

© 2026 Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 29: 1-9, 2026.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2026.794>

Litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) orgánico versus convencional: influencia en la composición química y compuestos bioactivos

Mario Torres-Becerril¹, Gustavo López-Romero^{1*}
y Juan Manuel Zaldívar-Cruz²

¹Laboratorio agua, suelos y alimentos, Agroecosistemas Tropicales, Colegio de Postgraduados Campus Veracruz, Carretera Federal Xalapa - Veracruz km. 88.5, 91700, Veracruz, México. ²Laboratorio de alimentos, Producción Agroalimentaria en el Trópico, Colegio de Postgraduados Campus Tabasco, Periférico S/N, 86500, Heroica Cárdenas, Tabasco, México. E-mail: *gustavolr@colpos.mx

RESUMEN

El litchi es un fruto exótico originario de Asia y de creciente interés entre los agricultores. En México, los principales estados donde se cultiva son Veracruz, Sinaloa y Oaxaca, actualmente su producción se está desplazando a otros estados. El objetivo del trabajo fue determinar las diferencias en los frutos de litchi (cáscara, pulpa y semilla) cultivados de manera orgánica y convencional en cuanto a su composición química, contenido fenólico y actividad antioxidante. Los resultados mostraron que en el fruto cultivado orgánicamente hubo un mayor contenido de cenizas, lípidos, proteínas y fibra en las fracciones analizadas, en comparación con la fruta del cultivo convencional; en cuanto a la pulpa de este cultivo tuvo un mayor contenido fenólico y actividad antioxidante que su contraparte orgánica. A través de la diferencia de valores entre las muestras se comprobó que su composición química está influida por el tipo de cultivo y la aplicación de compuestos químicos. Finalmente, se concluye que al contener la cáscara y la semilla del litchi orgánico un mayor número de compuestos bioactivos, a diferencia del convencional, estos pueden ser utilizados para la elaboración de alimentos con valor agregado.

Palabras clave: antioxidante, composición, cultivo orgánico, cultivo convencional, litchi.

Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) organic versus conventional: influence on chemical composition and bioactive compounds

ABSTRACT

The lychee is an exotic fruit native to Asia that is attracting growing interest among farmers. In Mexico, the main producing states are Veracruz, Sinaloa, and Oaxaca, and production is currently expanding to other states. The objective of this study was to determine the differences in lychee fruit (skin, pulp, and seed) grown organically and conventionally in terms of chemical composition, phenolic content, and antioxidant activity. The results showed that the organically grown fruit had higher ash, lipid, protein, and fiber content in the analyzed fractions compared to the conventionally grown fruit; as for the pulp of the conventionally grown fruit, it had higher phenolic content and antioxidant activity than its organic counterpart. The differences in values between the samples confirmed that their chemical composition is influenced by the type of cultivation and the application of chemical compounds. Finally, it is concluded that since the peel and seed of organic lychee contain a greater number of bioactive compounds compared to conventional lychee, they can be used for the production of value-added foods.

Keywords: antioxidant, composition, organic cultivation, conventional cultivation, lychee.

INTRODUCCIÓN

En la agricultura, los cultivos convencional y orgánico representan a los sistemas agrícolas implementados más comunes, aunque también hay un sistema intermedio que integra los aspectos de los dos citados (Spiller & Iweala, 2022). Las características de los convencionales son: el uso de fertilizantes minerales y plaguicidas sintéticos, que la agricultura orgánica no utiliza (Nitzko, 2024). El uso indebido de fertilizantes químicos y plaguicidas ha reducido la calidad de los alimentos y, al mismo tiempo, supone un gran riesgo de degradación de la calidad medioambiental (agroecosistemas) y la reducción de la diversidad genética (Selvan *et al.*, 2023). Está comprobado que la utilización de plaguicidas provoca efectos negativos y duraderos en el medio ambiente y adversos a la salud, con el aumento de enfermedades cancerígenas y de trastornos congénitos en los seres humanos (Jacquet *et al.*, 2022). Un desafío clave en la agricultura es la necesidad de aumentar la producción de alimentos y disminuir los efectos perjudiciales al medio ambiente y a la salud (Pretty *et al.*, 2018; Mohring & Finger, 2022). La agricultura orgánica es un sistema de producción que sustituye el uso de fertilizantes sintéticos por insumos orgánicos debidamente inspeccionados y certificados con el fin de proporcionar los nutrientes que los cultivos necesitan para su desarrollo (Muller *et al.*, 2017).

Sin embargo, una pregunta sigue sin respuesta clara, esto es, si el sistema de producción orgánica mejora o no realmente las características nutricionales y organolépticas de los productos. Varios estudios señalan una mejor calidad de los alimentos orgánicos comparados con los de la producción convencional. Por ejemplo, González-Fuentes, Lozano-Cavazos, Preciado-Rangel, Troyo-Diéguez, Rojas-Duarte & Rodríguez-Ortiz, (2021) observaron que los tomates producidos de manera orgánica eran de mejor calidad que los cultivados por medios convencionales, al tener una mayor respuesta a la captación de Nitrógeno, un mayor contenido fenólico, de antiocianinas y actividad antioxidante, igual que en el arándano (López *et al.*, 2020) y el apio (Abebe *et al.*, 2021). No obstante, la opinión científica dista mucho de ser consensuada, puesto que en varios estudios no hay diferencias entre la calidad nutricional de los productos alimenticios de la producción orgánica y la convencional. Por lo tanto, es muy importante la determinación precisa y específica del contenido de los nutrientes en los frutos, porque las prácticas agrícolas inadecuadas afectan la concentración de estos, de acuerdo a la investigación de diversos autores. A pesar de la necesidad de obtener datos sobre los posibles daños y/o beneficios a la salud promovidos por el consumo de alimentos convencionales y orgánicos, hay pocos estudios sobre la composición nutricional de los frutos orgánicos y convencionales, como es el caso del litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar los cambios en su composición química, fenoles y actividad antioxidante en los medios de cultivo citados.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los reactivos usados para el análisis químico proximal, fenoles totales y actividad antioxidante fueron adquiridos de Sigma (Sigma-Aldrich).

Obtención y preparación de la muestra

La selección de los frutos de litchi del cultivar “Mauritius”, se hizo de acuerdo a su fase de madurez, color y firmeza, cultivados en condiciones convencionales y orgánicas en huertos ubicados en el Sur de México (Figura 1). En los huertos de litchi convencional ubicados en San Juan Bautista, Tuxtepec, Oaxaca (18°05'18" latitud norte y 96°07'31" longitud oeste, 20 msnm), se aplican fertilizantes químicos y plaguicidas y en los huertos con manejo orgánico ubicados en Vega de Alatorre (20°01'00" latitud norte y 96°37'00" longitud oeste, 30 msnm) y Martínez de la Torre (20°04'15" latitud norte y 97°03'39" longitud oeste, 151 msnm), se usan abonos de origen natural (estiércol o lombricomposta).

Para la preparación de las muestras, los frutos se lavaron y de cada uno se separó la cáscara, la pulpa y la semilla, estas se colocaron en una estufa (Felisa FE-291D) a una temperatura de 50-60°C durante 72 h., posteriormente se molieron en un mini molino de tejido vegetal (FOSS CT 293 Cyclotec) y el polvo obtenido fue guardado para su posterior análisis.

Composición química proximal del fruto (cáscara, pulpa y semilla)

A las partes del fruto (cáscara, pulpa y semilla), de los cultivos orgánico y convencional, se les aplicó un análisis químico proximal, de humedad, cenizas, lípidos, proteínas, fibra y carbohidratos por medio de los métodos de la AOAC (2000).

Fenoles totales

Los fenoles totales se determinaron con el método de Folin-Ciocalteu (1927). Este método se basa en la reducción del reactivo Folin-Ciocalteu por los electrones de los compuestos fenólicos, del que se obtiene un extracto fenólico y cuando se visualiza un cambio de coloración de amarillo a azul es el momento de cuantificarlo en un espectrofotómetro.

Extracción de compuestos fenólicos

Se pesó 1 g de la muestra pulverizada (cáscara, pulpa y semilla), y se colocó en un matraz Erlenmeyer de 100 mL con 40 mL de una solución metanólica ácida (ácido clorhídrico 2 N al 0.8% en metanol/agua (50:50), esta mezcla se mantuvo en agitación a temperatura ambiente por 1 h. Transcurrido el tiempo, se centrifugó a 5,000 rpm durante 10 min, hasta separar el sobrenadante que se vació en un matraz de 100 mL, nuevamente se utiliza otra parte de lo que quedó de la muestra pulverizada a la que se le adicionan 40 mL de una solución acetona-agua (70:30) para volver a repetir los pasos anteriores y el producto es el sobrenadante que también se vacía en el

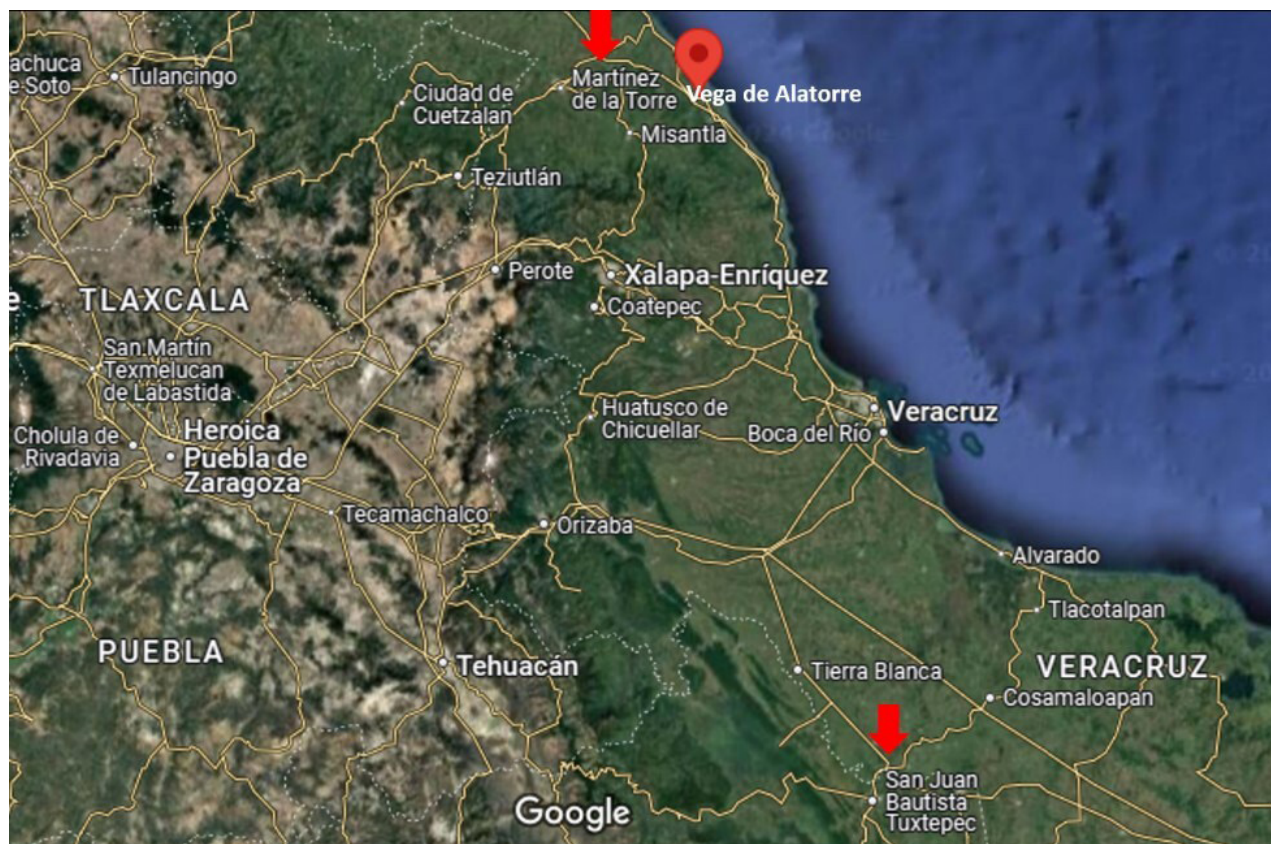


Figura 1. Ubicación geográfica de los sitios de muestreo. Fuente: Google maps.

mismo matraz de 100 mL, una vez mezclados ambos extractos, hay que aforar con una mezcla al 50% de las dos diluciones, para finalmente conservar en un recipiente de plástico (Bravo & Saura-Calixto, 1998).

Cuantificación de fenoles totales

Se hizo una curva de calibración de una solución patrón de ácido gálico de 100 mgL^{-1} a la que se le aplicaron una serie de diluciones con agua destilada para obtener concentraciones de 1, 2, 3, 4 y 5 mgL^{-1} vertidas en viales. A cada vial se le adicionó $150 \mu\text{L}$ del reactivo Folin-Ciocalteu 2 N, se agitaron y agregaron 1.5 mL de carbonato de sodio al 20%. La mezcla de cada vial se llevó a un volumen final de 2.5 mL con agua destilada y en reposo durante 90 min. La lectura se tomó con un espectrofotómetro UV (Genesys 10S UV-visible Thermo Scientific) a 760 nm (Chitindingu, Ndhala, Chapano, Benhura & Muchuweti, 2007). En el caso de la muestra se sustituyó el ácido gálico por el extracto obtenido.

Actividad antioxidante

Para determinar la presencia de actividad antioxidante en las diferentes partes del fruto del litchi (cáscara, pulpa y semilla),

se obtuvo un extracto de cada una y después se le aplicó el método DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) y ABTS (ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolín-6-sulfónico).

Obtención del extracto de compuestos antioxidantes

La extracción de compuestos antioxidantes se llevó a cabo mediante el uso de solventes (Pérez-Jiménez & Saura-Calixto, 2007; Rojas-Barquera, Narváez-Cuenca & Restrepo-Sánchez, 2008). Se pesaron 0.5 g de muestra pulverizada que se vació en un tubo de ensayo cubierto al que se le vertieron 10 mL de una solución metanol/agua acidificada con HCl 2 N (50:50 v/v, pH 2), y puesta en agitación por 30 min a una temperatura de 50°C (Se usó baño maría con agitación), posteriormente esta mezcla se centrifugó a 1,500 rpm durante 10 min y el sobrenadante obtenido se guardó en un matraz aforado de 50 mL en oscuridad. A la muestra pulverizada inicial se le realizaron otras cuatro extracciones empleando 10 mL de acetona/agua (70:30 v/v) repitiendo los pasos anteriores. Los sobrenadantes fueron colocados en el mismo matraz y este se aforó con agua bidestilada y lo obtenido fue almacenado en refrigeración a -20°C . Este proceso se realizó en cada una de las fracciones del litchi.

Método DPPH

La actividad antioxidante por DPPH se identificó por medio del método de Brand-Williams, Cuvelier & Berset (1995) y Molyneux (2004). Se preparó una solución de DPPH 0.1 mM en metanol (se ajustó absorbancia con metanol a 0.7 a 515 nm). Se tomaron 3.9 mL de solución de DPPH y se le agregó 0.1 mL de extracto de la muestra y ésta se agitó en un vórtex por 30 s. La mezcla se dejó reposar por 30 min y posteriormente se tomó la lectura en el espectrofotómetro (Genesys 10S UV-visible Thermo Scientific) a 515 nm. Los resultados se expresan en mM trolox g⁻¹.

Análisis de datos

Los datos mostraron la media y desviación estándar por triplicado, analizados por ANDEVA (Análisis de varianza). El análisis estadístico se realizó por medio del programa JMP 13 y Excel 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química proximal

De acuerdo a la composición química proximal (Tabla I), en cada una de las fracciones, en estudio, de los frutos de cultivo convencional y orgánica se observó que no hay diferencias estadísticamente significativas.

En el fruto del cultivo orgánico la composición química proximal es superior en la mayoría de los parámetros en comparación con

la fruta del cultivo convencional. Se conoce que estos resultados son favorables para los cultivos orgánicos por la presencia de microorganismos en la rizosfera que producen compuestos absorbidos por las plantas (Dutta, Kundu & Talang, 2016), diferente a lo que sucede en el sistema convencional.

La composición de las cenizas es similar entre las fracciones del fruto (cáscara, pulpa y semilla), con valores de 2.17-3.11%, la cáscara es la parte del fruto con el valor más alto, por contener los minerales como N, P, K, Ca y Mg (Zhao, Wang, Wang, Zhu & Hu, 2020). De igual manera, los diversos patrones de absorción y distribución de los minerales en los tejidos metabólicamente activos influyen en el contenido de las cenizas y su suministro en las diferentes fracciones del fruto.

Tanto la pulpa y la cáscara del cultivo orgánico y convencional presentan un bajo contenido de lípidos (5.09-5.33% y 2.45-2.74% respectivamente), en comparación con la semilla orgánica que es mayor (19.15%) a la convencional (17.37%), mostrando diferencias estadísticamente significativas, por ser las semillas una buena fuente para obtener aceite, debido a su elevado contenido de saponinas (Queiroz, De Abreu & Da Silva, 2015).

El contenido de proteínas es mayor en la semilla (7.25% y 7.44%), comparado con la pulpa (6.41% y 6.64 %) y la cáscara (5.81% y 5.93 %) orgánica y convencional respectivamente. El contenido de fibra cruda es elevado tanto en la cáscara (17.25% y

Tabla I. Composición química proximal de las fracciones del fruto de litchi, recolectados en dos sistemas de manejo agrícola (convencional y orgánico) en base seca.

Determinación	Fracción	Convencional	Orgánico
Cenizas	Pulpa	2.97 ± 0.26 ^a	2.90 ± 0.28 ^a
	Cáscara	3.10 ± 0.79 ^a	3.11 ± 0.16 ^a
	Semilla	2.38 ± 0.30 ^a	2.17 ± 0.36 ^a
Lípidos	Pulpa	5.33 ± 0.32 ^a	5.09 ± 0.60 ^a
	Cáscara	2.45 ± 0.13 ^a	2.74 ± 1.14 ^a
	Semilla	17.37 ± 0.19 ^b	19.15 ± 1.08 ^a
Proteínas	Pulpa	6.41 ± 0.29 ^a	6.64 ± 0.98 ^a
	Cáscara	5.93 ± 0.71 ^a	5.81 ± 0.45 ^a
	Semilla	7.44 ± 0.39 ^a	7.25 ± 0.33 ^a
Fibra cruda	Pulpa	1.68 ± 0.29 ^a	1.66 ± 0.17 ^a
	Cáscara	16.94 ± 0.66 ^a	17.25 ± 0.11 ^a
	Semilla	26.61 ± 0.27 ^a	25.91 ± 0.85 ^a
Carbohidratos	Pulpa	83.6 ± 0.57 ^a	83.70 ± 0.42 ^a
	Cáscara	71.31 ± 1.82 ^a	71.09 ± 0.86 ^a
	Semilla	46.20 ± 0.58 ^a	45.51 ± 0.88 ^a

Los resultados son el promedio de una muestra analizada por triplicado ± desviación estándar (n=3).

Letras diferentes en cada fila de las fracciones del fruto, muestran diferencias significativas (p<0.05).

16.94%) y semilla (25.91% y 26.61%) orgánica y convencional, a diferencia de la pulpa. Finalmente, el contenido de carbohidratos es mayor en la pulpa respecto a las otras fracciones del fruto (cáscara y semilla), con valores de 83.6% (convencional) y 83.7% (orgánico), denotando que es rica en azúcares.

Respecto a la composición química de la pulpa, autores como Pareek, (2016); Silva, Ortiz, Garcia, Asquiere, Becker & Damiani (2020), reportan valores de los cultivares: McLean's Red, Muzaffarpur, Wai Chee, Bengal, Kwai May Red, Souey Tung y Haak Yip cuyo valor de humedad (80-87%), es similar al de la muestra del presente estudio (80%) para el cultivo orgánico y convencional. En el trabajo de Silva *et al.* (2020), se menciona el contenido de cenizas, lípidos, proteínas y carbohidratos (2.72%, 5.56%, 6.85% y 84.87% respectivamente) en base seca; sin embargo, estos datos son ligeramente inferiores, por estar condicionados al origen de los frutos, o sea de diferente región geográfica, tipo de suelo y condiciones climáticas; por consiguiente, si la composición del suelo es diferente lo serán también los nutrientes que va a absorber la planta. El resultado en los valores refleja que el fruto de litchi es una rica fuente de nutrientes, polisacáridos y vitaminas, de importancia para la salud humana, industrializarlos sería aprovechar la pulpa que abarca la mayor parte del fruto, pues la cáscara y la semilla solo ocupan el 40-56% (Cabral, de Morals & Pinheiro-Sant'Ana, 2014).

Aun cuando la pulpa representa la mayor porción del fruto, las fracciones de la cáscara y de la semilla pueden ser transformadas y procesadas, para ser aprovechadas en varias industrias como la alimentaria, que en consecuencia le dará valor agregado al fruto, y generar un gran interés económico y ambiental, al favorecer la producción de alimentos con mejores cualidades nutricionales, se beneficia la salud y el control de las enfermedades (Sheikha, 2022).

Fenoles y antioxidantes

La razón principal por la que se recomendaría la ingestión de litchi es por su gran cantidad de compuestos bioactivos: fenoles, flavonoides, proantocianidinas, antocianinas, coumarinas, lignanos, cromanos, sesquiterpenos, esteroides y triterpenos (Estela, Celeste, Denise & Mariana, 2015). Además de su

actividad antioxidante (Huang *et al.*, 2015), antiinflamatoria (Anjum, Lone & Wani, 2017), anticancerígena (Wen *et al.*, 2015), antibacteriana, anti-hiperlipidémica, analgésica, hemostática, diurética y antiviral (Upadhyaya & Upadhyaya, 2017).

De acuerdo a los datos obtenidos de fenoles totales en cada fracción del fruto (cáscara, pulpa y semilla) en los dos tipos de cultivo (orgánico y convencional), se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$); en la cáscara un mayor contenido de fenoles. Los resultados se muestran en la Tabla II. Los frutos de litchi orgánico contienen una mayor cantidad de fenoles, a excepción de la pulpa, que en el fruto convencional tuvo un valor de 414.72 mg EAG 100 g⁻¹ y de 399.22 mg EAG 100 g⁻¹ en el orgánico, con una diferencia del 3.73%. Estos resultados coinciden con los de López *et al.* (2020) en las moras orgánicas con mayores concentraciones de compuestos fenólicos (127.87%), que los del cultivo de moras convencional. Comportamiento similar se reportó en los frutos de: umbu (De Castro-Lima, 2016), frutilla (Cantillano, Ávila, Peralba, Pizzolato & Toralles, 2012), y algunos vegetales como el jitomate (Sharpe *et al.*, 2020). Se mencionó, que los frutos provenientes de un cultivo orgánico y utilizados para este trabajo, no se fumigaron con plaguicidas, por lo que existe la posibilidad de que una infección patógena sea más alta que en los cultivos convencionales, incluso, no hay productos químicos para combatirlas; sin embargo, para protegerse de estas, la planta aumenta la producción de compuestos fenólicos que son absorbidos por los frutos y utilizados como un mecanismo de defensa. Esta situación estaría asociada, en el orgánico al manifestarse un aumento en los niveles de estrés oxidativo y síntesis de metabolitos secundarios como la vitamina C (Sharpe *et al.*, 2020). Motivo por el que el litchi orgánico presenta niveles más altos de estos compuestos mediante la modulación de la actividad de la Fenilalanina amonio liasa (PAL). Esta enzima cataliza el primer paso en la vía biosintética del fenilpropanoide a través de la des-aminación de la fenilalanina en ácido transcimánico, un precursor de las vías fotosintéticas de la lignina y de los flavonoides (Jun, Sattler, Cortez, Vermerris, Sattler & Kang, 2018; Ghosh, Kim & Jung, 2020). La PAL como se mencionó, juega un efecto importante en la síntesis de metabolitos secundarios y también en el proceso de resistencia al estrés (Zhen & DeGang, 2017).

Tabla II. Fenoles totales en las fracciones del fruto de litchi de cultivos orgánico y convencional en base seca.

Fracción	Convencional (mg EAG*100 g ⁻¹)	Orgánico (mg EAG*100 g ⁻¹)	Coefficiente de variación (%)
Cáscara	605.75 ± 0.95 ^b	610.18 ± 1.91 ^a	0.16
Pulpa	414.72 ± 0.95 ^a	399.22 ± 0.96 ^b	0.24
Semilla	125.69 ± 0.95 ^b	130.12 ± 0.96 ^a	0.74

Los resultados son el promedio de una muestra analizada por triplicado ± desviación estándar (n=3).

Letras diferentes en las filas (a y b), muestran diferencias significativas ($p < 0.05$).

La fracción del fruto con un mayor contenido de fenoles fue la cáscara, la causa podría ser la presencia de un alto número de antocianinas; esta parte acentúa las diferencias significativas entre el litchi convencional (605.75 mg EAG 100 g⁻¹) y el orgánico (610.18 mg EAG 100 g⁻¹). Los valores numéricos de la presente investigación están entre el rango reportado por Feng, Liu, Ma, Qiong & Zhang (2017), de 510-740 mg EAG 100 g⁻¹ en siete cultivares de China. Este comportamiento se presenta en las frutas de cultivos orgánicos de: pequi (Ferreira *et al.*, 2024), cacao (Murcia & Castañeda, 2021), entre otros. Esto quiere decir, que la cáscara no siempre es un desecho, ya que las investigaciones destacan la importancia de una explotación agroindustrial y futuros estudios para el desarrollo de productos nuevos e innovadores en la medicina, destinados al tratamiento de enfermedades como la diabetes mellitus tipo II (Yang, Zhang, Liu & Li, 2024), y en las industrias manufactureras y alimentaria, dado que los compuestos fenólicos son antioxidantes importantes en la dieta.

Finalmente, en la semilla, se repitió el mismo procedimiento para el contenido de fenoles en los frutos de los cultivos orgánico y convencional, con resultados de 130.12 mg EAG 100 g⁻¹ y de 125.69 mg EAG 100 g⁻¹ respectivamente. De igual manera, en el trabajo realizado por García & Miranda (2017), en la semilla de chía orgánica hubo una mayor concentración de fenoles que en el convencional (221 mg EAG 100 g⁻¹ y 214 mg EAG 100 g⁻¹ respectivamente). En general, la actividad antioxidante de las fracciones de litchi tienen la capacidad de inhibir los radicales libres (Upadhyaya & Upadhyaya, 2017), neutralizan y protegen a las células y a lo tejidos del daño oxidativo (Sui *et al.*, 2021). En cuanto al tipo de cultivo, los resultados sugieren que los frutos orgánicos son más susceptibles a la síntesis de fenoles, además de influir en la distribución de los compuestos fenólicos en la fruta. Estas diferencias en la distribución fitoquímica son causadas por el estrés y el ataque de plagas (insectos) en las plantas de litchi orgánico. Los estudios fisiológicos indican que las plantas sometidas a estrés biótico y abiótico cambian la composición de las semillas y cáscaras de la fruta, como parte de su mecanismo de defensa (Sharpe *et al.*, 2020).

En el análisis químico, con el método DPPH, para evaluar la actividad antioxidante, en las diferentes fracciones del fruto

de litchi (cáscara, pulpa y semilla) de cultivos orgánico y convencional, variaron los valores. En la Tabla III, se aprecia que la cáscara del fruto del cultivo orgánico presenta una mayor actividad antioxidante en comparación con la del cultivo convencional (1041.67 Mmol Trolox g⁻¹ muestra seca y 968.33 Mmol Trolox g⁻¹ muestra seca respectivamente).

La cáscara presenta un elevado contenido de antioxidantes: el ácido ascórbico, la epicatequina, el tocoferol, el glutatión, los carotenoides y principalmente, las antocianinas que son las responsables del color rojo de la cáscara (Pareek, 2016; Zhou, Jiang, He, Sun & Xie, 2019). Debido al elevado contenido de antocianinas, la cáscara debería de tener una mayor actividad antioxidante comparada con las otras fracciones (pulpa y semilla). Sin embargo, los valores son inferiores en comparación con la semilla por efecto de la degradación de las antocianinas, ya que entre el tiempo de conservación y de cosecha del fruto es reducido. Por lo que la cáscara es una porción importante del fruto que podría ser considerada una buena fuente biológica de estos componentes de interés (Li & Jiang, 2017).

En cuanto a la pulpa los valores en DPPH son menores en comparación con los de la cáscara del litchi orgánico de 423.67 Mmol Trolox g⁻¹ muestra seca, y en el litchi convencional de 431.67 Mmol Trolox g⁻¹ muestra seca. Estos datos son similares a los reportados por Zhang *et al.* (2013) que calcularon la actividad antioxidante de 13 distintos cultivares de la región de China, cuyo resultado fueron valores de DPPH de 71.85-400.17 Mmol Trolox g⁻¹ muestra seca.

Finalmente, en la semilla los valores de la actividad antioxidante son mayores en la muestra orgánica (1223 Mmol Trolox g⁻¹ muestra seca) que su contraparte convencional (1168.33 Mmol Trolox g⁻¹ muestra seca).

En este trabajo se comprobó que son altos los valores de la actividad antioxidante del litchi orgánico comparado con el convencional. Además, la influencia de diversos factores ambientales, la ubicación geográfica, las condiciones bióticas y abióticas, y otros factores, han incidido en el contenido de macronutrientes y micronutrientes (Prem, Singh, Singh, Singh & Vigyan, 2022). La nutrición de la planta desempeña un papel

Tabla III. Análisis de la actividad antioxidante del fruto de litchi cultivado en cultivos orgánico y convencional por el método DPPH.

Fracción	Convencional (Mmol Trolox* g ⁻¹ muestra seca)	Orgánico (mg EAG*100 g ⁻¹)	Coficiente de Variación (%)
Cáscara	968.33± 0.94 ^b	1041.67 ± 0.91 ^a	0.16
Pulpa	431.67 ± 0.95 ^a	423.67 ± 0.96 ^b	0.24
Semilla	3435 ± 0.95 ^b	3835 ± 0.96 ^a	0.74

Los resultados son el promedio de una muestra analizada por triplicado ± desviación estándar (n=3).

Letras diferentes en las filas (a y b), muestran diferencias significativas (p<0.05).

fundamental en las diversas etapas del fruto de litchi, y tiene que ver con: la floración, el cuajado y la fructificación (Prem *et al.*, 2022). Previamente se dijo que otros estudios se refieren a que las plantas sometidas a estrés biótico y abiótico provocan un cambio en la composición de la semilla y la cáscara de la fruta cultivada orgánicamente, esto como parte de su mecanismo de defensa (Prem *et al.*, 2022), lo que da lugar a la síntesis de metabolitos secundarios (Sharpe *et al.*, 2020). Gho *et al.* (2020) sugieren que la activación de la Fenilalanina amonio liasa y la síntesis de los polifenoles actúan de antioxidante o para la polimerización, suberización y restauración del tejido vegetal (Zhen & DeGang, 2017). La modulación de la síntesis de compuestos fenólicos altera no sólo la cantidad, sino también la calidad de los polifenoles en la matriz alimentaria. Cada tipo de sustancia tiene una capacidad antioxidante específica debido a su estructura química única (Benítez-Estrada, Villanueva-Sánchez, González-Rosendo, Alcántar-Rodríguez, Puga-Díaz & Quintero-Gutiérrez, 2020). Las alteraciones en los compuestos fenólicos modifican la capacidad antioxidante total del litchi. De igual forma, en el caso del cultivo convencional, con la limitada fertilidad del suelo, muchos productores de litchi aplican los fertilizantes sin la debida consideración, lo que conduce a una reducción del rendimiento, la calidad y el color de los frutos (Jain, Rai, Pant & Jat, 2022; Yi, Ge, Abbas, Zhao, Huang, Hu & Wang, 2022). A pesar del potencial de aumentar el rendimiento de la fruta mediante la fertilización, la aplicación inadecuada de fertilizantes y la ausencia de nutrientes esenciales causan fluctuaciones en el rendimiento de los cultivos y el contenido nutricional (Jain *et al.*, 2022).

Sin embargo, estudios en frutos orgánicos y convencionales muestran resultados contradictorios. Por ejemplo, se hace referencia a una similitud de la capacidad antioxidante de la “frutilla” en los cultivos orgánicos y convencionales, aunque los compuestos antioxidantes específicos variaban entre los frutos y los cultivos agrícolas (Cantillano *et al.*, 2012). En conjunto, estos estudios muestran que las alteraciones tanto cuantitativas como cualitativas de los polifenoles presentes en un fruto en particular modifican el análisis de la capacidad antioxidante.

CONCLUSIONES

Se determinó que las fracciones (cáscara, pulpa y semilla) del fruto de litchi orgánico presentan una mayor composición química proximal de cenizas, lípidos, proteínas y fibra cruda en comparación con la del fruto convencional.

Aunque la bibliografía sugiere que la exposición de los frutos a situaciones estresantes modularía la síntesis de sustancias defensivas, como los polifenoles, la agricultura orgánica es clave para que haya una mayor síntesis de estas sustancias.

El contenido de polifenoles y la actividad antioxidante son más altos en la cáscara y semilla que en la pulpa de litchi orgánico a diferencia del convencional. Por lo que se

recomienda el consumo de los frutos orgánicos completos, debido a su alto contenido de antioxidantes y sin el riesgo de contaminantes químicos.

El elevado contenido de fenoles y actividad antioxidante que presentan las tres fracciones del fruto, principalmente la cáscara y la semilla denotan que pueden ser consideradas una fuente importante para obtener estos componentes, así como para ser usados en la elaboración de alimentos funcionales o para disminuir los riesgos de padecimientos como el cáncer.

Se considera importante realizar un análisis del suelo del cultivo, con la finalidad de reducir el empleo de plaguicidas y compuestos químicos para mantener su fertilidad, y consumir frutos con mayor contenido nutrimental.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue posible gracias al apoyo del Colegio de Postgraduados por prestar sus instalaciones para llevar a cabo los análisis de laboratorio. De igual manera se agradece al Dr. Gustavo López Romero por su participación como asesor y revisor y a la SECIHTI por la beca asignada para desarrollar la investigación del presente trabajo.

REFERENCIAS

- Abebe, M., Akinlabi, A. A., Mackey, C. D., Ranique, M. R. S., Musenge, P., Russell, D. O. & Hailemeskel, B. (2021). Content comparison of organic and conventional celery. *Educ. Res. Appl.*, **5**, 180. DOI: 10.29011/2575-7032.100180
- Anjum, J., Lone, R. & Wani, K. A. (2017). Lychee (*Litchi chinensis*): Biochemistry, panacea, and nutritional value. *Lychee. Disease Management*, **2017**, 237–256. https://doi.org/10.1007/978-981-10-4247-8_14.
- AOAC International. (2000). Official Methods of Analysis. 17th Ed. W. Horwitz, Editor.
- Benítez-Estrada, A., Villanueva-Sánchez, J., González-Rosendo, G., Alcántar-Rodríguez, V. E., Puga-Díaz, R. & Quintero-Gutiérrez, A. G. (2020). Determinación de la capacidad antioxidante total de alimentos y plasma humano por fotoquimioluminiscencia: Correlación con ensayos fluorométricos (ORAC) y espectrofotométricos (FRAP). *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, **23**, 1-9. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2020.0.244>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, **28**, 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Bravo, L. & Saura-Calixto, F. (1998). Characterization of the dietary fibre and the *in vitro* indigestible fraction of grape pomace. *American Journal Enology and Viticulture*, **49**, 135–141. DOI: 10.5344/ajev.1998.49.2.135
- Cabral, T. A., de Moraes, C. L. & Pinheiro-Sant’Ana, H. M. (2014). Chemical composition, vitamins and minerals of

- a new cultivar of lychee (*Litchi chinensis* cv. Tailandes) grown in Brazil. *Fruits*, **69**, 425-435. DOI: 10.1051/fruits/2014031
- Cantillano, F. R. F., Ávila, M. J. M., Peralba, R. M. C., Pizzolato, T. M. & Toralles, R. P. (2012). Actividad antioxidante, compuestos fenólicos y ácido ascórbico de frutillas en dos sistemas de producción. *Horticultura Brasileira*, **30**, 620-626.
- Chitindingu, K., Ndhala, A. R., Chapano, C., Benhura, M. A. N. & Muchuweti, M. (2007). Phenolic compound content, profiles and antioxidant activities of *Amaranthus hybridus* (pigweed), *Bracharia brizantha* (upright brachiaria) and *Panicum maximum* (guinea grass). *Journal Food Biochemistry*, **31**, 206-216. DOI: 10.1111/j.1745-4514.2007.00108.x
- De Castro-Lima, T. M. (2016). Qualidade e compostos bioativos de frutos de umbuzeiro cultivados sob o sistema orgânico e convencional. Universidade Federal Da Paraíba. Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional. Paraíba, Brasil. 61 p.
- Dutta, P., Kundu, S. & Talang, H. (2016). Quality assessment of litchi fruits grown in different growing systems in new alluvial zones of West Bengal. *Progressive Horticulture*, **48(1)**, 114-115. DOI: 10.5958/2249-5258.2016.00022.1
- Estela, de R. Q., Celeste, M. P. de A., Denise, A. R. & Mariana, A. B. (2015). Anti-nutritional compounds in fresh and dried lychee fractions (*Litchi chinensis* Sonn.). *African Journal of Agricultural Research*, **10(6)**, 499-504. <https://doi.org/10.5897/ajar2014.8750>
- Faller, A. L. K. & Fialho, E. (2010). Polyphenol content and antioxidant capacity in organic and conventional plant foods. *Journal of Food Composition and Analysis*, **23**, 561-568. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.01.003>
- Feng, C. Y., Liu, Y. G., Ma, F. Y., Qiong, F. & Zhang, X. M. (2017). The antioxidant activities of litchi pericarp among different cultivars. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **81**, 1-6. DOI 10.1088/1755-1315/81/1/012012
- Ferreira, M. J. O., Conchinhas, B., Baptista, L. A. E., Cruz, R. A. L. C., Nunes, S. I. M., Boavida, F. R. M. S., Ribeiro, A. C. & Batista, S. P. (2024). Caracterización de compuestos fenólicos de la cáscara de *Caryocar brasiliense* con potencial actividad antioxidante. *Plants*, **2024 (13)**, 12 p. <https://doi.org/10.3390/plants13152016>
- Folin, C. & Ciocalteu, V. (1927). Tyrosine and tryptophan determination in proteins. *Journal Biology Chemistry*, **73**, 627-650.
- García, G. M. R. & Miranda, R. C. L. (2017). Composición nutricional, propiedades funcionales, componentes bioactivos y actividad antioxidante de dos variedades de semillas de chía (*Salvia Hispanica* L.) de cultivo convencional y orgánico en el Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Facultad de Ciencias de la Salud. Lima, Perú. 45 p.
- Gho, Y. S., Kim, S. J. & Jung, K. H. (2020). Phenylalanine ammonia-lyase family is closely associated with response to phosphate deficiency in rice. *Genes and Genomics*, **42**, 67-76. <https://doi.org/10.1007/s13258-019-00879-7>
- González-Fuentes, J. A., Lozano-Cavazos, C. J., Preciado-Rangel, P., Troyo-Diéguez, E., Rojas-Duarte, A. & Rodríguez-Ortiz, J. C. (2021). Fertilización orgánica contra convencional en el rendimiento, atributos morfológicos y calidad de fruto de tomate uva en un sistema de subirrigación no recirculante. *Terra Latinoamericana*, **39**, 1-16. e897. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.897>
- Huang, F., Zhang, R., Dong, L., Guo, J., Deng, Y., Yi, Y. & Zhang, M. (2015). Antioxidant and antiproliferative activities of polysaccharide fractions from litchi pulp. *Food & Function*, **6(8)**, 2598-2606. <https://doi.org/10.1039/C5FO00249D>
- Jacquet, F., Jeuffroy, M. H., Jouan, J., Le Cadre, E., Litrico, I., Malausa, T., Reboud, X. & Huyghe, C. (2022). Pesticide-free agriculture as a new paradigm for research. *Agron. Sustain. Dev.*, **42**, 8. <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00742-8>
- Jain, P., Rai, R., Pant, R. & Jat, R. (2022). Assessment of Residual Effect of Paclobutrazol on the Growth, Flowering, Yield and Quality of Litchi. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **11(8)**, 65-76. <https://doi.org/10.20546/IJCMAS.2022.1108.008>
- Jun, S. Y., Sattler, S. A., Cortez, G. S., Vermerris, W., Sattler, S. E. & Kang, C. H. (2018). Biochemical and structural analysis of substrate specificity of a Phenylalanine Ammonia-Lyase. *Plant Physiology*, **176(2)**, 1452-1468. <https://doi.org/10.1104/pp.17.01608>
- Li, J. & Jiang, Y. (2017). Litchi Flavonoids: Litchi flavonoids: Isolation, identification and biological activity. *Molecules*, **12**, 745-758. <https://doi.org/10.3390/12040745>
- López, M. D., Illanes, M., Jara, P., Figueroa, I., Fischer, S., Wilckens, R., Serri, H. & Schoebitz, M. (2020). Changes on phenolic compound contents under different production systems of blueberries. *Bioagro*, **32(3)**, 169-178.
- Mohring, N. & Finger, R. (2022). Pesticide-free but not organic: adoption of a large-scale wheat production standard in Switzerland. *Food Pol.*, **206**, 102188. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102188>
- Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, **26**, 211-219.
- Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K. & Niggli, U. (2017). Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture. *Nature Communications*, **8**, 1290. <https://doi.org/10.1038/s41467-017-01410-w>
- Murcia, A. K. S. & Castañeda, M. R. (2021). Evaluación del contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante de extractos etanólicos de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, **13(2)**, 53-65. DOI: 10.22490/21456453.4717

- Nitzko, S. (2024). Consumer evaluation of food from pesticide-free agriculture in relation to conventional and organic products. *Farming Sistem*, **2**(100112), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2024.100112>.
- Pareek, S. (2016). Nutritional and biochemical composition of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) cultivars. *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*, **17**, 395–418. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00017-9>
- Pérez-Jiménez, J. & Saura-Calixto, F. (2007). Macromolecular antioxidants or non-extractable polyphenols in fruit and vegetables: intake in four European countries. *Food Research International*, **74**, 315-323. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.05.007
- Prem, S. N., Singh, J., Singh, S., Singh G. P. & Vigyan K. K. (2022). Soil-leaf nutrient relationships with fruit quality and yield of litchi (*Litchi chinensis*) in northern India. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, **92**(12), bn1453–1457. <https://doi.org/10.56093/IJAS.V92I12.124134>
- Pretty, J., Benton, T. G., Bharucha, Z. P., Dicks, L. V., Flora, C. B., Godfray, H. C. J., Goulson, D., Hartley, S., Lampkin, N. & Morris, C. (2018). Global assessment of agricultural system redesign for sustainable intensification. *Nat. Sustain*, **1**, 441-446. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0114-0>.
- Queiroz, E. D., De Abreu, C. M. P. & Da Silva, O. K. (2015). Constituintes químicos das fracoas de lichia *in natura* e submetidas à secagem: potencial nutricional dos subprodutos. *Revista Brasileira de Fruticultura*, **34**(4), 1174-1179. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400026>
- Rojas-Barquera, D. R., Narváez-Cuenca, E. C. & Restrepo-Sánchez, L. P. (2008). Evaluación del contenido de vitamina C, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) de las variedades de pera, regional roja y regional blanca. *Memorias Red-Alfa Lagrotech*, 49-60.
- Selvan, T., Panmei, L., Murasing, K. K., Guleria, V., Ramesh, K. R., Bhardwaj, D. R., Thakur, C. L., Kumar, D., Sharma, P., Digvijaysinh-Umedsinh, R., Kayalvizhi, D. & Deshmukh, H. K. (2023) Circular economy in agriculture: unleashing the potential of integrated organic farming for food security and sustainable development. *Front. Sustain. Food Syst.*, **7**(1170380), 1-17. DOI: 10.3389/fsufs.2023.1170380.
- Sharpe, R. M., Gustafson, L., Hewitt, S., Kilian, B., Crabb, J., Hendrickson, C., Jiwan, D., Andrews, P. & Dhingra, A. (2020). Concomitant phytonutrient and transcriptome analysis of mature fruit and leaf tissues of tomato (*Solanum lycopersicum* L. cv. Oregon Spring) grown using organic and conventional fertilizer. *PLoS ONE*, **15**(1), e0227429. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227429>
- Sheikha, A. F. El. (2022). Nutritional Profile and Health Benefits of *Ganoderma lucidum* & Idquo; Lingzhi, Reishi, or Mannentake & rdquo; as Functional Foods: Current scenario and future perspectives. *Foods* **2022**, **11**(7), 1030. <https://doi.org/10.3390/FOODS11071030>
- Silva, J. S., Ortiz, D. W., Garcia, L. G. C., Asquiere, E. R., Becker, F. S. & Damiani, C. (2020). Effect of drying on nutritional composition, antioxidant capacity and bioactive compounds of fruits co-products. *Food Science and Technology*, **40**(4), 810–816. <https://doi.org/10.1590/FST.21419>
- Spiller, A. & Iweala, S. (2022). Ist Bio die Zukunft? Politik für eine nachhaltigere Landwirtschaft. *Aus Polit. Zeitgesch.*, **72**, 15-17. <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/landwirtschaft-2022/507087/ist-bio-die-zukunft/>.
- Sui, Y., Shi, J., Cai, S., Xiong, T., Xie, B., Sun, Z. & Mei, X. (2021). Metabolites of procyanidins from *Litchi chinensis* pericarp with xanthine oxidase inhibitory effect and antioxidant activity. *Frontiers in Nutrition*, **8**(9), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.676346>.
- Upadhyaya, D. C. & Upadhyaya, C. P. (2017). Bioactive compounds and medicinal importance of *Litchi chinensis*. In *The Lychee Biotechnology* (pp. 333–361). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-3644-6_13
- Wen, L., You, L., Yang, X., Yang, J., Chen, F., Jiang, Y. & Yang, B. (2015). Identification of phenolics in litchi and evaluation of anticancer cell proliferation activity and intracellular antioxidant activity. *Free Radical Biology and Medicine*, **84**, 171-184. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2015.03.023>
- Yang, Z., Zhang, L., Liu, J. & Li, D. (2024). Litchi pericarp Treats Type 2 Diabetes Mellitus by Regulating Oxidative Stress, Inflammatory Response, and Energy Metabolism. *Antioxidants*, **13**,495. <https://doi.org/10.3390/antiox13040495>
- Yi, J. W., Ge, H. T., Abbas, F., Zhao, J. T., Huang, X. M., Hu, G. B. & Huang, H. C. (2022). Function of a non-enzymatic hexokinase LcHXK1 as glucose sensor in regulating litchi fruit abscission. *Tree Physiology*, **43**(1), 130-141. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpac097>
- Zhang, R., Zeng, Q., Deng, Y., Zhang, M., Wei, Z., Zhang, Y. & Tang, X. (2013). Phenolic profiles and antioxidant activity of litchi pulp of different cultivars cultivated in Southern China. *Food Chemistry*, **136**(3-4), 1169-1176. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.09.085
- Zhao, L., Wang, K., Wang, K., Zhu, J. & Hu, Z. (2020). Nutrient components, health benefits, and safety of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.): A review. *Journal of Food Science*, **19**(4), 2139-2163. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12590>
- Zhen, H. X. & DeGang, Z. (2017). Research progress in regulation and control mechanism of phenylalanine ammonia lyase in plants. *Guizhou Agricultural Sciences*, **45**(4), 16-20. URL :http://www.gznykx.org.cn/Jweb_gznykx/...
- Zhou, W., Jiang, X., He, P., Sun, Z. & Xie, B. (2019). Antioxidant activities correlation analysis of procyanidins from china cultivars litchi pericarp. *Science Journal of Analytical Chemistry*, **7**(1), 27–31. <https://doi.org/10.11648/J.SJAC.20190701.14>