

DOI: <https://doi.org/10.56124/allpa.v9i18.0161>

Compuestos bioactivos de la cáscara de cebolla colorada: clasificación funcional y métodos de extracción

Bioactive compounds from red onion skin: functional classification and extraction methods

Delgado-Moreira Kléver José ¹; Zambrano-Barre Roy Leonardo ²

¹ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.

Correo: kleverj.delgado@pg.ulead.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-6958-3463>.

² Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.

Correo: roy.barre@uleam.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4849-3532>.

Resumen

La cáscara de cebolla colorada (*Allium cepa* L.) es un subproducto agroindustrial rico en metabolitos de interés tecnológico. El objetivo de esta revisión fue clasificar sus principales compuestos bioactivos, comparar los métodos empleados para recuperarlos y sintetizar las actividades biológicas descritas en la literatura. Se realizó una revisión integrativa de estudios publicados entre 2015 y 2025, localizados mediante búsquedas en PubMed, ScienceDirect, Scopus y Google Scholar con términos relacionados con cáscara de cebolla, quercetina, compuestos fenólicos, extracción y actividad biológica. Se incluyeron trabajos con caracterización química o comparación de métodos extractivos y se excluyeron estudios centrados únicamente en el bulbo o en matrices distintas. La evidencia mostró un predominio de flavonoles, especialmente quercetina y sus glucósidos, además de antocianinas en variedades rojas y compuestos fenólicos minoritarios. El rendimiento dependió del cultivar, el disolvente y la técnica utilizada; la extracción asistida por ultrasonido y los sistemas hidroalcohólicos o combinados mejoraron la recuperación frente a la maceración convencional. Las actividades antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatoria y de inhibición enzimática se demostraron principalmente en ensayos *in vitro*. Se concluye que la cáscara de cebolla colorada puede valorizarse como fuente de ingredientes funcionales, aunque se requieren protocolos estandarizados y validación a escala piloto e industrial.

Palabras clave: *Allium cepa* L.; cáscara de cebolla; compuestos fenólicos; extracción; quercetina.

Abstract

Red onion peel (*Allium cepa* L.) is an agro-industrial by-product rich in metabolites of technological interest. This review aimed to classify its main bioactive compounds, compare the methods used for their recovery, and synthesize the biological activities reported in the literature. An integrative review of studies published between 2015 and 2025 was conducted. PubMed, ScienceDirect, Scopus, and Google Scholar were searched using terms related to onion peel, quercetin, phenolic compounds, extraction, and biological activity. Studies involving chemical characterization or extraction-method comparisons were included, whereas research focused only on onion bulbs or unrelated matrices was excluded. Evidence showed a predominance of flavonols, particularly quercetin and its glycosides, along with anthocyanins in red varieties and minor phenolic compounds. Recovery depended on cultivar, solvent, and extraction technique; ultrasound-assisted extraction and hydroalcoholic or combined systems generally improved yields compared with conventional maceration. Antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, and enzyme-inhibitory activities were demonstrated mainly through *in vitro* assays. Red onion peel may be valorized as a source of functional ingredients, although standardized protocols and pilot- and industrial-scale validation are still required.

Keywords: *Allium cepa* L.; bioactive compounds; extraction; onion peel; quercetin.

1. Introducción

La industrialización de frutas y hortalizas genera subproductos que conservan una parte importante de los compuestos presentes en la materia prima. Entre ellos, la cáscara de cebolla suele descartarse debido a su textura y olor, pese a que puede contener concentraciones de flavonoides superiores a las del tejido comestible. Esta situación ha impulsado su estudio como materia prima para ingredientes funcionales, antioxidantes naturales y formulaciones de interés alimentario, cosmético y farmacéutico (Celano et al., 2021).

En las variedades rojas, la composición de la cáscara incluye flavonoles y antocianinas. La quercetina, sus glucósidos y derivados oxidados se encuentran entre los componentes más abundantes, mientras que la coloración rojiza se relaciona con pigmentos como la cianidina-3-glucósido. La concentración cambia entre cultivares y capas del bulbo, por lo que no resulta adecuado atribuir un único perfil químico a todas las cebollas (Sagar et al., 2020).

La recuperación de estos compuestos depende de factores como el tamaño de partícula, la relación sólido-disolvente, la polaridad del medio, la temperatura y el tiempo de extracción. Los procedimientos convencionales, como la maceración, son sencillos, pero pueden requerir tiempos prolongados y grandes volúmenes de disolvente. Las técnicas asistidas por ultrasonido, enzimas o combinaciones de energía buscan reducir esas limitaciones y mejorar el rendimiento (Hammad et al., 2024).

Además de su composición, se han estudiado las actividades antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatoria y de inhibición de enzimas relacionadas con el metabolismo de carbohidratos. Sin embargo, gran parte de esta evidencia procede de ensayos in vitro, de modo que su utilidad tecnológica o clínica no debe extrapolarse sin validaciones adicionales (Kumar et al., 2022).

La literatura disponible presenta una notable heterogeneidad de cultivares, disolventes, unidades de medida y ensayos biológicos. Esto dificulta comparar resultados y seleccionar condiciones de recuperación transferibles a la industria. En respuesta a este problema, el objetivo general de

la revisión fue caracterizar y clasificar funcionalmente los compuestos bioactivos descritos en la cáscara de cebolla colorada. De manera específica, se buscó identificar los compuestos predominantes, comparar los métodos de extracción y examinar las actividades biológicas reportadas.

2. Metodología (materiales y métodos)

Se desarrolló una revisión integrativa de literatura, modalidad apropiada para organizar evidencia experimental heterogénea y combinar resultados químicos, tecnológicos y biológicos sin asumir que los estudios son directamente comparables (Snyder, 2019). Se eligió esta denominación porque el archivo de trabajo original no conservó un registro completo de resultados por base de datos, duplicados y exclusiones, requisito necesario para declarar una revisión sistemática con diagrama PRISMA.

La búsqueda se delimitó a publicaciones comprendidas entre enero de 2015 y diciembre de 2025. Se consideraron PubMed, ScienceDirect, Scopus y Google Scholar. Las combinaciones principales fueron: "red onion peel" AND "bioactive compounds"; "onion skin" AND

quercetin AND extraction; "Allium cepa peel" AND phenolic compounds; "ultrasound-assisted extraction" AND onion peel; y sus equivalentes en español.

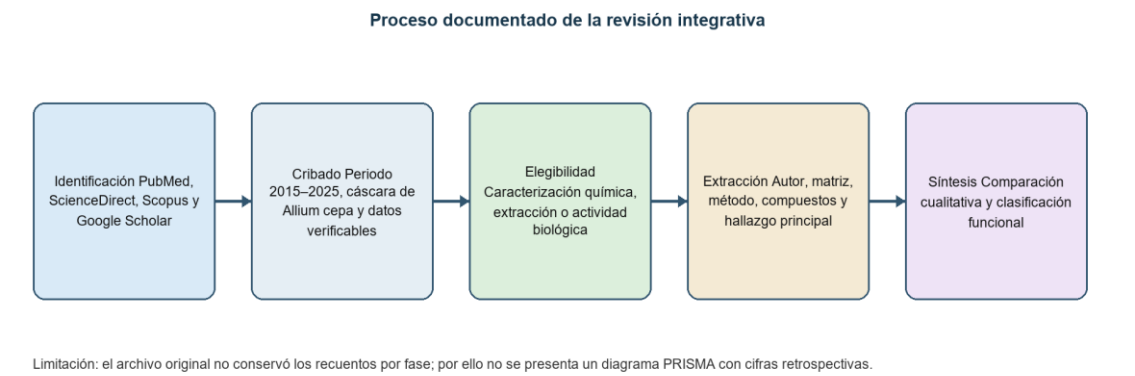
Se incluyeron artículos de investigación y revisiones con identificación o cuantificación de compuestos en cáscara de Allium cepa, comparación de disolventes o tecnologías de extracción, o evaluación de actividades biológicas de los extractos. Se excluyeron duplicados, documentos sin información bibliográfica verificable, trabajos centrados únicamente en el bulbo comestible y estudios de otras matrices vegetales.

La extracción de información se organizó en una matriz con autor y año, tipo de estudio, matriz, método, compuestos principales y hallazgo relevante. Debido a la diversidad de unidades, cultivares y condiciones experimentales, la síntesis fue cualitativa y no se realizó metaanálisis. Se dio prioridad a resultados respaldados por cromatografía, espectrometría de masas o ensayos antioxidantes estandarizados.

La ausencia del registro histórico completo impidió reconstruir el número

inicial de documentos y las causas de exclusión en cada etapa. Esta limitación se declara expresamente y deberá corregirse en futuras actualizaciones mediante un protocolo prospectivo y un gestor de referencias.

Figura 1. Proceso documentado de la revisión integrativa



Nota. El diagrama describe el procedimiento verificable. No incluye recuentos retrospectivos porque el archivo original no conservó los registros necesarios.

3. Resultados y discusión

La síntesis comparativa se concentró en nueve publicaciones verificables que representaron estudios de caracterización, optimización de extracción y revisiones especializadas. La Tabla 1 resume los resultados que respondieron directamente a los objetivos del trabajo.

Tabla 1. Síntesis de estudios sobre compuestos bioactivos y extracción en cáscara de cebolla

Estudio	Matriz y método	Hallazgo principal
Sagar et al. (2020)	Cáscaras de 15 cultivares; HPLC y ensayos DPPH, ABTS y FRAP.	La variedad NHRDF Red presentó la mayor concentración de quercetina y la mayor capacidad antioxidante.
Celano et al. (2021)	Cáscara seca de dos cultivares italianos; UHPLC-UV-HRMS/MS.	Los flavonoles fueron predominantes; la variedad roja alcanzó cerca de tres veces el contenido flavonoide de la variedad cobriza.
Hossain et al. (2018)	Extracto de cebolla roja; cromatografía flash y LC-MS/MS.	Los glucósidos de quercetina aportaron la mayor fracción de la capacidad antioxidante total por su abundancia.
Chadorshabi et al. (2022)	Revisión sobre piel de cebolla roja, técnicas extractivas y aplicaciones.	Identificó flavonoides y compuestos azufrados como grupos centrales y destacó el efecto del disolvente y la tecnología.
Kumar et al. (2022)	Revisión de compuestos y actividades biomédicas de cáscaras de cebolla.	Quercetina, fenoles totales y flavonoides concentraron la mayor parte de la evidencia biológica.

Estudio	Matriz y método	Hallazgo principal
Al-Ansari et al. (2023)	Cáscara de cebolla pequeña; extracción etanol-agua y RP-HPLC.	La mezcla etanol-agua 90:10 recuperó 2.122 mg/g de quercetina y mostró actividad antioxidante dependiente de la dosis.
Hammad et al. (2024)	Cáscara roja seca; extracción asistida por ultrasonido y enzimas.	La optimización de las técnicas asistidas mejoró la recuperación de polifenoles y la actividad antioxidante.
Joković et al. (2024)	Cáscara seca; metanol, etanol, acetona y acetato de etilo; UHPLC-DAD-ESI/MS.	La quercetina fue el compuesto principal (14,91–48,53 mg/g de peso seco); el disolvente modificó el rendimiento y la bioactividad.
Gorrepati et al. (2024)	Cáscaras de ocho variedades pigmentadas; UHPLC-HRMS y ensayos antioxidantes.	El perfil y la capacidad antioxidante variaron ampliamente según la pigmentación y el cultivar.

Nota. Las cifras se presentan en las unidades informadas por cada estudio; no deben compararse de forma directa sin armonización analítica.

3.1. Clasificación química

Los flavonoles constituyeron el grupo más consistente. La quercetina apareció como aglicona y como glucósidos, acompañada por kaempferol y derivados oxidados. En las cáscaras rojas también se identificaron antocianinas, responsables de parte de la pigmentación. Los ácidos fenólicos y otros metabolitos se detectaron en menor proporción y con variaciones asociadas al cultivar y al método analítico.

La localización de los metabolitos dentro de la cebolla ayuda a explicar su aprovechamiento. Las capas externas y secas actúan como una barrera protectora y concentran compuestos que participan en la respuesta frente a

radiación, oxidación y microorganismos. Sagar et al. (2020) mostraron que la concentración de quercetina y la capacidad antioxidante variaron de manera considerable entre cultivares; por tanto, el color rojo por sí solo no garantiza un rendimiento uniforme.

Celano et al. (2021) identificaron quercetina, glucósidos, derivados diméricos y triméricos, además de cianidina-3-glucósido en la variedad roja. Estos resultados permiten diferenciar tres niveles de clasificación: familia química, compuesto marcador y actividad potencial. La quercetina puede funcionar como marcador de recuperación, mientras que las antocianinas aportan información sobre pigmentación y capacidad antioxidante.

3.2. Métodos de extracción

Los sistemas hidroalcohólicos mostraron buen desempeño para compuestos fenólicos. La asistencia por ultrasonido favoreció la ruptura de la matriz y redujo el tiempo de proceso, mientras que la extracción enzimática y las combinaciones de tecnologías ampliaron la recuperación en condiciones optimizadas. No se identificó un método universalmente superior, porque el rendimiento dependió del compuesto objetivo, el disolvente y las condiciones operativas.

La maceración mantiene ventajas operativas: requiere equipos sencillos y facilita trabajar con lotes pequeños. Sus principales desventajas son el tiempo prolongado, el consumo de disolventes y la posible degradación cuando se combinan temperatura y exposición extensa. Las tecnologías asistidas mejoran la transferencia de masa, pero exigen controlar potencia, temperatura, frecuencia y relación sólido-líquido para evitar resultados poco reproducibles.

Al-Ansari et al. (2023) obtuvieron un extracto rico en quercetina con una mezcla etanol-agua 90:10, mientras que Joković et al. (2024) informaron que metanol, etanol, acetona y acetato de

etilo generaron perfiles diferentes. La selección del disolvente debe equilibrar eficiencia, toxicidad, costo y compatibilidad con el uso final. Para una aplicación alimentaria, un alto rendimiento con un disolvente no autorizado no representa una solución tecnológica viable.

3.3. Actividades biológicas

La actividad antioxidante fue la propiedad más evaluada mediante DPPH, ABTS, FRAP u ORAC. También se informaron efectos antimicrobianos, antiinflamatorios e inhibición de α -glucosidasa. La mayoría de los resultados provino de ensayos de laboratorio, por lo que describe potencial biológico y no eficacia clínica o industrial demostrada.

Los ensayos antioxidantes no miden exactamente el mismo mecanismo. DPPH y ABTS estiman la capacidad de neutralizar radicales bajo condiciones específicas; FRAP mide poder reductor y ORAC considera reacciones de transferencia de hidrógeno. Por ello, dos extractos pueden cambiar de posición relativa según el método empleado. La comparación más sólida combina varios ensayos y registra la concentración del extracto y sus compuestos marcadores.

En la actividad antimicrobiana también influyen el microorganismo, el medio y la concentración. Joković et al. (2024) observaron diferencias entre extractos obtenidos con distintos disolventes. Los hallazgos antiinflamatorios y de inhibición enzimática amplían el interés de la cáscara, pero aún no definen dosis eficaces ni estabilidad en una matriz alimentaria.

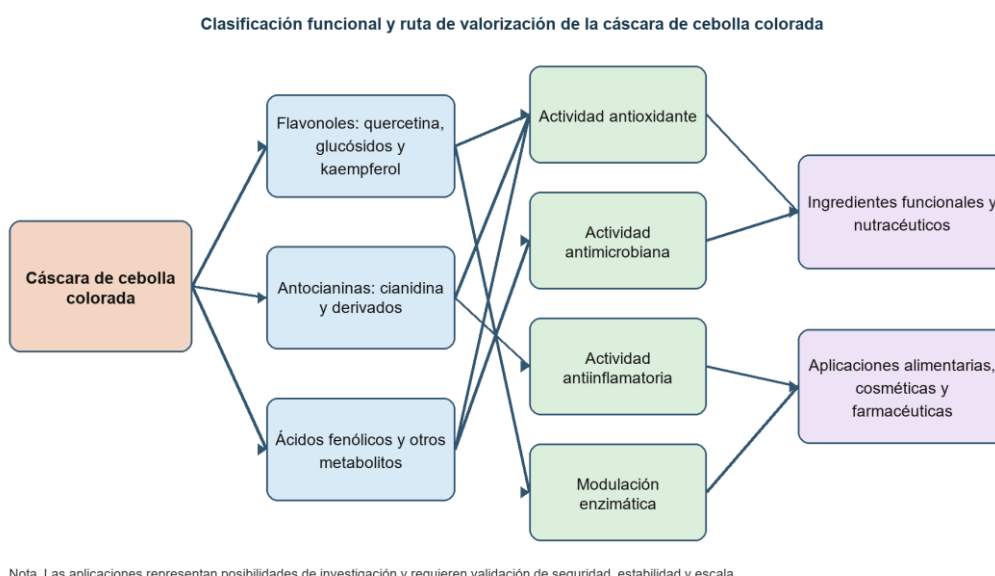
3.4. Clasificación funcional

A partir de la evidencia, los compuestos pueden organizarse en cuatro funciones principales: antioxidantes, asociadas sobre todo a quercetina y antocianinas;

antimicrobianas, vinculadas a extractos fenólicos; antiinflamatorias, observadas en modelos celulares y animales; y moduladoras de enzimas metabólicas. Esta clasificación facilita relacionar la composición con posibles aplicaciones, pero no reemplaza la evaluación de seguridad, estabilidad y dosis.

La Figura 2 integra las familias químicas, las funciones predominantes y las rutas de valorización que se desprenden de la evidencia. Las conexiones representan asociaciones principales, no relaciones exclusivas ni efectos clínicos demostrados.

Figura 2. Clasificación funcional y ruta de valorización de la cáscara de cebolla colorada



Nota. Las aplicaciones son posibilidades de investigación y requieren validación de seguridad, estabilidad y escalamiento.

3.5 Discusión

Los estudios revisados coinciden en que la cáscara no es un residuo

químicamente inerte. Su contenido de quercetina, glucósidos y antocianinas explica buena parte de la actividad

antioxidante observada. Sin embargo, la magnitud de los resultados cambia entre variedades. Sagar et al. (2020) mostraron diferencias amplias entre cultivares, mientras que Celano et al. (2021) encontraron un contenido flavonoide considerablemente mayor en una variedad roja que en una cobriza. Esto confirma que la procedencia de la materia prima debe registrarse en cualquier propuesta de valorización.

La comparación de métodos respalda el uso de tecnologías asistidas, pero no justifica afirmar que el ultrasonido siempre sea superior. Hammad et al. (2024) obtuvieron mejoras al optimizar extracción ultrasónica y enzimática, mientras que Joković et al. (2024) demostraron que la elección del disolvente cambia tanto la composición como la actividad del extracto. Por tanto, el proceso debe diseñarse en función del metabolito objetivo y no solo del rendimiento global.

La clasificación funcional propuesta reúne la evidencia en categorías comprensibles para la agroindustria. Los flavonoles y antocianinas se relacionan principalmente con actividad antioxidante; los extractos complejos muestran además acciones

antimicrobianas e inhibidoras de enzimas. No obstante, la composición completa puede producir interacciones que no se explican por un compuesto aislado. La estandarización requiere marcadores químicos, métodos validados y criterios de estabilidad.

La principal limitación de la evidencia es su heterogeneidad. Los trabajos utilizan diferentes cultivares, disolventes, relaciones sólido-líquido, tiempos, temperaturas y unidades. Además, predominan los ensayos in vitro y son escasos los estudios de escalamiento, inocuidad y vida útil. Las aplicaciones alimentarias, farmacéuticas o cosméticas deben considerarse posibilidades de investigación, no usos confirmados.

Desde la perspectiva de economía circular, la recuperación de compuestos puede reducir la carga de un subproducto y generar ingredientes de mayor valor. Para que esta opción sea viable se necesitan balances de masa, evaluación ambiental, costos de recuperación y control de contaminantes. La valorización no depende únicamente de demostrar actividad antioxidante, sino de integrar

rendimiento, seguridad y factibilidad tecnológica.

La aplicación alimentaria requiere considerar sabor, color, solubilidad e interacción con otros ingredientes. Un extracto rico en quercetina puede modificar la apariencia o producir notas sensoriales no deseadas. La encapsulación, el uso de soportes y la incorporación en dosis bajas son alternativas que deben evaluarse junto con la biodisponibilidad y la vida útil.

En cosmética y farmacia, la pureza y la estandarización cobran todavía más importancia. Los extractos complejos necesitan especificaciones sobre el contenido de marcadores, residuos de disolventes y contaminación microbiológica. La evidencia revisada permite justificar etapas posteriores de desarrollo, pero no reemplaza los estudios regulatorios y toxicológicos.

Finalmente, la revisión integrativa permitió ordenar información dispersa y detectar vacíos que no eran visibles en la estructura original del manuscrito. El principal aporte no es proponer un efecto terapéutico nuevo, sino conectar composición, tecnología de extracción,

función y condiciones necesarias para una valorización responsable.

4. Conclusiones

La cáscara de cebolla colorada contiene una mezcla de compuestos bioactivos dominada por quercetina, sus glucósidos y otros flavonoles; las antocianinas adquieren relevancia en variedades rojas. La composición varía según el cultivar y la fracción analizada.

Los métodos de extracción asistidos por ultrasonido, enzimas o sistemas combinados pueden mejorar la recuperación y reducir el tiempo frente a la maceración, pero su desempeño depende del disolvente y de las condiciones de operación. No existe evidencia suficiente para recomendar un único procedimiento en todos los casos.

Las actividades antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatoria y de inhibición enzimática sustentan una clasificación funcional de los metabolitos. Aun así, la mayor parte de la evidencia es experimental y no permite afirmar eficacia en productos comerciales o en seres humanos.

La valorización agroindustrial de la cáscara es técnicamente prometedora,

pero requiere protocolos estandarizados, evaluación de seguridad, estabilidad del extracto, escalamiento y análisis económico y ambiental.

La revisión respondió a sus objetivos mediante la identificación de compuestos, la comparación de métodos y la síntesis de actividades biológicas. Su alcance es integrativo; una futura revisión sistemática deberá registrar prospectivamente la búsqueda, selección y evaluación de calidad.

Bibliografía

- Al-Ansari, M. M., Al Humaid, L., Aldawsari, M., Abid, I. F., Jhanani, G. K., & Shanmuganathan, R. (2023). Quercetin extraction from small onion skin (*Allium cepa* L. var. *aggregatum* Don.) and its antioxidant activity. *Environmental Research*, 224, 115497. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115497>
- Celano, R., Docimo, T., Piccinelli, A. L., Gazzerro, P., Tucci, M., Di Sanzo, R., Carabetta, S., Campone, L., Russo, M., & Rastrelli, L. (2021). Onion peel: Turning a food waste into a resource. *Antioxidants*, 10(2), 304. <https://doi.org/10.3390/antiox10020304>
- Chadorshabi, S., Hallaj-Nezhadi, S., & Ghasempour, Z. (2022). Red onion skin active ingredients, extraction and biological properties for functional food applications. *Food Chemistry*, 386, 132737. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132737>
- Gorrepati, K., Kumar, A., Shabeer, T. P. A., Khan, Z., Satpute, P., Anandhan, S., Arunachalam, T., & Yalamalle, V. R. (2024). Characterization and evaluation of antioxidant potential of onion peel extract of eight differentially pigmented short-day onion (*Allium cepa* L.) varieties. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, 1469635. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1469635>
- Hammad, K. S. M., Hefzalrahman, T., Morsi, M. K. S., Morsy, N. F. S., & Abd El-Salam, E. A. (2024). Optimization of ultrasound- and enzymatic-assisted extractions of polyphenols from dried red onion peels and evaluation of their antioxidant activities. *Preparative Biochemistry & Biotechnology*, 54(2), 247–259. <https://doi.org/10.1080/10826068.2023.2225086>
- Hossain, M. B., Lebel, J., Birsan, R., & Rai, D. K. (2018). Enrichment and assessment of the contributions of the major polyphenols to the total antioxidant activity of onion

- extracts: A fractionation by flash chromatography approach. *Antioxidants*, 7(12), 175. <https://doi.org/10.3390/antiox7120175>
- Joković, N., Matejić, J., Zvezdanović, J., Stojanović-Radić, Z., Stanković, N., Mihajilov-Krstev, T., & Bernstein, N. (2024). Onion peel as a potential source of antioxidants and antimicrobial agents. *Agronomy*, 14(3), 453. <https://doi.org/10.3390/agronomy14030453>
- Kumar, M., Barbhai, M. D., Hasan, M., Punia, S., Dhumal, S., Radha, Rais, N., Chandran, D., Pandiselvam, R., Kothakota, A., Tomar, M., Satankar, V., Senapathy, M., Anitha, T., Dey, A., Sayed, A. A. S., Gadallah, F. M., Amarowicz, R., & Mekhemar, M. (2022). Onion (*Allium cepa* L.) peels: A review on bioactive compounds and biomedical activities. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 146, 112498. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2021.112498>
- Sagar, N. A., Pareek, S., & Gonzalez-Aguilar, G. A. (2020). Quantification of flavonoids, total phenols and antioxidant properties of onion skin: A comparative study of fifteen Indian cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2423–2432. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04277-w>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>