



## Madurez de uva (*Vitis vinifera*) negra criolla, moscatel y quebranta: Análisis del color de bayas sobre el contenido de azúcar y acidez total

Grape maturity (*Vitis vinifera*) negra criolla, moscatel and quebranta: Analysis of the berry color on the sugar content and total acidity

Ciro Suca-Colana; Romualdo Vilca-Curo; Mario Cotacallapa-Sucapuca\*

Universidad Nacional de Moquegua - Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Jr. Ancash s/n, Mariscal Nieto, Código Postal 1800, Moquegua - Perú.

### RESUMEN

Se evaluaron la maduración de uva en variedades negra criolla, moscatel y quebranta, a través del color en bayas, relacionado con su contenido de azúcar y acidez total. El color se obtuvo a través de imagen digital, usando cámara fotográfica de 21 megapíxeles a iluminación natural y fondo blanco; posteriormente analizados por valores numéricos RGB (rojo, verde y azul) utilizando software Image j; variación de distancia con ecuación euclidiana a partir de valores RGB, HSL (tono, saturación y luminosidad), HSV (tono, saturación y valor) y  $L^*a^*b^*$  (luminosidad de negro y blanco, rojo a verde, gradiente de azul). El azúcar se evaluó con refractómetro Abbe R12 en grados Brix. La Acidez total valorado con hidróxido de sodio 0,1 N hasta pH 7. Los datos se verificaron por análisis de regresión. Las variedades negra criolla y moscatel tuvieron relación directa con el contenido de azúcar y acidez total, más no la variedad quebranta. La coloración progresiva de uvas de color durante el proceso de maduración, predicen el contenido de azúcar y acidez total, por lo que la generación de un abanico de colores es útil para la deducción del estado de madurez de la uva.

**Palabras clave:** madurez; color; azúcar; acidez total.

### ABSTRACT

Grape maturation was evaluated in black creole, muscatel and quebranta varieties, through color in berries, related to their sugar content and total acidity. The color was obtained through digital image, using a 21-megapixel camera with natural lighting and a white background; later analyzed by numerical values RGB (red, green and blue) using Imagej software; variation of distance with Euclidean equation from RGB, HSL (tone, saturation and brightness), HSV (tone, saturation and value) and  $L^*a^*b^*$  (black and white luminosity, red to green, blue gradient). The sugar was evaluated with Abbe R12 refractometer in Brix degrees. Total Acidity valued with 0.1 N sodium hydroxide until pH 7. The data was verified by regression analysis. The black Creole and muscatel varieties had a direct relationship with the sugar content and total acidity, but not the quebranta variety. The progressive coloring of color grapes during the ripening process, predict the content of sugar and total acidity, so that the generation of a range of colors is useful for the deduction of the state of maturity of the grape.

**Keywords:** Maturity; color; sugar; total acidity.

### 1. Introducción

El color es el primer atributo sensorial percibido por los consumidores, por ello el vino tinto, está valorada por la predisposición de los pigmentos, atribuidos al contenido de antocianinas y taninos que tiene la uva (González-Neves *et al.*, 2015). Por otro lado, el clima de las regiones vitivinícolas, en especial la temperatura, tiene una función fundamental en la fisiología de la vid al momento de la maduración (Cabello-Pasini *et al.*, 2017). Las

altas precipitaciones y las bajas temperaturas pueden hacer que las uvas no alcancen tasas de maduración adecuadas (Pessenti *et al.*, 2019).

La maduración, se trata de un proceso complejo que involucra la acumulación de glucosa, fructosa, ácidos orgánicos, polifenoles y sustancias aromáticas, y la reducción de algunos compuestos que imparten aromas no deseados. El radio azúcar/acidez, que comprende un máximo contenido de azúcar y un límite por la acidez, generalmente ésta, es el primer indicador para

iniciar la cosecha (Meléndez et al., 2013). Sin embargo, la coloración, está influenciada por la presencia de antocianinas; aunque actualmente se han realizado estudios relacionados a tratamientos exógenos para acumular hasta en cuatro veces más la coloración de las bayas (Wang et al., 2019). La madurez enológica, integra todos los tipos de madurez (Baudrit et al., 2015).

El color en los alimentos es un atributo de calidad importante para productores y consumidores, ya que proporciona información acerca del estado de madurez del fruto (Pedreschi et al., 2004) y el análisis del color sobre imágenes de los frutos, son útiles para valorar y estimar la calidad (Igarza, 2014). Existen modelos para analizar el color como, RGB (rojo, verde y azul), HSL (tono, saturación y luminosidad), HSV (tono, saturación y valor) (Cuevas et al., 2010) y el espacio de color tridimensional, L\*a\*b\* (luminosidad de negro y blanco, rojo a verde, gradiente de azul) (Sands, 2007).

La madurez de la uva, está asociado al valor comercial e interés industrial como materia prima, condicionada a sus características físicas y químicas específicas para la cosecha, basado en el color de la baya, sólidos solubles totales y acidez titulable (Zoffoli y Latorre, 2011); por ello el objetivo de éste estudio, es relacionar los distintos colores, que marcan la maduración de la uva, con el contenido de azúcar y acidez total, ya que de ello depende la calidad productiva de los productos vitivinícolas muy exigidos en los mercados nacionales e internacionales (Zuñiga et al., 2014). Este estudio, por lo tanto, propone una guía para el seguimiento de la madurez aproximada de uvas oscuras, a través del color, y la utilidad en agricultores con accesibilidad limitada a la tecnología de punta.

## 2. Material y métodos

### 2.1. Procedencia y obtención de la muestra

Las uvas negras criolla (NC), moscatel (M) y quebranta (Q), pertenecieron a 2000 plantones - 6 años de producción, 1800 plantones - 6 años de producción y 3500 plantones - 5 años de producción, respectivamente; todas de parrón franca, procedentes del fundo Colana, jurisdicción valle de Moquegua - Perú, ubicada a 1410 m.s.n.m. de suelo franco arenoso con temperatura ambiente máxima de 35,3 °C y mínima de 16,2 °C (SENAMHI, 2017). De éstas, se seleccionaron aleatoriamente en zigzag entre filas, a seis plantones (CTVV, 2010), por variedad de uva. Se cogieron racimos de zonas internas y externas del parrón, de donde se extrajo dos bayas de la parte superior, dos del sector medio y uno de la parte

inferior. Se recolectaron 200 bayas de NC, 200 bayas de M y 300 bayas de Q; se colocaron en bolsas de polietileno de alta densidad y se transportaron en depósito de poli-estireno. Se extrajo el mosto con prensado manual, evitando quebrar las semillas. Posteriormente se filtró en tamiz de plástico con malla de 40 mm aproximadamente; se dejó reposar por 15 a 20 minutos, para decantar las partículas sólidas de mayor tamaño; la parte clarificada fue la muestra para los análisis correspondientes.

### 2.2. Obtención y análisis de imágenes

Se adaptó a lo referido por Medina et al. (2010), con cámara fotográfica marca Canon de 21 mega píxeles. Se capturaron imágenes por triplicado desde vista superior a iluminación natural y fondo blanco. Las imágenes en color se procesaron, con Imagen (<http://imagej.nih.gov/ij/>) (Sánchez, 2014), las cuales se llevaron a valores numéricos, de la siguiente manera:

a) desde el centro de cada una de las bayas con un área circular, obteniendo el valor medio de RGB, del mismo modo valores de HSL, HSV y L\*a\*b\*, mediante aplicación en línea Color Converter (<http://colormine.org>).

b) factor de corrección de iluminación con división del ratio de la densidad integrada de la toma (área del fondo de la imagen y dividido con densidad de la misma) con la ecuación 1.

$$\text{Factor} = \text{ratios} / \text{ratiob} \quad (1)$$

Donde: ratios es el ratio de las imágenes y ratiob es el ratio de la imagen de referencia.

c) distancia de euclides (DE), es la distancia entre dos puntos de un espacio (Abderrahim et al., 2016), para lo cual se aplicó la ecuación 2.

$$ED = \sqrt{(R_s - R_b)^2 + (G_s - G_b)^2 + (B_s - B_b)^2} \quad (2)$$

Donde: Rs, Gs, Bs son valores calculados de las imágenes y Rb, Gb, Bbs son valores de la imagen de referencia (primera imagen tomada). d) Se multiplicaron DE por el factor de corrección.

### 2.2. Contenido de Azúcar (°Brix)

Se utilizó Refractómetro ABBE AR 12 Schmidt & Haensch, descrita como concentración de sólidos solubles en grados Brix por la AOAC 932.2 (1980). Ubicando el equipo en lugar iluminado, se colocó gotas de agua destilada entre las primas para verificar si el índice de refracción alcanza 1,3330, de lo contrario, se realizó la corrección respectiva. Para la lectura de la muestra se colocó dos gotas de muestra usando pipeta pasteur sobre el prisma del refractómetro. La expresión de resultados se obtuvo mediante tablas.

### 2.3. Acidez total

Se realizó a referencia de [García \(1990\)](#). En un matraz de 100 mL, se colocó 20 mL de muestra previamente clarificado. Se valoró con hidróxido de sodio 0.1N a través de una bureta graduada de 25 mL, simultáneamente se verificó el pH con un pHmetro SI Analytics. HandyLab 100 Order N° 285202370. La fórmula para el cálculo en mili equivalente/L fue realizado bajo la [ecuación 3](#).

$$\text{Acidez} = 10 * n \quad (3)$$

Para expresar la acidez en g de ácido tartárico/L, la ecuación 4 fue la que se aplicó para este fin.

$$\text{Acidez} = 0,75 * n \quad (4)$$

Donde: n, es el volumen del reactivo gastado.

### 2.4. Análisis estadístico

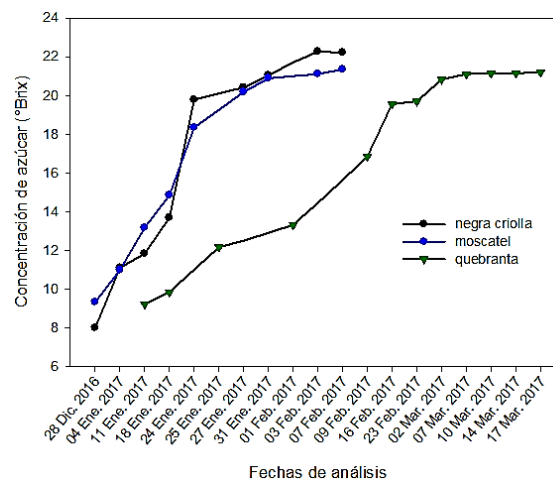
Los datos se evaluaron por análisis de regresión, entre las relaciones de la concentración de grados Brix y la distancia de euclides, así como la acidez total y la distancia de euclides.

## 3. Resultados y discusión

### 3.1. Maduración a través del color en imágenes, contenido de azúcar y acidez total

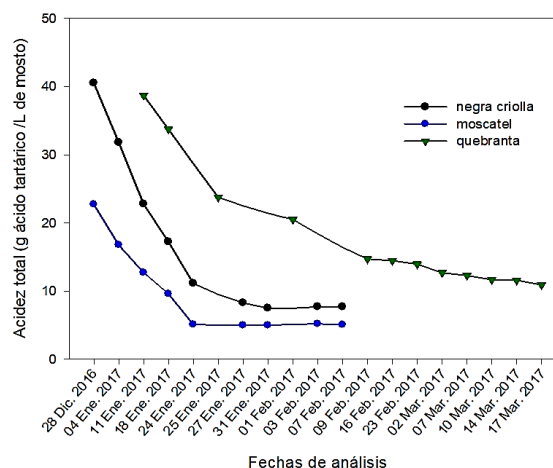
El envero, en NC comenzó desde R, G y B de 91,33, 83,24 y 37,39 y descendió hasta 23,48, 23,67 y 31,37 respectivamente. M comenzó desde R, G y B de 77,40, 63,67 y 23,54 y descendió hasta 30,90, 16,93 y 21,21 respectivamente. Q comenzó desde R, G y B 63,30, 58,83 y 24,45 y descendió hasta 29,44, 31,10 y 39,29 respectivamente. En tanto, el contenido de azúcar en NC, M y Q, fueron de 8,00, 9,33 y 9,22 °Brix respectivamente y para la cosecha alcanzaron a 22,21, 21,34 y 21,19 °Brix respectivamente ([Figura 1](#)). La acidez total, en NC, M y Q, iniciaron con 40,50, 22,70 y 38,70 g de ácido tartárico/L mosto respectivamente, descendiendo hasta la cosecha con acidez total de 7,68, 5,06 y 10,90 g de ácido tartárico/L mosto respectivamente ([Figura 2](#)). Se observa la tendencia de descenso de RGB, acidez total y ascenso del azúcar, durante la maduración de las bayas; sin embargo, existen valores que no muestran una disminución progresiva, sobre todo en la variedad Q, que se observó desigualdad en la coloración dentro de un mismo racimo. Las antocianinas, que son compuestos fenólicos, son responsables del color en las uvas y se encuentran principalmente en la piel ([Yamamoto et al., 2015](#)); son responsables del azul, morado y todos los tonos de color rojo, la cual también ésta condicionada a los estímulos ambientales de iluminación solar, temperatura ambiental,

riego, etc. ([Shahab et al., 2020](#)); por lo tanto, cuanto mayor sea el rango de temperatura, mejor será la coloración de la uva ([Scavroni et al., 2018](#)).

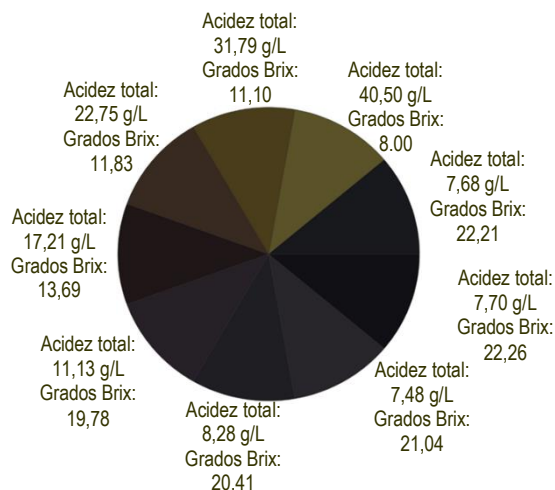


**Figura 1.** Progresión de la concentración de azúcar durante la maduración, variedad negra criolla, moscatel y quebranta.

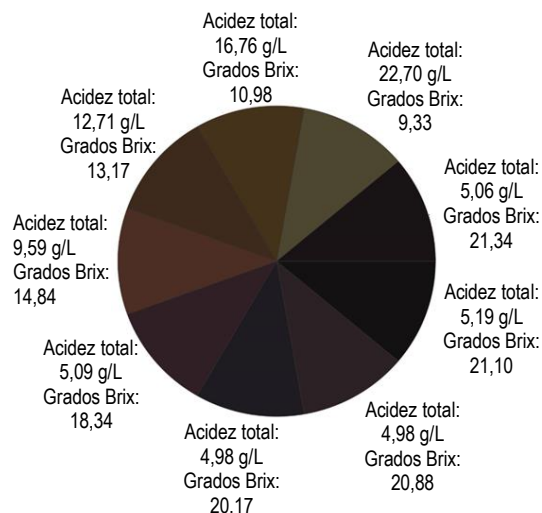
El contenido de azúcar de 21 a 23 °Brix, referido por [Baudrit et al. \(2015\)](#), como óptimos para la cosecha, concuerdan con lo estudiado. Sin embargo, la concentración óptima de 25°Brix, está directamente asociado con una máxima composición de aminoácidos totales ([Garde-Cerdán et al., 2018](#)). Las variaciones del azúcar en la maduración, se deben a la variedad de uva, el comportamiento de los ácidos málico y tartárico (promotores de la glucosa y fructuosa) y las condiciones climáticas, ya que la incorporación de sólidos solubles es más acelerada en zonas cálidas que en zonas frías ([Cabello-Pasini et al., 2017](#)); por lo tanto, cuanto mayor es la temperatura del aire, más dulces son las uvas ([Scavroni et al., 2018](#)).



**Figura 2.** Descenso de la acidez total durante la maduración, variedad negra criolla, moscatel y quebranta.



**Figura 3.** Escala de colores durante la maduración de uva variedad negra criolla.



**Figura 4.** Escala de colores durante la maduración de uva variedad moscatel.

**Tabla 1**

Coefficientes de correlación R cuadrado de tres variedades de uva

Modelos de variación de color	Coeficiente de correlación (R cuadrado)											
	Variedad Negra Criolla (NC)				Variedad Moscatel (M)				Variedad Quebranta (Q)			
	°Brix	p*	Ac. total	p*	°Brix	p*	Ac. Total	p*	°Brix	p*	Ac. total	p*
RGB	0,8899	0,0001	0,9713	0,0001	0,9578	0,0001	0,8539	0,0004	0,0542	0,4665	0,0915	0,3394
HSL	0,8450	0,0005	0,8392	0,0005	0,6303	0,0108	0,6835	0,0060	0,4003	0,0272	0,4497	0,0170
HSV	0,5995	0,0143	0,6106	0,0129	0,3324	0,1041	0,4459	0,0494	0,3906	0,0298	0,4480	0,0173
L*a*b*	0,8892	0,0001	0,9671	0,0001	0,9129	0,0001	0,9246	0,0001	0,7273	0,0004	0,8557	0,0001

p\* es nivel de significancia estimado por análisis de varianza.

Baudrit *et al.* (2015) informó de 3,8 a 4 g de ácido tartárico/L mosto. En tanto CTVV (2010) ha informado valores de 4 a 4,5 g de ácido tartárico/L mosto en uvas tintas. Las variedades NC y M se acercan a los valores citados. También es preciso expresar que las cosechas de cada año en las distintas variedades de uvas no necesariamente son idénticas en la acidez, por lo que existen variaciones (González-Neves *et al.*, 2015).

### 3.2. Maduración según variación del color con contenido de azúcar y acidez total

Los modelos RGB y L\*a\*b\*, muestran una estrecha relación del color con el contenido progresivo del azúcar y regresividad de la acidez total en las variedades NC y M, en un análisis de varianza inferiores al nivel de significancia 0,05, ilustrado en la Tabla 1. Sin embargo, la variedad Q, mostró valores inferiores y casi nulos en algunos, demostrándose que el color que registra durante la maduración no relaciona necesariamente con los factores estudiados.

Por lo tanto, se entiende que las variedades con coloración uniforme y oscuras en todo el racimo son

fiables y factibles su relación con el contenido de azúcar y acidez total durante la maduración, en cambio las variedades con coloración dispersa en el racimo no es factible relacionar los contenidos de azúcar y acidez. La validez de los modelos de variación del color se corroboró con estudios realizados por Abderrahim *et al.* (2016), donde determinaron la relación de variación de color en el espacio de RGB, obteniendo coeficientes de correlación mayores a 0,9839.

Existen escalas de colores para semilla de uva, que permite predecir el estado de la madurez de uva (Avila *et al.*, 2015). Este estudio, permitió organizar una escala de colores de bayas (Figuras 3 y 4) para predecir la maduración en uvas NC y M.

### 4. Conclusiones

Los cambios de color durante la maduración de uva NC y M suponen una relación estrecha con el contenido de azúcar y acidez total correspondiente; sin embargo, el cambio de coloración en uva con colores dispersos como la variedad Q no hace factible esta relación. En este contexto, las uvas tintas cuyos frutos concluyen con coloración oscura

en la maduración, son perfectamente predecibles su contenido de azúcar y acidez a través de sus colores en la maduración, sin dejar de lado los aspectos ambientales, calidad de suelo y forma de manejo de las plantaciones (motivo de futuras investigaciones), por lo que la coloración estimada en éste estudio sustentan colores que aproximan el contenido de azúcar y la acidez en sucesivas campañas agrícolas; en esas condiciones, la generación de un abanico de colores, puede facilitar la aproximación del estado de madurez de las uvas NC y M sin el uso de equipamiento calificado.

### Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Nacional de Moquegua (UNAM) por la contribución económica, al laboratorio de Ingeniería de procesos de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la UNAM, donde se realizaron la parte de mediciones analíticas, y al Fundo Colana del valle de Moquegua, por las facilidades en la obtención de las muestras.

### Referencias bibliográficas

Abderrahim, M.; Arribas, S.M.; Condezo-Hoyos, L. 2016. A novel high-throughput image based rapid Folin-Ciocalteu assay for assessment of reducing capacity in foods. *Talanta* 152: 82-89.

A.O.A.C. 1980. Official methods of Analysis. Association of official Analytical Chemists. 16 th Edition. Washington D.C., USA.

Avila, F.; Mora, M.; Oyarce, M.; Zuñiga, A.; Fredes, C. 2015. A method to construct fruit maturity color scales based on support machines for regression: Application to Olives and Grape seeds. *Journal of Food Engineering* 162: 9-17.

Baudrit, C.; Perrot, N.; Brousset, J.M.; Abbla, P.; Guillemin, H.; Perret, B.; ... y Picque, D. 2015. A decision support system coupling fuzzy logic and probabilistic graphical approaches for the afri-food industry: prediction of grape berry maturity. *PLoS one* 10(7): e0134373.

Cabello-Pasini, A.; Macias-Carranza, V.; Mejía-Trejo, A. 2017. Efecto del mesoclima en la maduración de uva nebbiolo (*Vitis vinifera*) en el valle de guadalupe, baja california, México. *Agrociencia* 51(6): 617-633.

CTVV. 2010. Muestreos de Madurez. Programa Territorial Integrado, Vinos de Chile. Disponible en: [http://ctvv.utralca.cl/medios/ctvv/InformacionTecnica/Publicaciones/Muestreo\\_de\\_madurez.pdf](http://ctvv.utralca.cl/medios/ctvv/InformacionTecnica/Publicaciones/Muestreo_de_madurez.pdf)

Cuevas, E.; Zaldivar, D.; Perez, M. 2010. Procesamiento Digital de Imagenes usando MATLAB y Simulink. Editorial Alfa y Omega. México. 816 pp.

Garde-Cerdán, T.; Gutiérrez-Gamboa, G.; Fernández-Novales, J.; Pérez-Álvarez, E.P.; Diago, M.P. 2018. Towards the definition of

optimal grape harvest time in Grenache grapevines: Nitrogenous maturity. *Scientia Horticulturae*, 239: 9-16.

García, J. 1990. *Técnicas Analíticas para Vinos*. 1ra edición. Publicado por GAB. Barcelona, España. 19 pp.

González-Neves, G.; Favre, G.; Piccardo, D.; Ferrer, M.; Echeverría, G. 2015. Efecto de técnicas alternativas de maceración sobre el color y composición de vinos tintos de seis variedades de uva. *Agrociencia Uruguay* 19(1): 57-68.

Igarza, D. 2014. Uso de técnicas de imagen en el control de procesos de elaboración del vino. Proyecto fin de grado. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 34 pp.

Medina, W.; Skurtys, O.; Aguilera, J.M. 2010. Study on image analysis application for identification quinoa seeds (*Chenopodium quinoa willd*) geographical provenance. *LWT - Food Science and Technology* 43: 238-246.

Meléndez, E.; Ortiz, M.C.; Sarabia, L.A.; Iñiguez, M.; Puras, P. 2013. Modelling phenolic and technological maturities of grapes by means of the multivariate relation between organoleptic and physicochemical properties. *Analytica Chimica Acta* 761: 53-61.

Pedreschi, F.; Mery, D.; Mendoza, F.; Aguilera, J. 2004. Characterisation of potato chips using pattern recognition. *Journal of Food Science* 69(6): 264-270.

Pessenti, I.L.; Ayub, R.A.; Botelho, R.V. 2019. Defoliation, application of S-ABA and vegetal extracts on the quality of grape and wine Malbec cultivar. *Brazilian fruit journal* 41(3): e-018.

Sánchez, D. 2014. Análisis del software ImageJ para el análisis científico de imágenes. Proyecto fin de grado. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España. 195 pp.

Sands, S. 2007. *The Nomenclature of Color*. Just Paint Published by Golden Artist Colors, Inc. Disponible en: <https://www.justpaint.org/the-nomenclature-of-color/>

Shahab, M.; Roberto, S.; Ahmed, S.; Colombo, R.; Silvestre, J.; Koyama, R.; Teodoro de Souza, R. 2020. Relationship between anthocyanins and skin color of table grapes treated with abscisic acid at different stages of berry ripening. *Scientia Horticulturae* 259: 108859.

SENAMHI. 2017. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/>

Wang, L.; Zhou, Y.; Duana, B.; Jiang, Y.; Xi, Z. 2019. Relationship between seed content and berry ripening of wine grape (*Vitis vinifera* L.). *Scientia Horticulturae* 243: 1-11.

Yamamoto, L.Y.; Koyama, R.; Marinho de Assis, A.; Silva, B.W.; Rodrigues de Oliveira, I.; Roberto, S.R. 2015. Color of berry and juice of 'Isabel' grape treated with abscisic acid in different ripening stages. *Agropecuária Brasileira* 50(12): 1160-1167.

Zoffoli, J.; Latorre, B. 2011. Table grape (*Vitis vinifera* L.). Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits. Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. Pp. 179-214e.

Zuñiga, A.; Mora, M.; Oyarce, M.; Fredes, C. 2014. Grape maturity estimation based on seed images and neural networks. *Journal Engineering Applications of Artificial Intelligence* 35: 95-104.

Scavroni, J.; Ferreira, L.C.; Ferrarese, M.; Ono, E.O.; Rodrigues, J.D. 2018. Ethephon and calcium chloride, a combination that improves skin color of 'rubi' table grape. *Revista Brasileira de Fruticultura* 40(1): e-777.