

Caracterización física y química de *Zingiber officinale* en diferentes estados de maduración para su uso potencial en la elaboración de bebidas saludables

Physical and chemical characterization of *Zingiber officinale* in different maturity stages for its potential use in the elaboration of healthy beverages

J. Jaimez-Ordaz ^a, E. Contreras-López ^a, F. González-Mesillas ^a, L.G. González-Olivares ^a,
J. Onofre-Sánchez ^b, J. Ramírez-Godínez ^{b*}

^a Área Académica de Química, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

^b Área Académica de Gastronomía, Instituto de Ciencias Económico Administrativas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42170, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo, México.

Resumen

El objetivo fue caracterizar física y químicamente el jengibre (*Zingiber officinale*) cultivado en la Sierra Norte de Puebla, en tres estados de madurez. Las propiedades físicas determinadas fueron eje mayor, eje menor, espesor, peso, volumen y color. La composición proximal se realizó de acuerdo a la metodología de la AOAC. El contenido de minerales se determinó de acuerdo a la metodología establecida por la EPA. Las propiedades físicas cambiaron de acuerdo al estado de madurez. La humedad y fibra fueron los componentes mayoritarios en todas las muestras analizadas. En general, el contenido de Ca, Fe y Mn aumentó conforme el estado de madurez del jengibre mientras que el de Cu y P disminuyó. El curcumeno, geraniol, zingibereno, bisaboleno y neral fueron identificados en el jengibre estudiado. Las propiedades que presentan los rizomas pueden ser aprovechadas en el procesamiento de productos derivados saludables.

Palabras Clave:

Jengibre, *Zingiber officinale*, propiedades físicas, composición química, minerales

Abstract

The objective was to characterize physically and chemically the ginger (*Zingiber officinale*) grown in the Sierra Norte de Puebla, in three stages of maturity. The physical properties determined were major axis, minor axis, thickness, weight, volume, and color. The proximate composition was analyzed according to the AOAC methodology. The mineral content was determined according to the methodology established by the EPA. The physical properties changed according to the state of maturity. Moisture and fiber were the major components in all the samples analyzed. In general, the content of Ca, Fe and Mn increased according to the state of maturity of the ginger while that of Cu and P decreased. Curcumene, geraniol, zingiberene, bisabolene, and neral were identified in the studied ginger. The properties of rhizomes can be used in the processing of healthy derived products.

Keywords:

Ginger, *Zingiber officinale*, physical properties, chemical composition, minerals

1. Introducción

El jengibre (*Zingiber officinale*) es originario de las zonas tropicales del sureste asiático. Es una planta perteneciente a la familia Zingiberaceae que posee alrededor de 45 géneros y más de 1000 especies. La parte más usada de esta planta es el rizoma, el cual ha sido extensivamente utilizado desde hace miles de años como especia y medicina tradicional, principalmente en China y en la India (Shukla y Singh, 2007).

La composición del rizoma de jengibre incluye carbohidratos, vitaminas, fibra, minerales y enzimas proteolíticas entre otros componentes al igual que numerosas sustancias que además de impartirle su sabor y aroma característicos, le confieren ciertas propiedades farmacológicas y fisiológicas probadas ((Shukla y Singh, 2007; Ali et al., 2008; Shahrajabian et al, 2019).

Los componentes del jengibre consisten principalmente en hidrocarburos sesquiterpénicos tales como zingibereno, curcumeno, farneseno, bisaboleno y β -sesquifelandreno. También

*Autor para la correspondencia: juan_ramirez@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: jjaimenz@uaeh.edu.mx (Judith Jaimez-Ordaz), elizac@uaeh.edu.mx (Elizabeth Contreras-López), francisco.gon.mes@gmail.com (Francisco González Mesillas), lgonzales@uaeh.edu.mx (Luis Guillermo González-Olivares), jair_onofre6570@uaeh.edu.mx (Jair Emmanuel Onofre-Sánchez) y juan_ramirez@uaeh.edu.mx (Juan Ramírez-Godínez)

están presentes en menor proporción hidrocarburos monoterpenoides como linalool, neral y geraniol (Shukla & Singh, 2007; Shahrajabian et al, 2019). Otros componentes principales del jengibre son de tipo fenólico como los gingeroles, shogaoles y paradoles (Shukla & Singh, 2007; Stoilova et al, 2007; Lu et al, 2014; Gümüşaya et al, 2015).

El jengibre ha sido utilizado en el tratamiento de diferentes síntomas de enfermedad como vómito, náusea, desórdenes gastrointestinales y enfermedades como tos, gripa y bronquitis (Stoilova et al, 2007; Lu et al, 2014). También resulta eficaz para tratar la artritis, reumatismo, malestares musculares e inflamación. Otros beneficios del jengibre que han sido científicamente probados incluyen efectos antimicrobianos, hipoglucémicos, analgésicos, neuroprotectores, anticancerígenos, antiinflamatorios y antioxidantes (Shahrajabian et al, 2019). Investigaciones recientes han demostrado la actividad in silico de algunos componentes del jengibre contra el coronavirus (COVID-19) (Rajabopal et al. 2020) y una mejora en síntomas como fiebre, tos y cansancio en pacientes positivos a dicha enfermedad (Safa et al., 2020).

Como consecuencia de sus múltiples efectos benéficos para la salud, el jengibre se ha considerado como una materia prima alternativa en la industria alimentaria principalmente en el subsector de las bebidas saludables y/o funcionales. Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue determinar las propiedades fisicoquímicas de jengibre cultivado en la Sierra Norte de Puebla, en diferentes estados de maduración, así como la identificación de los principales compuestos presentes en él con la finalidad de determinar su uso en la elaboración de bebidas saludables.

2. Metodología

2.1. Obtención de las muestras

Se analizaron rizomas de jengibre orgánico, frescos, recién cosechados en tres estados de maduración: 3, 5 y 8 meses (3M, 5M y 8M, respectivamente), provenientes del municipio de Xicotepec, Puebla. Los rizomas recién cosechados se transportaron en costales de malla de polietileno, posteriormente se almacenaron en bolsas de polietileno en un congelador a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis.

Las muestras 3M y 8M fueron proporcionadas lavadas y limpias por parte de la empresa, mientras que la muestra 5M fue suministrada directamente por lo que se le realizó un lavado y cepillado dentro del laboratorio. Una vez limpios, los rizomas de los tres estados de maduración se esparcieron en una superficie plana y se seleccionaron aleatoriamente por cuarteo para la obtención de una muestra representativa de cada uno de los lotes analizados (3M, 5M, 8M).

2.2. Caracterización física

Se midieron cuatro parámetros: dimensión, peso, volumen y número de ramificaciones. Para medir la dimensión (espesor, eje mayor y menor) se utilizó un vernier. El peso de los rizomas enteros se determinó con balanza granataria, clasificándose según su peso en 3 calibres: “A” grande ($\geq 300\text{g}$), “B” mediano (200-299g), “C” pequeño (151-199g) según la norma del Codex Alimentarius para el jengibre (CODEX STAN 128-1999, 2005).

Para fines de esta investigación se agregó el calibre “D” ($\geq 150\text{g}$), debido a que algunas muestras, en especial las de etapas tempranas de maduración, se encontraban fuera del establecido. El volumen se determinó mediante la inmersión de los rizomas en vasos de precipitados (1000 mL), donde la cantidad de agua desplazada constituyó el volumen de los rizomas. Por último, se determinó el número de ramificaciones presentes en cada una de las muestras.

Color.

El color externo de los rizomas se midió instrumentalmente, utilizando un colorímetro HunterLab determinando los parámetros CIE L^* (luminosidad), a^* (coordenada rojo-verde) y b^* (coordenada amarillo-azul).

2.3. Composición química

Se determinó utilizando los métodos oficiales de la AOAC: humedad AOAC 925.19 (2005), proteína AOAC 920.165 (1999), extracto etéreo AOAC 920.39 (2005), cenizas AOAC 941.12 (2005), fibra cruda AOAC 962.09 (1999) y carbohidratos por diferencia. El análisis de minerales (Ca, Cu, Fe, Mn, P) se realizó por espectroscopía de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP) de acuerdo con el método 3052, de la Agencia de Protección Ambiental (EPA: Environmental Protection Agency, 1996).

3. Resultados y discusión

3.1. Caracterización física

Tamaño y forma

Los resultados promedio del tamaño y forma (Figura 1) de las muestras de jengibre analizadas (3M, 5M, 8M) se muestran en la Tabla 1.

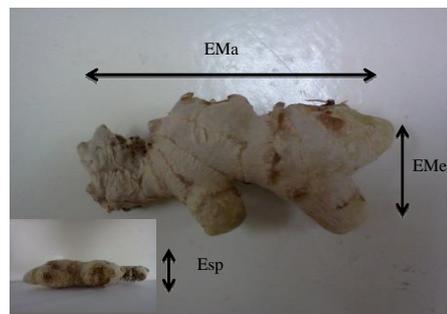


Figura 1: Medición del tamaño y forma del jengibre (Esp, espesor; Ema, eje mayor; EMe, eje menor)

Tabla 1: Tamaño promedio de las muestras de jengibre estudiadas

Dimensiones	3M	5M	8M
Eje mayor (cm)	6.11 ± 0.06^a	13.45 ± 0.1^b	13.85 ± 0.09^c
Eje menor (cm)	3.08 ± 0.08^a	6.59 ± 0.15^b	7.48 ± 0.12^c
Espesor (cm)	1.52 ± 0.05^a	3.67 ± 0.04^c	2.88 ± 0.07^b

Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia significativa a un nivel de significancia del 95%. Media \pm SD: desviación estándar de 3 réplicas

Akhtar, Kumar y Mannan (2013) reportaron datos de eje mayor (4.7-10.44 cm), eje menor (1.58-4.6 cm) y espesor (1.96-4.44 cm) para 10 muestras de germoplasmas de jengibre maduro cultivado en Bangladesh mientras que Onu y Okafor (2002) y Ajav y

Ogundale (2014) determinaron los mismos parámetros en jengibre nigeriano (*Zingiber officinale*) obteniendo valores de 3-13.3 (eje mayor), 1.8-8.2cm (eje menor) y 0.9 – 4.4 cm (espesor).

Comparando los resultados obtenidos en el presente trabajo, las muestras eran, en general, de tamaño similar a las muestras de jengibre cultivadas en Nigeria mientras que las muestras 3M y 5M eran más pequeñas comparadas con el jengibre de Ecuador. Únicamente las muestras 8M resultaron similares en tamaño y forma a los datos reportados por Torres (2011) para muestras de jengibre ecuatoriano (13.81 y 7.72 cm, respectivamente). Las muestras 5M fueron similares a las reportadas por Zubair et al. (2020) (10.85 cm; 6.91 cm y 3.52 de eje mayor, eje menor y espesor, respectivamente) para muestras de jengibre var. Kochin procedente de la India. Las propiedades físicas del jengibre estudiado mostraron variabilidad lo cual es típico en biomateriales ya que distintos factores como el estado de madurez, la especie y variedad, las condiciones de cultivo y condiciones climáticas ejercen gran influencia sobre dichas características (Orellana, 2004; Ajav y Ogundale, 2014). Estas propiedades juegan un papel importante en el manejo poscosecha y en la calidad de los productos finales derivados de jengibre (Ajav y Ogundale, 2014; Zubair et al., 2020).

Peso

La Tabla 2 muestra el peso promedio de los rizomas analizados. Ninguna de las muestras analizadas alcanzó el calibre “A” establecido por la norma CODEX STAN 218-1999, que es para muestras con pesos mayores a 300g. Alrededor del 18% de las muestras 5M y 8M se encontraron dentro del calibre “B” (200-299g) mientras que 21% de las muestras 8M y sólo 8% de las muestras 5M alcanzaron el calibre “C” (151-199g). Todas las muestras 3M y la mayoría de las muestras 5M y 8M presentaron pesos inferiores a 150g lo que las coloca en el calibre “D”.

Tabla 2: Tamaño promedio de las muestras de jengibre estudiadas

Muestra	Peso del lote (g)	Total de rizomas	Peso promedio*
3 M	1469.07	134	10.96
5 M	3759.47	32	117.48
8 M	3739.05	37	101.05

*Peso promedio por rizoma (gramos)

Las muestras de 3 meses de maduración analizadas en este trabajo se pueden catalogar como jengibre “baby” ya que eran rizomas muy jóvenes. Es conocido que tanto el tamaño como el peso del rizoma aumenta conforme avanza el estado de madurez, el jengibre “baby” es más pequeño y suave mientras que el jengibre maduro es más grande y fibroso. Los pesos promedio de las muestras 5M y 8M fueron similares. Sin embargo; algunas muestras 8M alcanzaron pesos de entre 151 y 199g debido al estado de maduración. La empresa que proporcionó las muestras para su análisis generalmente comercializa los rizomas al alcanzar, al menos, los 8 meses de edad. En este estado de madurez las muestras ya presentan pesos superiores a los 100g (Flores, 2012).

Los resultados obtenidos son similares a los reportados en otros estudios sobre jengibre procedente de Nigeria, Ecuador y Bangladesh donde determinaron algunos parámetros físicos de las muestras, entre ellos el peso (Onu y Okafor 2002; Torres, 2011 y Akhtar, Kumar y Mannan, 2013). Al igual que en este trabajo, todas las muestras de jengibre analizadas por los autores

mencionados se encontraron fuera de la clasificación por calibres establecidas por el Codex Alimentarius ya que el peso promedio mínimo determinado fue de 10.8g y el máximo fue de 122.06g. Sin embargo, en el caso de los estudios citados previamente, no se menciona el estado de maduración del jengibre utilizado por lo que no es posible correlacionar la edad con los parámetros físicos analizados.

Número de ramificaciones o brotes

Las muestras 3M presentaron 2 ramificaciones en promedio mientras que los rizomas de 5M y 8M presentaron 6. Los rizomas más jóvenes (3M) eran más uniformes debido a que sus ramificaciones eran menos pronunciadas comparados con los más maduros (5M y 8M) cuyas ramificaciones eran más alargadas y carnosas. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Acuña y Torres (2010), quienes determinaron ramificaciones pronunciadas, alargadas y de estructura carnosa en las muestras de jengibre analizadas. Sin embargo, el número promedio de ramificaciones presentes por rizoma reportado por dichos autores fue de 3±1.

Volumen

Los volúmenes obtenidos fueron 21 cm³, 210 cm³ y 245 cm³ como valores promedio para las muestras 3M, 5M y 8M, respectivamente. Estos valores son superiores a los datos (7.43-133 cm³) reportados por Onu y Okafor (2002) y Torres (2011) pero inferiores a los reportados por Ajav y Ogundale (2014).

La información acerca del peso, tamaño, forma, número de ramificaciones y volumen de muestras de jengibre es muy escasa en la literatura ya que no suelen medidos. Sin embargo, estos parámetros son relevantes durante el procesamiento del jengibre ya que influyen en la eficiencia del pelado y rebanado (Onu y Okafor, 2002) así como en la presentación y calidad del producto final (aceite esencial, condimento en polvo, infusión filtrante, aromatizantes, etc.) (Acuña y Torres, 2010; Ajav y Ogundale, 2014; Zubair et al., 2020).

Color

Las lecturas promedio de los parámetros L*, a* y b* del jengibre analizado se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3: Parámetros de color medidos en las muestras de jengibre analizadas

Parámetro	3M	5M	8M
L*	22.92 ± 0.057 ^a	18.20 ± 0.300 ^c	19.95 ± 0.131 ^b
a*	2.40 ± 0.026 ^c	4.55 ± 0.062 ^a	2.63 ± 0.087 ^b
b*	16.84 ± 0.060 ^a	14.51 ± 0.097 ^b	7.78 ± 0.070 ^c

Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95% Media ± SD: desviación estándar de 3 réplicas

El análisis estadístico realizado indicó que existen diferencias significativas entre estos parámetros para todas las muestras, aunque a simple vista, la muestra 3M se percibió de un color amarillo claro brillante mientras que las muestras 5 y 8M presentaron un color amarillo más oscuro y opaco. Estos resultados difieren de los reportados para jengibre fresco nigeriano (L*= 59.8, a*=3.7 y b*= 16.9) (Okafor y Okafor, 2007) y a lo reportado por Osaie et al. (2019) (L*=50.33, a*=1.82, b*=35.72) para jengibre fresco originario de China.

El color del jengibre fresco varía del dorado al café pálido dependiendo de su origen. Por ejemplo, el jengibre jamaicano es dorado brillante, el africano es de color más oscuro y el chino es de color más blanco o pálido. Este parámetro también depende de las condiciones de cosecha, almacenamiento y procesado (Uhl, 2000).

3.2. Caracterización química

Los resultados obtenidos de la caracterización química de las muestras de jengibre de 3M, 5 M y 8M se presentan en la Tabla 4. Se observaron diferencias significativas en cuanto al contenido de humedad, cenizas, fibra y carbohidratos. Las muestras 3M y 8M presentaron contenidos similares de grasa y las muestras 5M y 8M, de proteína. Se observó que el estado de madurez influyó de manera significativa sobre el porcentaje de cenizas, siendo mayor en el estado más joven puesto que al inicio de su crecimiento necesita de estos elementos para un adecuado desarrollo. Respecto al contenido de fibra, este aumenta conforme avanza el estado de madurez. Los rizomas maduros son fibrosos y secos, en comparación con los rizomas jóvenes que son jugosos y carnosos (Martínez et al., 2013).

El contenido de humedad de las muestras analizadas se encontró entre 85 y 89%. Estos valores concuerdan con los datos reportados en la literatura, los cuales se encuentran en un intervalo de 71 a 95% (Mao et al., 2019; Osaie et al., 2019; Shukla et al., 2019; Zubair et al., 2020) y coinciden con el contenido de humedad reportado para las principales variedades comerciales de jengibre en el mundo (Govindarajan y Connell, 1983). Los resultados del contenido de fibra de los rizomas analizados (4 a 10%) son similares a los presentados por Kumar et al. (2013) y por Shukla et al. (2019) pero inferiores al intervalo publicado (8-20%) para la mayoría de las muestras de jengibre comerciales en el mundo (Govindarajan y Connell, 1983). En cuanto a los parámetros de grasa, cenizas, proteína y carbohidratos los valores obtenidos en esta investigación son inferiores a los reportados en la literatura (Kumar et al., 2013; Shukla et al., 2019 y Zubair et al., 2020).

Tabla 4: Composición proximal porcentual y cuantificación de minerales presentes (mg de mineral/100g) en el jengibre

Parámetro	3M	5M	8M
Humedad	88.98±0.85 ^a	86.95±1.12 ^b	85.28±0.41 ^c
Cenizas	1.19±0.02 ^a	0.63±0.06 ^c	0.74±0.02 ^b
Grasa	0.12±0.01 ^b	0.24±0.02 ^a	0.14±0.01 ^b
Proteína	1.84±0.14 ^a	1.33±0.14 ^b	1.37±0.12 ^b
Fibra	4.26±0.42 ^c	8.91±0.81 ^b	9.96±0.07 ^a
Carbohidratos	3.61±0.08 ^a	1.94±0.25 ^c	2.51±0.33 ^b
Ca	153.71±3.23 ^b	220.34±26.09 ^a	218.24±12.46 ^a
Cu	39.78±4.58 ^a	37.30±9.24 ^a	0.20±0.01 ^b
Fe	24.14±3.10 ^c	38.41±2.71 ^b	96.18±12.74 ^a
P	7.34±0.18 ^a	3.88±0.62 ^b	0.01±0.002 ^c
Mn	18.46±0.42 ^b	17.89±1.49 ^b	176.05±48.89 ^a

Superíndices diferentes dentro de la misma fila, denotan diferencia significativa a un nivel de significación del 95% Media ± SD: desviación estándar de 3 réplicas

Respecto al contenido de minerales, se observó que el Ca, Fe y Mn aumentaron conforme el estado de madurez del jengibre mientras que el Cu y P disminuyeron (Tabla 4). En el presente estudio se observó que la concentración de Fe y Mn aumentaron

significativamente después de los 5 meses de maduración de los rizomas de jengibre analizados.

Comparando los resultados del contenido de minerales del jengibre analizado con lo reportado por diferentes autores, se observa que difieren con lo encontrado por Famurewa et al. (2011) y Otunola et al. (2010); ya que el contenido de hierro y zinc son inferiores a los determinados en el presente trabajo. En cuanto al contenido de Ca, Cu, Fe y Mn obtenido por Shirin y Prakash (2010) y Tanveer et al. (2014), es superior al encontrado en las diferentes etapas de maduración del jengibre estudiado. De igual forma, Latona et al. (2012) reportaron valores superiores de hierro. Sin embargo, el contenido de P es inferior a lo reportado por estos autores. En contraste, el contenido de minerales del jengibre en los diferentes estados de maduración fue superior al determinado por Ogbuewu et al. (2014), Shukla et al. (2019) y por Zubair et al., (2020), a excepción del P cuyo contenido fue superior (10-42 y 30.93 mg/100g) en los últimos estudios mencionados. Cabe destacar que los autores citados no indican el estado de maduración de los rizomas analizados, aunque generalmente, el jengibre se cosecha entre 6 y 12 meses posteriores a la siembra (Ajav y Ogundale, 2014).

Las variaciones observadas en la composición química tanto del jengibre analizado como de los resultados reportados en la literatura podrían atribuirse a que los componentes químicos del jengibre, así como la calidad y cantidad de los constituyentes biológicamente activos presentes en él pueden variar considerablemente dependiendo de factores como la especie, madurez, ubicación del cultivo, condiciones agro-climáticas, tratamiento postcosecha o de si el producto es fresco, seco o procesado (Singletary, 2010; Shahrajabian et al., 2019). Cabe mencionar que, en este estudio, las muestras se analizaron en estado fresco y todas provenían del mismo lugar de origen, aunque de parcelas diferentes por lo que pudo haber variación en la composición del suelo.

Se ha reportado que una fuente de variación en el contenido de minerales es la fertilización de los cultivos, aunque en este caso, las muestras de jengibre utilizadas provienen de parcelas libres de fertilizantes dado que la empresa que proporcionó las muestras para su estudio (Productores Orgánicos de Black Berry de la Sierra Norte de Puebla S.C. de R.L.) se dedica a la producción, empaque y comercialización de jengibre orgánico.

4. Conclusiones

Las propiedades físicas y químicas del jengibre están relacionadas con el estado de maduración y con factores asociados con su origen y con las condiciones de cultivo.

Es importante considerar el estado de madurez del jengibre a utilizar para la elaboración de diversos productos derivados de este rizoma ya que la composición química varía con la maduración y algunos componentes pueden modificar atributos sensoriales de los productos finales, particularmente el color, sabor y olor.

El desarrollo de una metodología para la elaboración de una bebida saludable utilizando jengibre como ingrediente es viable debido a las propiedades determinadas en los rizomas ya que algunos compuestos presentes reportados en literatura como el zingibereno, bisaboleno y geraniol poseen propiedades antioxidantes. Además, el jengibre es una fuente rica de minerales

y fibra. Lo anterior permite que pueden ser aprovechadas en el procesamiento de productos derivados de jengibre.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Productores Orgánicos de Black Berry de la Sierra Norte de Puebla S.C. de R.L. la donación de las muestras de jengibre y al financiamiento por parte de PRODEP por el apoyo a la incorporación de nuevos PTC.

Referencias

- Acuña, O., Torres, A. (2010). Aprovechamiento de las propiedades funcionales del jengibre (*Zingiber officinale* R.) en la elaboración de condimento en polvo, infusión filtrante y aromatizante para quema directa. *Revista Politécnica* 29(1), 60–69.
- Ajav, A., Ogunlade, C. A. (2014). Physical Properties of Ginger (*Zingiber Officinale*). *Global Journal of Science Frontier Research* 14(8), 1-9. DOI: <https://journalofscience.org/index.php/GJSFR/article/view/1401/1263>
- Akhtar, A., Dash, K. P., Mannan, A. (2013). Physico-Chemical Characterization and Product Development from Ginger (*Zingiber officinalis*) Germplasm Available in South Western Region of Bangladesh. *Journal of Agriculture and Veterinary Science* 5(6), 53-62.
- Ali, B.H., Blunden, G., Tamira, O.M., Nemmar, A. (2008). Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe): A review of recent research. *Food and Chemical Toxicology* 46, 409–420. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.085>
- AOAC. (2005). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. (18th ed). Washington:USA
- CODEX STAN 128-1999. (2005). Norma del Codex para el jengibre. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome:Italy
- Environmental Protection Agency (EPA). (1996). Method 3052. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. Washington:USA
- Famurewa, A.V., Emuekele, P.O., Jaiyeoba. K.F. (2011). Effect of drying and size reduction on the chemical and volatile oil contents of ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of Medicinal Plants Research* 5(14), 2941-2944.
- Flores, K. (2012). Baby ginger: Easy and extraordinary niche crop. Rodale Institute. Pennsylvania:USA
- Govindarajan, V. S., Connell, D. W. (1983). Ginger — chemistry, technology, and quality evaluation: Part 1. *C R C Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 17(1), 1-96. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398209527343>
- Gümüşaya, Ö.A., Borazanb, A.A., Ercalc, N., Demirkold, O. (2015). Drying effects on the antioxidant properties of tomatoes and ginger. *Food Chemistry* 173, 156-162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.162>
- Kumar, S., Saxena, K., Singh, U. N., Saxena, R. (2013). Anti-inflammatory action of ginger: A critical review in anemia of inflammation and its future aspects. *International Journal of Herbal Medicine* 1 (4), 16-20.
- Latona, D. F., Oyeleke, G. O., Olayiwola, O. A. (2012). Chemical Analysis of Ginger Root. *Journal of Applied Chemistry* 1(1), 47-49.
- Lu, D.L., Li, X.Z., Dai, F., Kang, Y.F., Li, Y., Ma, M.M., Ren, X.R., Du, G.W., Jin, X.L., Zhou, B. (2014). Influence of side chain structure changes on antioxidant potency of the [6]-gingerol related compounds. *Food Chemistry* 165, 191-197. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.077>
- Mao, Qian-Qian; Xu, Xiao-Yu; Cao, Shi-Yu; Gan, Ren-You; Corke, Harold; Beta, Trust; Li, Hua-Bin. (2019). Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods* 8, (6), 185. <https://doi.org/10.3390/foods8060185>
- Martínez, A. O. L., Ardila, C. M., García, B. Y., Restrepo, C. S. (2013). Identificación y selección de descriptores de jengibre (*Zingiber officinalis*) con jueces entrenados para establecer un perfil sensorial por aproximación multidimensional según NTC 3932; Universidad de Antioquia. Medellín-Colombia.
- Ogbuewu, I. P., Jiwuba, P. D., Ezeokeke, C. T., Uchegbul, M. C., Okoli, I. C., Iloje, M. U. (2014). Evaluation of Phytochemical and Nutritional Composition of Ginger Rhizome Powder. *International Journal of Agriculture and Rural Development* 17, 1663-1670.
- Okafor, G. I., Okafor, J. N. (2007). Effects of pricking, sun-drying and sieving on Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) colour and powder. *Nigerian Food Journal* 25, 155-160. DOI: 10.4314/nifoj.v25i1.33664
- Onu, L. I., Okafor, G. I. (2002). Effect of physical and chemical factor variations on the efficiency of mechanical slicing of Nigerian ginger (*Zingiber Officinale* Rose). *Journal of Food Engineering* 56, 43-47. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00146-2](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00146-2)
- Orellana, A. R. (2004). Evaluacion del efecto de dos fuentes de fertilizantes en el rendimiento de jengibre (*Zingiber officinale* R.), en la finca bulbuxya, San Miguel Panan, Suchitepequez [Tesis de licenciatura]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Osae, R., Essilfie, G., Alolga, R. N., Bonah, E., Ma, H., Zhou, C. (2019). Drying of ginger slices—Evaluation of quality attributes, energy consumption, and kinetics study. *Journal of Food Process Engineering* 2019, 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13348>
- Otunola, G., Oloyede, B. Oladiji, T. Afolayan, A. (2010). Comparative analysis of the chemical composition of three spices – *Allium sativum* L. *Zingiber officinale* Rosc. and *Capsicum frutescens* L. commonly consumed in Nigeria. *African Journal of Biotechnology* 9 (41), 6927- 6931. DOI: 10.5897/AJB10.183
- Rajagopal, K., Byran, G., Jupudi, S., Vadivelan, R. (2020). Activity of phytochemical constituents of black pepper, ginger, and garlic against coronavirus (COVID-19): An in silico approach. *International Journal of Health & Allied Sciences* 9 (5), 43-50. DOI: 10.4103/ijhas.IJHAS_55_20
- Safa, O., Hassaniyazad, M., Farashahinejad, M. Davoodian, P., Dadvand, H., Hassanipour, S., Fathalipour, M. (2020). Effects of Ginger on clinical manifestations and paraclinical features of patients with Severe Acute Respiratory Syndrome due to COVID-19: A structured summary of a study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 21, 841. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13063-020-04765-6>
- Shahrajabian, M. H., Sun, W., Cheng, Q. (2019). Clinical aspects and health benefits of ginger (*Zingiber officinale*) in both traditional Chinese medicine and modern industry. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 69, 546-556. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2019.1606930>
- Shirin, A., Prakash, J. (2010). Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiber officinale*). *Journal of Medicinal Plants Research* 4 (24), 2674-2679. DOI: 10.5897/JMPR09.464

- Shukla, A., Goud, V. V., Das, C. (2019). Antioxidant potential and nutritional compositions of selected ginger varieties found in Northeast India. *Industrial Crops & Products* 128, 167–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.086>
- Shukla, Y., Singh, M. (2007). Cancer preventive properties of ginger: A brief review. *Food and Chemical Toxicology* 45(5), 683–690. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2006.11.002>
- Singleton, K. Ginger. An Overview of Health Benefits. *Nutrition Today* 45 (4), 171-183. DOI: 10.1097/NT.0b013e3181ed3543
- Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P., Gargova, S. (2007). Antioxidant activity of a ginger extracts (*Zingiber officinale*). *Food Chemistry* 102, 764–770. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.023>
- Tanveer, S., Shahzad, A., Ahmed, W. (2014). Compositional and mineral profiling of *Zingiber Officinale*. *Pakistan Journal of Food Sciences* 24(1), 21-26.
- Torres, M. A. (2011). Aprovechamiento de las propiedades funcionales del jengibre (*Zingiber officinale*) en la elaboración de un condimento en polvo, infusión filtrante y aromatizante para quema directa [Tesis de ingeniería]. Escuela Politécnica Nacional. Ecuador.
- Uhl, R. S. (2000). Handbook of spices seasonings flavourings. Boca Raton, Fl: CRC Press.
- Zubair, S., Sawate, A. R., Kshirsagar, R. B., Agarkar, B. S., Patil, B. M. (2020). Studies on impact of different processing methods on phyto-chemical and antioxidant activity of dried ginger (*Zingiber officinale* L.) rhizome. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 9(4), 3153-3158.