



## Propiedades físicas, químicas, térmicas y nutricionales de la badea (*Passiflora quadrangularis*)

Physical, chemical, thermal and nutritional properties of the badea fruit (*Passiflora quadrangularis*)

Liliana Acurio\*; Andrea Zamora; Diego Salazar; Lander Pérez; Alex Valencia

Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Universidad Técnica de Ambato. Avenida Los Chasquis y río Payamino. C.P. 180208 Ambato, Ecuador.

\*Autor para correspondencia: [lp.acurio@uta.edu.ec](mailto:lp.acurio@uta.edu.ec) (L. Acurio)

Recibido 1 Noviembre 2015; Aceptado 3 Diciembre 2015.

### RESUMEN

La badea (*Passiflora quadrangularis*), es una fruta conocida también como parcha granadina, tumbo gigante, quijón, parcha real, maracujá melao, giant granadilla, rata pohul y tímum belanda, es una especie que crece en la zona intertropical latinoamericana a altitudes 2500 m. La investigación persiguió determinar las propiedades físicas (densidad, gravedad específica), químicas (pH, acidez, índice de refracción, °Brix, humedad), térmicas (calor específico y conductividad térmica) y nutricionales (humedad, carbohidratos totales, proteína, ceniza, grasa, fibra cruda y energía metabolizable) de la badea en tres estados de madurez (verde, pintón, maduro) cultivadas en dos haciendas ubicadas en la provincia del Guayas – Ecuador (La Dolorosa y San Pedro). Se observó que los cambios estructurales y de composición involucrados en los procesos de maduración influyeron directamente en todas las propiedades evaluadas. El calor específico y la conductividad térmica mostrando un aumento con dependencia directa con la humedad de la fruta.

**Palabras clave:** acidez, densidad, índice de refracción, calor específico, conductividad térmica.

### ABSTRACT

Badea (*Passiflora quadrangularis*), is a fruit also known such as Granada patches, giant lie, Quijón, actual patches, melao passion fruit, giant granadilla, pohul rat and belanda tímum. It is a species that grows in the Latin American tropics at altitudes 2500 m. Research pursued determine the physical (density, specific gravity), chemical (pH, acidity, refractive index, Brix, humidity), thermal (specific heat and thermal conductivity) and nutritional properties (moisture, total carbohydrate, protein, ash, fat, crude fiber and metabolizable energy), of badea of three maturity stages (green, ripening fruit, mature) grown in two estates in Guayas - Ecuador (La Dolorosa and San Pedro). It was noted that the structural and compositional changes involved in the maturation processes directly influenced all properties evaluated. The specific heat and thermal conductivity showing increased direct dependence moisture fruit.

**Keywords:** acidity, density, refractive index, specific heat, thermal conductivity.

### 1. Introducción

Especies del género *Passiflora* se encuentran distribuidas en toda Latinoamérica. Entre las especies más apreciadas del género *Passiflora* se encuentran la fruta de la pasión (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*), la fruta de la pasión morada

(*Passiflora edulis* Sims), granadilla (*Passiflora ligularis*) y gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo *edulis*), apreciadas por sus propiedades organolépticas (Jiménez *et al.*, 2011).

La badea (*Passiflora quadrangularis*), conocida también como parcha granadina,

tumbo gigante, quijón, parcha real, maracujá melao, giant granadilla, rata pohul y timum belanda (Haddad y Figueroa, 1972), es una especie que crece en la zona intertropical a altitudes 2500 m (Killip, 1938). Los frutos son grandes en comparación con otras especies de *Passiflora*, la maduración del fruto se alcanza entre 62 y 85 días después de la fecundación y cuando está completamente maduro presenta un color verde amarillo pálido, fácilmente apreciable en el ápice (Vanderplank, 2000).

La pulpa es ligeramente ácida con un aroma ligero la hacen óptima para bebidas suaves y refrescantes (Osorio *et al.*, 2000). Según diversos estudios las hojas se utilizan como sedantes y tranquilizantes (Lewis y Elvis-Lewis, 1977; Schindler, 1884), y la apigenina presente en el extracto del pericarpio induce sedación en ratones (Gazola *et al.*, 2015).

Por otra parte, el diseño de equipos de procesamiento de alimentos actualmente emplea métodos que dependen en gran parte de modelos matemáticos que se derivan de las leyes físicas que rigen el proceso (como balances de masa y energía, cinética de reacción, termodinámica, etc.). La exactitud de cualquier modelo de un proceso térmico está limitada, en gran parte, por la precisión de los datos de las propiedades físicas, debido a que pueden variar durante el proceso térmico.

Una de las propiedades físicas de mayor influencia en el procesamiento térmico es el calor específico, que es definido como la cantidad de energía calorífica requerida para elevar un grado de temperatura una unidad de masa. El calor específico de una sustancia depende de su estado, por ejemplo, el calor específico del agua es aproximadamente el doble que la del hielo y el vapor. Asimismo, el agua presenta un calor específico alto comparado con otros líquidos, y es relacionado con su estructura química y la presencia de puentes de hidrógeno (Myers, 2006), siendo el componente de mayor influencia en el calor específico de alimentos.

Otra propiedad importante es la conductividad térmica debido a que es una característica intrínseca que mide la capacidad de una sustancia para conducir el

calor. Existen algunos métodos para la determinación de ésta propiedad (Murakami y Okos, 1989; Nesvadba, 1982; Rahman, 1995). El método de la sonda es el más utilizado para productos alimenticios, su alta aplicabilidad se debe en gran parte a su simplicidad; sin embargo, presenta limitaciones en alimentos que no son homogéneos (Carson, 2006). Similar al calor específico, el componente de mayor influencia en la conductividad térmica de alimentos es el agua.

El objetivo de la investigación fue determinar las propiedades físicas (densidad, gravedad específica), químicas (pH, acidez, índice de refracción, °Brix, humedad), térmicas (calor específico y conductividad térmica) y nutricionales (humedad, carbohidratos totales, proteína, ceniza, grasa, fibra cruda y energía metabolizable) de la badea en tres estados de madurez (verde, pintón, maduro) cultivadas en dos haciendas ubicadas en la provincia del Guayas – Ecuador (La Dolorosa y San Pedro).

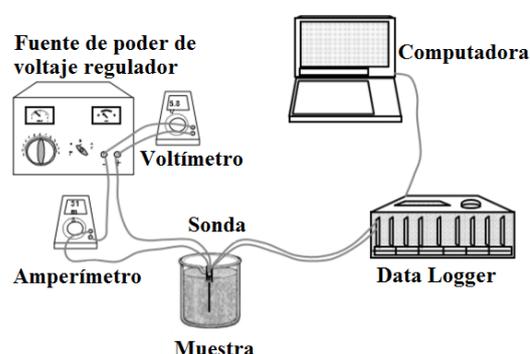
## 2. Materiales y métodos

La fruta fue recolectada en dos haciendas del cantón Simón Bolívar provincia del Guayas - Ecuador (La Dolorosa y San Pedro) en tres estados de madurez (verde, pintón y maduro). De cada fruta se determinó diámetro longitudinal y transversal con un calibrador, porcentaje de parte comestible, densidad y gravedad específica mediante el principio de Arquímedes (Wilson y Hernández-Hall, 2014).

En la pulpa se determinó pH y acidez titulable mediante el método reportado en la norma INEN 0381 (1986), índice de refracción y sólidos solubles según la norma INEN 0380 (1986).

Con la finalidad de correlacionar los datos de propiedades térmicas se analizó la humedad de las muestras según la norma INEN 0382 (1986). Para la determinación de calor específico se utilizó el método de las mezclas reportado por Heldman (2003). Y para la determinación de conductividad térmica se utilizó el método de la sonda en un equipo como el mostrado en la Figura 1,

que fue diseñado de acuerdo al reportado por Basavaraj *et al.* (2008) y (Modi *et al.*, 2014).



**Figura 1.** Esquema del equipo diseñado para la determinación de conductividad térmica.

El equipo está compuesto de un cilindro de aluminio de base fija de 15 cm de longitud, 4 cm de diámetro interior y 2 cm de espesor. La tapa del cilindro posee un orificio por el que se introduce un alambre de calentamiento que suministra calor a razón de 3,16 W/m, y otro por donde se introduce un termopar para registrar el historial de temperatura. El equipo está conectado a un programa diseñado en el software LabView 8.5, mismo que controla las acciones y recoge los datos experimentales.

Para la determinación se colocan 80 ml de pulpa de badea en el cilindro de aluminio, se cierra herméticamente, se coloca el alambre de calentamiento y el termopar. Para evitar pérdidas por evaporación, los orificios son sellados con teflón. Posteriormente, se activa el programa desde el ordenador durante 10 minutos y se recogen los datos de tiempo y temperatura. Con los datos obtenidos se determina la conductividad térmica utilizando la Ecuación (1).

$$k = \frac{q}{4 \pi (T_2 - T_1)} \times \ln \left[ \frac{t_2 - t_0}{t_1 - t_0} \right] \quad \text{Ec. 1}$$

Donde  $k$  = conductividad térmica de la muestra ( $\text{W/m}^\circ\text{C}$ );  $q$  = poder de calentamiento ( $\text{W/m}$ );  $T_1$  y  $T_2$  = temperatura en  $^\circ\text{C}$  al tiempo  $t_1$  y  $t_2$  (s);  $t_1$  y  $t_2$  = tiempo en segundos correspondiente a la temperatura  $T_1$  y  $T_2$ .

En cuanto al análisis de composición nutricional se evaluó humedad por el método de Nielsen (2010), carbohidratos totales por el método de Crampton y Harris (1969), proteína por el método de Scales y Harrison (1920), ceniza y fibra cruda por el método de la Association of Official Agricultural Chemists (1965) y grasa por el método de la Association of Official Chemists (1960). Además, se analizó la energía metabolizable según el método de Parr Instrument Company (1966) y Street *et al.* (1964).

Para el análisis de resultados se planteó un diseño experimental AxB (Calvo, 1986), y se realizaron 5 determinaciones de cada parámetro descrito anteriormente. Las diferencias se evaluaron mediante la prueba de Tukey HSD al 95% de confianza.

### 3. Resultados y discusión

La badea presenta una forma oblonga con un diámetro longitudinal entre 19 y 23 cm y transversal de 11 y 14 cm, exhibiendo los valores más altos al alcanza su máxima madurez (Osorio *et al.*, 2000). Asimismo, se nota un aumento hasta del 50% del peso de la fruta según avanza el estado de madurez (de 1,4 a 3 kg).

El porcentaje de parte comestible muestra diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en el estado de madurez, observando mayores rendimientos en frutas maduras y sin diferencias entre las haciendas productoras (Tabla 1). De cara a la aplicación industrial, este parámetro podrá ser utilizado como indicativo del grado de maduración y de la calidad de la badea, ya que independientemente de su origen una badea madura presenta menos del 15% de porcentaje de cáscara (Peña, 2013).

La densidad de la fruta presenta diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en las haciendas de estudio y en el estado de madurez (Tabla 1). Ésta propiedad física depende del contenido de materia seca, de agua y aire dentro del fruto (Osterloh *et al.*, 1996). La disminución de la densidad en estado pintón está ligada a la madurez fisiológica, misma que provoca pérdida de agua por transpiración y ampliación del espacio vacío en el fruto debido a la desintegración de los tejidos (Wills *et al.*, 1998).

**Tabla 1.** Propiedades físicas de la badea entera

Cultivar	Estado de madurez	Porcentaje de parte comestible	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Gravedad específica
La Dolorosa	Verde	77,4±4,9 <sup>b</sup>	905±4 <sup>b</sup>	0,91±0,0002 <sup>b</sup>
	Pintón	88,3±0,5 <sup>a</sup>	728±8 <sup>c</sup>	0,73±0,0003 <sup>c</sup>
	Maduro	89,4±1,8 <sup>a</sup>	1100±9 <sup>a</sup>	1,10±0,0002 <sup>a</sup>
San Pedro	Verde	81,1±0,4 <sup>b</sup>	975±3 <sup>ab</sup>	0,97±0,0003 <sup>ab</sup>
	Pintón	81,9±1,6 <sup>b</sup>	673±9 <sup>c</sup>	0,67±0,0040 <sup>c</sup>
	Maduro	91,1±0,4 <sup>a</sup>	926±6 <sup>b</sup>	0,93±0,0001 <sup>b</sup>

\*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de cinco repeticiones. Superíndices diferentes en cada columna denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

Por otra parte el aumento de densidad en el estado maduro puede explicarse con el fenómeno observado por Alvarado (1990), mismo que notó que el aumento de los sólidos solubles de las frutas, en un rango de 0 a 22 °Brix, tiene una relación lineal ascendente con el aumento de densidad relativa. El efecto se debe a que los enlaces de hidrógeno de las moléculas de sacarosa presentes en las frutas forman un racimo denso de las moléculas de agua (Kimball, 1986).

Se observa tendencia similar al evaluar la gravedad específica (Tabla 1), y permite explicar científicamente la relación que ésta propiedad tiene con la prueba empírica denominada “pila de lavado” que es comúnmente aplicada por productores de diferentes tipos de frutas, donde la fruta se pasa por una tina llena de agua, si esta se sumerge se asocia con la maduración adecuada del fruto y si esta se mantiene a flote se la considera en estado pintón.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de pH obtenidos, presentando diferencias

significativas en los tres estados de madurez ( $p < 0,05$ ). En estado verde y pintón la fruta es ligeramente ácida y aumenta significativamente conforme madura, éstos datos concuerdan con los reportados por Reina (1996). El porcentaje de ácido ascórbico corrobora la información encontrada en la variación de pH, exhibiendo diferencia significativa en los estados de madurez. La acidez decrece debido al consumo de los ácidos orgánicos en el proceso de respiración de la fruta (Jiménez *et al.*, 2011). Éste efecto se ha observado en diversos procesos de maduración de frutas (Jiménez *et al.*, 2011; Shiomi, Wamocho, *et al.*, 1996; Soteriou *et al.*, 2014).

Los valores obtenidos en índice de refracción indican y °Brix que la pulpa de badea presenta gran cantidad de agua y baja cantidad de sólidos generales disueltos (Tabla 2), mostrando un incremento estadísticamente significativo con el estado de madurez ( $p < 0,05$ ).

**Tabla 2.** Propiedades químicas de la pulpa de badea

Cultivar	Estado de madurez	pH	Ácido ascórbico [%]	Índice de refracción	°Brix
La Dolorosa	Verde	5,58±0,1 <sup>b</sup>	0,08±0,002 <sup>a</sup>	1,360±0,04 <sup>c</sup>	11,62±0,4 <sup>c</sup>
	Pintón	5,72±0,2 <sup>b</sup>	0,06±0,002 <sup>b</sup>	1,363±0,08 <sup>b</sup>	13,70±0,1 <sup>b</sup>
	Maduro	6,51±0,1 <sup>a</sup>	0,05±0,005 <sup>c</sup>	1,365±0,09 <sup>a</sup>	14,32±0,3 <sup>a</sup>
San Pedro	Verde	5,60±0,1 <sup>b</sup>	0,08±0,003 <sup>a</sup>	1,358±0,03 <sup>c</sup>	11,60±0,4 <sup>c</sup>
	Pintón	5,73±0,1 <sup>b</sup>	0,06±0,003 <sup>b</sup>	1,362±0,09 <sup>b</sup>	13,78±0,4 <sup>b</sup>
	Maduro	6,44±0,1 <sup>a</sup>	0,05±0,008 <sup>c</sup>	1,368±0,06 <sup>a</sup>	14,18±0,5 <sup>a</sup>

\*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de cinco repeticiones. Superíndices diferentes en cada columna denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

**Tabla 3.** Propiedades térmicas de la pulpa de badea

Cultivar	Estado de madurez	Humedad [%]	Calor específico [cal/g°C]	Conductividad térmica [W/m °C]
La Dolorosa	Verde	90,46±0,1 <sup>c</sup>	0,84±0,07 <sup>bc</sup>	0,52±0,124 <sup>c</sup>
	Pintón	91,82±0,4 <sup>b</sup>	0,87±0,03 <sup>b</sup>	0,56±0,004 <sup>b</sup>
	Maduro	93,01±0,6 <sup>a</sup>	0,90±0,02 <sup>a</sup>	0,57±0,005 <sup>a</sup>
San Pedro	Verde	89,80±0,6 <sup>c</sup>	0,83±0,01 <sup>bc</sup>	0,52±0,008 <sup>c</sup>
	Pintón	91,39±0,4 <sup>bc</sup>	0,88±0,06 <sup>ab</sup>	0,55±0,005 <sup>b</sup>
	Maduro	91,67±0,8 <sup>b</sup>	0,91±0,02 <sup>a</sup>	0,57±0,007 <sup>a</sup>

\*Valores promedio y desviación típica (s.d.) de cinco repeticiones. Superíndices diferentes en cada columna denotan diferencias significativas al 95 % de confianza.

Este efecto se debe a que durante el proceso de maduración la badea produce altas cantidades de 1-aminociclopropano-1-carboxilato, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa que contribuyen a la formación de azúcares reductores a partir de almidón (Lanchun *et al.*, 2010; Menéndez Aguirre *et al.*, 2006). Al inicio de la maduración el principal carbohidrato soluble acumulado en el fruto de las variedades Pasiflora es la sacarosa (Casierra-Posada y Jarma-Orozco, 2016); sin embargo, la acción de dichas enzimas descompone éste disacárido en fructosa y glucosa (Shiomi, Kubo *et al.*, 1996; Shiomi, Wamocho, *et al.*, 1996).

La humedad presentó diferencias significativas en sus tres estados de madurez (Tabla 3). La fruta exhibe un incremento de humedad en función del estado de madurez, debido principalmente a la transformación de la protopectina en pectina. La protopectina forman una malla que atrapa agua, y durante el proceso de maduración se convierte en pectina soluble, liberando en gran parte el agua ligada (Bashir y Abu-Goukh, 2003), éste proceso contribuye al ablandamiento de la fruta (Hernandez y Lopez, 2010).

En cuanto al calor específico, se observa diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) en los tres estados de madurez (Tabla 3). Se observa que el calor específico depende de la humedad, éste efecto es corroborado por diversas investigaciones realizadas en pulpas de frutas (Bon *et al.*, 2010; Mercali *et al.*, 2011; Moresi y Spinosi, 1980; Telis-Romero *et al.*, 1998).

Los datos de conductividad térmica presentan diferencias significativas ( $p <$

0,05) en los tres estados de madurez (Tabla 3). Se observan similar influencia de la humedad en ésta propiedad térmica, tendencia similar se observa en diferentes pulpas de frutas (Bon *et al.*, 2010; Constenla *et al.*, 1989; Mercali *et al.*, 2011). Además, los valores encontrados en conductividad térmica son similares a los de pulpas de frutas maduras como maracuyá (0,51 W/m°C), manzana (0,55 W/m°C) según Charm (1971).

Se realizó el análisis nutricional en badeas maduras ya que son las que normalmente se destinan a consumo y transformación. Nutricionalmente la badea es un fruto muy completo ya que a más de su gran contenido de agua tiene un aporte mínimo de carbohidratos. Posee 0,5% de fibra cruda importante en los procesos de digestión. Además, su sabor ligeramente astringente característico la ha catalogado como una fruta exótica a nivel mundial. Además, posee 10 mg/100 g de calcio y 70 UI de Vitamina A.

**Tabla 4.** Composición nutricional de badea en estado maduro

Componente	Cultivar		Dato bibliográfico*
	La Dolorosa	San Pedro	
Humedad [%]	93,4	91,6	87,9
Carbohidratos totales [%]	5,5	7,2	10,1
Proteína [%]	0,29	0,40	0,9
Cenizas [%]	0,25	0,29	0,9
Grasa [%]	0,01	0,02	0,2
Fibra cruda [%]	0,56	0,51	0,0
Energía [kcal/100g]	24	31	41

\* Instituto Nacional de Nutrición (1965).

#### 4. Conclusiones

Los cambios estructurales y de composición involucrados en los procesos de maduración influyen directamente en todas las propiedades evaluadas.

Durante la maduración se observa un aumento de los sólidos solubles debido a la transformación de almidón en azúcares, reacción catalizada por enzimas presentes en el fruto. Asimismo, la acidez decrece debido al consumo de los ácidos orgánicos en el proceso de respiración de la fruta.

Por otro lado, debido a la transformación de la protopectina en pectina durante el proceso de maduración, aumenta la humedad de la fruta. Éste incremento de humedad influye en las propiedades térmicas estudiadas. El calor específico y la conductividad térmica muestran un aumento con dependencia directa con la humedad de la fruta, estas propiedades térmicas son esenciales en el diseño y la optimización de procesos que implican transferencia de calor.

#### Referencias

- Alvarado, J. d. D. 1990. Determinación de la madurez de frutas por medida de la densidad relativa del jugo: Comunidad Científica Ecuatoriana.
- Association of Official Agricultural Chemists. 1965. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural. Washington: Association of Chemists. 10th Edition.
- Association of Official Chemists. 1960. Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 9th Edition.
- Basavaraj, M.; Prabhu Kumar, G. P.; Sathyanarayana Reddy, B. 2008. Studies on thermal conductivity of fig (*Ficu carica* L) fruit. *Journal Food Science Technology* 45 (1): 97 - 97.
- Bashir, H.A.; Abu-Goukh, A.B.A. 2003. Compositional changes during guava fruit ripening. *Food Chemistry* 80(4): 557-563.
- Bon, J.; Váquiro, H.; Benedito, J.; Telis-Romero, J. 2010. Thermophysical properties of mango pulp (*Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkins). *Journal of Food Engineering* 97(4): 563-568.
- Calvo, J. 1986. Procedimientos de diseño experimental en la investigación de sistemas de cultivo: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Carson, J. K. 2006. Review of effective thermal conductivity models for foods. *International Journal of Refrigeration* 29(6): 958-967.
- Casierra-Posada, F.; Jarma-Orozco, A. 2016. Chapter 22 - Nutritional Composition of *Passiflora* Species. In M.S.J.S.R. Preedy (Ed.), *Nutritional Composition of Fruit Cultivars* (pp. 517-534). San Diego: Academic Press.
- Constenla, D. T.; Lozano, J. E.; Crapiste, G. H. 1989. Thermophysical properties of clarified apple juice as a function of concentration and temperature. *Journal Food Science* 54: 663 - 668.
- Crampton, E. W. y Harris, L. E. 1969. *Applied Animal Nutrition - The Use of Feedstuffs in the Formulation of Livestock Rations* (W. H. F. Co. Ed.). San Francisco.
- Charm, S. E. 1971. *The Fundamentals of Food Engineering*: Avi Publishing Company.
- Gazola, A. C.; Costa, G. M.; Castellanos, L.; Ramos, F. A.; Reginatto, F. H.; Lima, T. C. M. D.; Schenkel, E. P. 2015. Involvement of GABAergic pathway in the sedative activity of apigenin, the main flavonoid from *Passiflora quadrangularis* pericarp. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 25(2): 158-163.
- Haddad, G.; Figueroa, R. 1972. Estudio de la fluoración y fructificación en parcha granadina (*Parsiflora quadrangularis* L.). *Agronomía tropical* 22 (5): 483 - 496.
- Heldman, D. R. 2003. *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering* (Print): Taylor y Francis.
- Hernandez, A. G.; Lopez, M. D. R. 2010. *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*: Editorial Medica Panamericana Sa de.
- INEN 0380. 1986. *Conservas vegetales. Determinación de sólidos solubles. Método refractométrico*. Quito - Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 0381. 1986. *Conservas vegetales. Determinación de acidez titulable. Método potenciométrico de referencia*. Quito - Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN 0382. 1986. *Conservas vegetales. Determinación de extracto seco. (Sólidos totales)*. Quito - Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Instituto Nacional de Nutrición. 1965. *Tabla de composición de los alimentos ecuatorianos*. Quito - Ecuador: Ministerio de previsión social y sanidad.
- Jiménez, A. M.; Sierra, C. A.; Rodríguez-Pulido, F. J.; González-Miret, M. L.; Heredia, F. J.; Osorio, C. 2011. Physicochemical characterisation of gulupa (*Passiflora edulis* Sims. fo *edulis*) fruit from Colombia during the ripening. *Food Research International* 44(7): 1912-1918.
- Killip, E. P. 1938. *The American Species of Passifloraceae* (Vol. XIX. Part II). Chicago: Botanical Series, Field Museum of Natural History.
- Kimball, D. A. 1986. Volumetric variations in sucrose solutions and equations that can be used to replace specific gravity tables. *Journal Food Science* 51 (2): 529 - 530.
- Lanchun, N.; Jifang, C.; Xueying, Z.; Bao, D. 2010. Changes in carbohydrates and carbohydrate metabolizing enzymes during watermelon fruit set. *Acta Horticulturae (ISHS)* 871: 313 - 318.
- Lewis, W. H.; Elvis-Lewis, M. P. F. 1977. *Medical Botany: Plants Affecting Man's Health*. New York: John Wiley y Sons.

- Menéndez Aguirre, O.; Evangelista Lozano, S.; Arenas Ocampo, M.; Bermúdez Torres, K.; Martínez, A. d. V.; Jiménez Aparicio, A. 2006. Cambios en la actividad de  $\alpha$ -amilasa, pectinmetilesterasa y poligalacturonasa durante la maduración del maracuyá Amarillo (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa* Degener). *Interiencia* 31: 728-733.
- Mercali, G. D.; Sarkis, J. R.; Jaeschke, D. P.; Tessaro, I. C.; Marczak, L. D. F. 2011. Physical properties of acerola and blueberry pulps. *Journal of Food Engineering* 106(4): 283-289.
- Modi, S. K., B. D. P.; Basavaraj, M. 2014. Effect of moisture content and temperature on thermal conductivity of *Psidium guajava* L. by line heat source method (transient analysis). *International Journal of Heat and Mass Transfer* 78: 354-359.
- Moresi, M.; Spinosi, M. 1980. Engineering factors in the production of concentrated fruit juices. 1. Fluid physical properties of orange juices. *Journal Food Technology* 15: 265 - 276.
- Murakami, E. G.; Okos, M. R. 1989. Measurement and prediction of thermal properties of foods. In R. P. Singh y A. G. Medina (Eds.), *Food properties and computer aided engineering of food processing systems* (pp. 3 - 48). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Myers, R. L. 2006. *The Basics of Physics*: Greenwood Press.
- Nesvadba, P. 1982. Methods for the measurement of thermal conductivity and diffusivity of foodstuff. *Journal Food Engineering* 1 (2): 93 - 113.
- Nielsen, S. 2010. *Food Analysis*. Springer US.
- Osorio, C.; Duque, C.; Fujimoto, Y. 2000. Oxygenated monoterpenoids from badea (*Passiflora quadrangularis*) fruit pulp. *Phytochemistry* 53(1): 97-101.
- Osterloh, A.; Ebert, G.; Held, W. H.; Schulz, H.; Urban, E. 1996. *Lagerung von Obst und Südfrüchten*. Stuttgart: Verlag Ulmer.
- Parr Instrument Company. 1966. *Oxygen bomb calorimetry and combustion methods* (Vol. Technical manual 130, pp. 56). Illinois.
- Peña, J. 2013. Estudio de prefactibilidad para la producción de badea (*Passiflora quadrangularis*) en el cantón Arenillas. Machala - Ecuador.
- Rahman, M. S. 1995. *Food properties handbook*: CRC Press, Boca Raton.
- Reina, C. 1996. Manejo postcosecha y evaluación de la calidad para la badea (*Passiflora quadrangularis*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Neiva - Huila: Universidad Surcolombiana.
- Scales, F. M.; Harrison, A. P. 1920. Boric Acid Modification of the Kjeldahl Method for Crop and Soil Analysis. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 12(4): 350-352.
- Schindler, S. S. 1884. *Catalogue of Brazilian Medicinal Plants: Giving A Detailed Account of Their Therapeutic Properties, Uses and Doses*. Rio de Janeiro: Typ. E Lith de Moreira, Maximino & Co.
- Shiomi, S.; Kubo, Y.; Wamocho, L.; Koaze, H.; Nakamura, R.; Inaba, A. 1996. Postharvest ripening and ethylene biosynthesis in purple passion fruit. *Postharvest Biology and Technology* 8(3): 199-207.
- Shiomi, S.; Wamocho, L.; Agong, S. 1996. Ripening characteristics of purple passion fruit on and off the vine. *Postharvest Biology and Technology* 7(1-2): 161-170.
- Soteriou, G. A.; Kyriacou, M. C.; Siomos, A. S.; Gerasopoulos, D. 2014. Evolution of watermelon fruit physicochemical and phytochemical composition during ripening as affected by grafting. *Food Chemistry* 165: 282-289.
- Street, J. C.; Harris, L. E.; Butcher, J. E. 1964. Estimating urine energy from urine nitrogen. *Journal of Animal Science* 23(4): 1039-&.
- Telis-Romero, J.; Telis, V. R. N.; Gabas, A. L.; Yamashita, F. 1998. Thermophysical properties of Brazilian orange juice as affected by temperature and water content. *Journal of Food Engineering* 38(1): 27-40.
- Vanderplank, J. 2000. *Passion flowers*. Cambridge: The MIT Press.
- Wilson, J.; Hernández-Hall, C. 2014. *Physics Laboratory Experiments*: Cengage Learning.
- Wills, R.; McGlasson, B.; Graham, D.; Joyce, D. 1998. *Postharvest: an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals*. New York: CAB International.

