoto” en cepas estándares*. 21–22. <http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2299/TITULO - CARHUANCHO - HUARCAYA.pdf?sequence=4&isAllowed=>
- Espinoza Acebedo, K. L. (2019). *Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales del extracto metanolico del fruto Capsicum pubescens(Rocoto)*. 0–3.
- Espinoza Gillermo, A. C., & Lázaro Guzmán, Y. Y. (2016). Elaboración de crema picante a base de (*Capsicum pubescens*) rocoto y (*Satureja panicera*) panizara. In *Вестник Росздравнадзора* (Vol. 17, Issue 2).
- Füchtbauer, S., Mousavi, S., Bereswill, S., & Heimesaat, M. M. (2021). Antibacterial properties of capsaicin and its derivatives and their potential to fight antibiotic resistance – A literature survey. *European Journal of Microbiology and Immunology*, 11(1), 10–17. <https://doi.org/10.1556/1886.2021.00003>
- Gahongayire, S., Ntulume, I., Ervine, K., Évariste, B., & Aliero, A. A. (2018). In vitro antibacterial activity of ethanolic crude extracts of *Capsicum annum* against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* isolated from pus and stool samples at Ruhengeri Referral Hospital, Rwanda. *Novel Research in Microbiology Journal*, 2(6), 156–166. <https://doi.org/10.21608/NRMJ.2018.22708>

- Goy, R. C., Morais, S. T. B., & Assis, O. B. G. (2016). Evaluation of the antimicrobial activity of chitosan and its quaternized derivative on *E. coli* and *S. aureus* growth. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(1), 122–127. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.09.010>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*.
- Mayorga-Ponce, R. B., Monroy-Hernández, A., Hernández-Rubio, J., Roldan-Carpio, A., & Reyes-Torres, S. B. (2021). Programa SPSS SPSS Program. *Publicación Semestral*, 10(21), 282–284. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/ICSA/issue/archive>
- Muntané Relat, J. (2010). *Introducción a la investigación básica*. 33(3), 221–227.
- Nakamoto, M., Kunimura, K., Suzuki, J., & Kodera, Y. (2019). Antimicrobial properties of hydrophobic compounds in garlic: Allicin, vinylidithiin, ajoene and diallyl polysulfides (Review). *Experimental and Therapeutic Medicine*. <https://doi.org/10.3892/etm.2019.8388>
- Naves, E. R., de Ávila Silva, L., Sulpice, R., Araújo, W. L., Nunes-Nesi, A., Peres, L. E. P., & Zsögön, A. (2019). Capsaicinoids: Pungency beyond Capsicum. *Trends in Plant Science*, 24(2), 109–120. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.001>
- Periferakis, A., Periferakis, K., Badarau, I. A., Petran, E. M., Popa, D. C., Caruntu, A., Costache, R. S., Scheau, C., Caruntu, C., & Costache, D. O. (2022). Kaempferol: Antimicrobial Properties, Sources, Clinical, and Traditional Applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(23), 15054. <https://doi.org/10.3390/ijms232315054>
- Periferakis, A. T., Periferakis, A., Periferakis, K., Caruntu, A., Badarau, I. A., Savulescu-Fiedler, I., Scheau, C., & Caruntu, C. (2023). Antimicrobial Properties of Capsaicin: Available Data and Future Research Perspectives. *Nutrients*, 15(19), 4097. <https://doi.org/10.3390/nu15194097>
- Salazar Sánchez, E. A. (2016). Efecto bacteriostático y bactericida de extractos de ají panca (*Capsicum chinense*) y pimiento (*Capsicum annuum* var. *annuum*) sobre cultivos de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. *Universidad Nacional Mayor De San Marcos*, 99. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/5034>
- Sami, R., Almatrafi, M., Elhakem, A., Alharbi, M., Benajiba, N., & Helal, M. (2021). Effect of Nano Silicon Dioxide Coating Films on the Quality Characteristics of Fresh-Cut Cantaloupe. *Membranes*, 11(2), 140. <https://doi.org/10.3390/membranes11020140>
- Sami, R., Elhakem, A., Almushhin, A., Alharbi, M., Almatrafi, M., Benajiba, N., Fikry, M., & Helal, M. (2021). Enhancement in physicochemical parameters and microbial populations of mushrooms as influenced by nano-coating treatments. *Scientific Reports*, 11(1), 7915. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-87053-w>
- Sami, R., Khojah, E., Elhakem, A., Benajiba, N., Helal, M., Alhuthal, N., Alzahrani, S. A., Alharbi, M., & Chavali, M. (2021). Performance Study of Nano/SiO<sub>2</sub> Films and the Antimicrobial Application on Cantaloupe Fruit Shelf-Life. *Applied Sciences*, 11(9), 3879. <https://doi.org/10.3390/app11093879>
- Sami, R., Soltane, S., & Helal, M. (2021). Microscopic Image Segmentation and Morphological Characterization of Novel Chitosan/Silica Nanoparticle/Nisin Films Using Antimicrobial Technique for Blueberry Preservation. *Membranes*, 11(5), 303. <https://doi.org/10.3390/membranes11050303>
- Srinivasan, K. (2016). Biological Activities of Red Pepper ( *Capsicum annuum* ) and Its Pungent Principle Capsaicin: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(9), 1488–1500. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.772090>
- Valipour, M., Hosseini, A., Di Sotto, A., & Irannejad, H. (2023). Dual action anti-inflammatory/antiviral isoquinoline alkaloids as potent naturally occurring <scp>anti-SARS-CoV</scp> -2 agents: A combined pharmacological and medicinal chemistry perspective.

*Phytotherapy Research*, 37(5), 2168–2186. <https://doi.org/10.1002/ptr.7833>

Vuković, S., Popović-Djordjević, J. B., Kostić, A. Ž., Pantelić, N. D., Srećković, N., Akram, M., Laila, U., & Katanić Stanković, J. S. (2023). Allium Species in the Balkan Region—Major Metabolites, Antioxidant and Antimicrobial Properties. *Horticulturae*, 9(3), 408. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9030408>

Wayne, D. W. (2006). *Bioestadística: Base para el análisis de las ciencias de la salud*. [www.FreeLibros.me](http://www.FreeLibros.me)