



# Influencia de un recubrimiento comestible adicionado con calcio sobre la calidad de la mora de Castilla

## Influence of edible coating added with calcium on andean blackberry quality

Misael Cortés-Rodríguez<sup>1</sup>; Rosa Alegría Macías<sup>2</sup>; Lina Cardona Velásquez<sup>3</sup>; Julio Cesar Arango Tobón<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Químico, PhD. Ingeniería de Alimentos, Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Carrera 65 No. 59A - 110, Medellín, Colombia, e-mail: mcortesro@unal.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-3407-1635>

<sup>2</sup>Química, Esp. Biotecnología, MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Carrera 65 No. 59A - 110, Medellín, Colombia, e-mail: roaalegriam@unal.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-2092-568X>

<sup>3</sup>Ingeniera Biológica, MSc. Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Carrera 65 No. 59A - 110, Medellín, Colombia, e-mail: lcardonav@unal.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-2894-7063>

<sup>4</sup>Ingeniero Agrícola, MSc. Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, Profesor Titular. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Departamento de Ingeniería Agrícola y de Alimentos. Carrera 65 No. 59A - 110, Medellín, Colombia, e-mail: jcarango@unal.edu.co, <https://orcid.org/0000-0003-1625-0541>

Cómo citar: Cortés-Rodríguez, M.; Macías, R.A.; Cardona Velásquez, L.; Arango Tobón, J.C. 2019. influencia de un recubrimiento comestible adicionado con calcio sobre la calidad de la mora de Castilla. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 22(1):e1212. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1212>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica bajo una licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

**Recibido:** Junio 18 de 2018

**Aceptado:** Mayo 6 de 2019

### RESUMEN

La creciente necesidad de los consumidores por alimentos saludables ha suscitado, en la industria, la búsqueda de tecnologías efectivas, que ofrezcan alimentos seguros y aceptables, sensorialmente, por el consumidor moderno. Los recubrimientos comestibles adicionados con componentes activos aplicados en estructuras vegetales, además de proteger la estructura y conferir mayor conservación, pueden aportar valor nutricional. El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de un recubrimiento comestible a base de alginato de sodio y calcio sobre los atributos de calidad de la mora de Castilla. Se aplicó la metodología de superficie de respuesta, con un diseño central compuesto cara centrado (21 experimentos), considerando las variables independientes: alginato de sodio (2,0-3,0%), cera de abeja (0,5-1,0%), sucroéster (0,15-0,25%), alginato/glicerol (2,0-3,0). La mejor formulación fue: alginato de sodio

(2,85%), cera de abeja (1,00%), alginato de sodio/glicerol (2,0) y sucroéster (0,18%), siendo los atributos de calidad de la mora con el recubrimiento comestible: humedad (83,7±1,7%), actividad de agua (0,964±0,010), pH (2,7±0,0), acidez (2,6±0,0%), °Brix (8,1±0,2%), firmeza (12,3±0,7 N), fenoles totales (105,3±4,5mg AG/100g), actividad antioxidante (ABTS: 962,7±15,1mg Trolox/100g y DPPH: 319,3±9,4mg Trolox/100g), luminosidad (22,5±0,7); cromaticidad a\* (8,47±0,88); cromaticidad b\* (2,12±0,37) y calcio = 144,6±2,7 mg /200g. Los recubrimientos comestibles adicionados con calcio aplicados en la mora de Castilla representan una alternativa efectiva contra los daños mecánicos del fruto y para conservar su calidad, lo cual, podrá mejorar la vida útil durante el almacenamiento.

Palabras clave: *Rubus glaucus*; fortificación; optimización; conservación; calidad del alimento.

## ABSTRACT

The growing need of consumers for healthy food has led to the search for effective technologies in food industry that offer safe and sensorially acceptable options to the modern consumer. Edible coatings added with active components applied to vegetable structures, besides protecting the structure and conferring greater conservation, can provide nutritional value. The objective of this investigation was to evaluate the influence of an edible coating based on sodium alginate and calcium on the attributes of quality of Andean blackberry of Castilla. The response surface methodology was applied with a composite central design (21 experiments), considering the independent variables: sodium alginate (2.0-3.0%), beeswax (0.5-1.0%), sucroester (0.15-0.25%), sodium alginate/glycerol (2.0-3.0). The best formulation was: sodium alginate (2.85%), beeswax (1.00%), sodium alginate/glycerol (2.0%) and sucroester (0.162%), being the quality attributes of the of the blackberry with the edible coating: moisture ( $83.7 \pm 1.7\%$ ), water activity ( $0.964 \pm 0.010$ ), pH ( $2.7 \pm 0.0$ ), acidity ( $2.6 \pm 0.0\%$ ), °Brix ( $8.1 \pm 0.2\%$ ), firmness ( $12.3 \pm 0.7$  N); total phenols ( $105.3 \pm 4.5$  mg GA/100 g), antioxidant activity (ABTS:  $962.7 \pm 15.1$  mg Trolox/100 g) and DPPH:  $319.3 \pm 9.4$  mg Trolox/100 g), lightness ( $22.5 \pm 0.7$ ); chromaticity  $a^*$  ( $8.47 \pm 0.88$ ); chromaticity  $b^*$  ( $2.12 \pm 0.37$ ) and calcium= $144.6 \pm 2.7$  mg/200g. Edible coatings added with calcium applied to Andean blackberry of Castilla represent an effective alternative against mechanical damages of the fruit and to conserve its quality, which will improve shelf life.

Keywords: *Rubus glaucus*; fortification; optimization; conservation; food quality.

## INTRODUCCIÓN

La mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) es una fruta rica en compuestos antioxidantes, como los polifenoles, que actúan como agentes secuestradores de radicales libres, brindando grandes beneficios a la salud, ya que logran reducir el riesgo de cáncer y enfermedades cardiovasculares (Oszmiański *et al.* 2015). La mora, debido a su valor nutricional, sabor y propiedades antioxidantes, es utilizada en la industria de alimentos, como materia prima para mermeladas, salsas, refrescos y dulces (Grijalba *et al.* 2010); además, aproximadamente el 90% de la producción internacional de mora, es transformada en productos procesados, como néctares, jugos, pulpas congeladas, concentrados, gelatinas y polvos deshidratados (Carvalho & Betancour, 2015).

Sin embargo, este fruto presenta problemas en la conservación postcosecha, donde las mermas son del 25 al 50%, ya que la mora posee una estructura morfológica frágil, lo que la hace susceptible a daños físicos, generación de lixiviados, pérdida de coloración, fermentación y proliferación de hongos (Ramírez *et al.* 2013). Estas pérdidas postcosecha afectan la economía de los productores y comerciantes: 15% (países desarrollados) y 45% (países en vía de desarrollo), reduciendo la competitividad de la cadena de producción (Rodríguez *et al.* 2010).

Bajo este contexto, se hace necesario la aplicación de tecnologías mejoradas, que disminuyan su deterioro y extiendan la vida útil. Se destacan, durante los últimos tiempos, algunas tecnologías aplicadas en frutos, tales como la irradiación UV, refrigeración, ozonización, atmósfera modificada y los recubrimientos comestibles (Falguera *et al.* 2011).

La tecnología de recubrimientos comestibles (RC) es amigable con el medio ambiente, aplicada en los alimentos por inmersión o aspersión, fijándose como una capa delgada y continua, que al secarse, proporciona una barrera contra H<sub>2</sub>O, O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, disminuye la velocidad de las reacciones químicas que provocan deterioro al alimento, permite un aporte nutricional al alimento y conserva mejor el alimento a temperaturas de refrigeración (Galus & Kadzińska, 2015). Todos los beneficios del RC contribuyen a extender la vida útil del alimento, siendo su uso una tendencia en los productos mínimamente procesados (Galus & Kadzińska, 2015; Kumari *et al.* 2017). Usualmente, el RC está conformado por proteínas animal o vegetal (proteínas lácteas, de gluten de trigo, soya), lípidos o ceras naturales (cera de abejas (CA), carnauba, candelilla, entre otros) que brindan brillo a los frutos recubiertos (Acevedo & Soliva, 2017) y polisacáridos (alginatos, pectinas, carrageninas o mezclas, entre otros). Los lípidos, se incorporan en soluciones filmógenas para formar la estructura base de la emulsión del RC, siendo importante la estabilidad, la homogeneidad y la cohesividad del RC (Acevedo & Soliva, 2017).

El objetivo de la investigación fue evaluar la influencia de un RC a base de alginato de sodio y calcio (RC+Ca), sobre los atributos de calidad de la mora de Castilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La mora de Castilla fue cosechada en el municipio de Granada-Antioquia, con un grado de madurez 5 y clasificada como “categoría extra”, según la Norma Técnica Colombiana (ICONTEC, 1997).

Se prepararon 21 RC+Ca utilizando la metodología de superficie de respuesta, con un diseño central compuesto cara centrado (Tabla 1), siendo las variables independientes: alginato de sodio (AS) (2-3%), CA (0,5-1%), sucroéster (S) (0,15-0,25%) y alginato de sodio/glicerol (AS/G) (2 -3) y las variables dependientes: humedad (X<sub>w</sub>), actividad de agua (a<sub>w</sub>), °Brix, pH, acidez, fenoles totales (FT), capacidad antioxidante (ABTS y DPPH), textura y color.

Se utilizó quitosano (Q) (Sigma) (0,5%p/p), como agente microbiano, disuelto en ácido acético 0,25M (1:100), calentando hasta 40°C y homogenizando a 7000rpm (UltraTurrax IKA, T25), durante 10 min (premezcla M<sub>1</sub>). El AS, se disolvió en el 60% del agua de la formulación, calentando con agitación a 60°C hasta su completa hidratación y, finalmente, se adicionó el G (premezcla M<sub>2</sub>). Una premezcla M<sub>3</sub>, se preparó a partir de CA, 20% del agua y el S; inicialmente, se mezcló la CA con agua caliente a 65°C y cuando se fundió la CA, se agregó el S. Posteriormente, a la premezcla M<sub>3</sub>, se le adicionó la premezcla M<sub>1</sub> manteniendo la homogenización

(7000rpm) y calentamiento constante a 65°C, durante 2 min, obteniéndose la premezcla M<sub>4</sub>.

Una premezcla M<sub>5</sub>, se preparó con el CaCl<sub>2</sub> (1,396%) y el 20% de agua restante. La concentración de CaCl<sub>2</sub> se determinó por un balance de materia, considerando el calcio en la mora fresca ( $\approx 252,7$ mg calcio/kg), la cantidad de RC adherido/100g mora ( $\approx 19$ g RC) y fijando un objetivo teórico (100mg calcio/119g mora+RC). Después, se adicionó lentamente la premezcla M<sub>2</sub> a la premezcla M<sub>4</sub>, obteniendo la premezcla M<sub>6</sub>, la cual, se homogenizó a 15000rpm durante 5 min y manteniendo la temperatura de 65°C y así evitar que la CA solidifique. Al terminar de preparar la premezcla M<sub>6</sub>, se adicionó lentamente la premezcla M<sub>5</sub>, continuando la homogenización a 15000rpm, por 4 min más y 1 min a 20000rpm; finalmente, el RC+Ca, se desgasificó por 5 min. Para su aplicación, los frutos fueron inicialmente lavados y desinfectados en una solución de NaClO a 50 ppm e inmersos en el RC+Ca, durante 1 min; posteriormente, se dejaron escurriendo durante 30s y se colocaron en un secador de túnel (Centricol, Serie 0803) a 30°C, 1600rpm, por 1 h.

La caracterización de los atributos de calidad se realizó como sigue: Xw por el método A.O.A.C. 930.15/2012; la  $a_w$ , AOAC 978.18/2012, con un higrómetro de punto de rocío a 25°C (Aqualab Decagón serie 3TE); °Brix, pH y acidez, según la Norma Técnica Colombiana, NTC 4106 (ICONTEC, 1997). La extracción metanólica para la actividad antioxidante, se realizó por la metodología de Rodríguez *et al.* (2010) con modificaciones: se pesaron 0,3g de pulpa en tubos falcón de 50mL, se adicionaron 9mL de una mezcla metanol/agua 70:30 y se centrifugó a 8000rpm por 10 min, a 20°C; posteriormente, el extracto se filtró usando papel Double Ring Qualitative Grade: medium 102. Los FT, se determinaron por el método colorimétrico Folin-Ciocalteu a 760nm, expresándose como mg ácido gálico/100 g muestra (mg AG/100 g). La actividad antioxidante sobre el radical DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), se determinó a 517nm y sobre el radical ABTS<sup>+</sup> (ácido 2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico), a 734nm, de acuerdo con la metodología de Osmianski *et al.* (2015), expresándose como mg Trolox/100g.

El color, se determinó a partir de las coordenadas CIE-L\*a\*b\*, utilizando un espectrofotómetro de esfera X-Rite, modelo SP64, iluminante D65, observador de 10° y ventana de observación de 4 mm. La textura se midió en términos de fuerza de ruptura (Fr), según la metodología de Mannozi *et al.* (2017), utilizando un texturómetro TA.XT2 (Stable Micro System), sonda P/5, velocidad y longitud de penetración de 2mm/s y 10mm, respectivamente. El análisis estadístico, se realizó con el software Statgraphics Centurion XVI. II, donde el ANOVA se realizó con un nivel de confianza del 95% ( $p \leq 0,05$ ).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La calidad de la mora de Castilla fresca fue: Xw = 85,6 $\pm$ 1,2%;  $a_w$  = 0,969 $\pm$ 0,002; pH = 2,7 $\pm$ 0,1; acidez = 2,7 $\pm$ 0,3%; °Brix = 7,1 $\pm$ 0,5%; FT = 93,5 $\pm$ 14,5mg AG/100g; DPPH = 299,9 $\pm$ 12,3mg Trolox/100g; ABTS = 863,2 $\pm$ 31,7mg Trolox/100g; Fr = 4,7 $\pm$ 1,3 N;

color (L\* = 23,6 $\pm$ 0,5; a\* = 21,4 $\pm$ 6,0 y b\* = 7,1 $\pm$ 2,5). Los resultados de Xw,  $a_w$ , acidez, pH y °Brix están relacionados con la estabilidad general del fruto, confiriendo un carácter perecedero, propenso al ataque microbiológico y corta vida útil (Ma *et al.* 2017).

Algunas investigaciones reportan, para la mora de Castilla, valores de Xw: 91,9; 87,7 y 82,0% y  $a_w$ : 0,981 y 0,984 (Franceschinis *et al.* 2014; Rodríguez *et al.* 2012). Otros autores reportan pH: 2,7 y 2,8; acidez: 1,65 y 1,67 (%ácido cítrico) y °Brix: 8,5 y 8,9 (Grijalba *et al.* 2010; Moreno *et al.* 2016) la calidad de la fruta cosechada y la duración de las etapas de desarrollo de la flor y el fruto de dos materiales de mora de Castilla, con y sin espinas, cultivados en condiciones de campo abierto en el municipio de Cajicá (Cundinamarca). La variación de estas características depende de su madurez, de las condiciones freáticas del cultivo y de las prácticas agrícolas (Carvalho & Betancour, 2015). Los FT y la actividad antioxidante obtenidos fueron altos en comparación con otros frutos (Oszmiański *et al.* 2015), lo que caracteriza a la mora de Castilla como un alimento funcional. En cuanto a la textura, Moreno *et al.* (2016) reportaron Fr entre 2,25 y 7,74 N, lo que confirma que este fruto presente daños mecánicos que contribuye a las importantes pérdidas postcosecha.

La tabla 1 presenta los atributos de calidad de la mora con RC+Ca y la tabla 2 relaciona el ANOVA de las variables dependientes en función del valor p, identificando sus diferencias significativas. Por otro lado, la figura 1 presenta los gráficos de superficie de respuesta de las variables dependientes, que fueron estadísticamente significativas.

La Xw de la mora con RC+Ca (83,4-89,1%) fue similar a la fresca, lo que sugiere que esta depende principalmente, del proceso de secado aplicado y no por el aporte individual de agua de los componentes del RC+Ca. La  $a_w$  presentó una situación similar a la Xw, dado que el objetivo del secado es su reducción, la cual, depende del agua y del efecto depresor de los componentes presentes del RC+Ca. Igualmente, se observan valores similares de la  $a_w$  en el fruto fresco (0,969 $\pm$ 0,002) y la mora con RC+Ca (0,950-0,973). Los RC controlan la transferencia de agua desde el alimento al entorno, mejoran el sabor y olor propio del alimento durante el almacenamiento; además, ejercen mayor resistencia a los daños mecánicos de la misma, actuando como una barrera protectora (Zhang *et al.* 2014; Ali *et al.* 2012).

El pH de las moras frescas y con RC+Ca fueron similares, siendo los cambios de este último, poco significante: 2,66-2,83. Villegas & Albarracín (2016) reportaron valores similares de pH (2,8) en mora con RC+hidroxipropilmetilcelulosa. La superficie de respuesta del pH (Figura 1) muestra que, a niveles altos de CA, el pH incrementa con el incremento de AS/G; mientras que, a niveles bajos de CA, el comportamiento es contrario. Esta situación podría atribuirse a los ácidos libres, ésteres y componentes naturales de la CA que, además aportan propiedades emulsificantes a la emulsión (Tosne *et al.* 2014) y al ácido acético presente en la formulación. El pH es importante desde el punto de vista sensorial en las frutas con y sin RC; cuando es alto, la percepción de dulzor incrementa, coherente con los cambios del pH, reportados en frescas, por efecto de un RC

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos de mora de Castilla con RC+Ca.

| Exp | AS (%) | AS/G | CA (%) | S (%) | Xw (%)   | aw          | pH        | Acidez (%) | °Brix    | FT mg AG/100g | ABTS mg Trolox/100g | DPPH       | Color    |           |           | Textura (N) |
|-----|--------|------|--------|-------|----------|-------------|-----------|------------|----------|---------------|---------------------|------------|----------|-----------|-----------|-------------|
|     |        |      |        |       |          |             |           |            |          |               |                     |            | a*       | b*        | L*        |             |
| 1   | 2,00   | 2,00 | 0,50   | 0,15  | 85,1±0,7 | 0,960±0,009 | 2,78±0,02 | 2,2±0,1    | 7,8±0,2  | 100,3±7,6     | 1044,4±11,9         | 238,2±3,4  | 21,6±1,9 | 6,9±0,6   | 22,1±1,5  | 10,4±0,7    |
| 2   | 2,00   | 3,30 | 1,00   | 0,25  | 85,1±1,0 | 0,969±0,001 | 2,66±0,06 | 2,8±0,3    | 7,0±0,2  | 102,1±13,0    | 612,0±9,8           | 323,6±25,4 | 22,0±2,1 | 7,1±1,1   | 22,5±0,8  | 10,0±1,3    |
| 3   | 2,50   | 2,50 | 0,75   | 0,25  | 87,2±0,9 | 0,973±0,002 | 2,74±0,03 | 2,3±0,3    | 7,4±0,1  | 92,4±10,4     | 863,1±62,5          | 346,5±4,3  | 24,6±3,7 | 8,9±2,1   | 25,1±1,1  | 9,6±0,3     |
| 4   | 2,50   | 2,50 | 0,75   | 0,20  | 89,1±1,9 | 0,968±0,001 | 2,72±0,01 | 2,8±0,2    | 7,6±0,2  | 113,8±6,1     | 923,1±48,4          | 250,0±18,3 | 24,9±4,2 | 9,8±3,1   | 27,9±4,4  | 14,3±0,6    |
| 5   | 2,50   | 2,50 | 0,75   | 0,20  | 85,1±1,4 | 0,962±0,003 | 2,69±0,02 | 2,8±0,4    | 7,4±0,2  | 141,4±7,5     | 870,0±17,1          | 254,2±3,7  | 19,2±1,6 | 5,8±1,2   | 23,6±2,3  | 12,3±0,7    |
| 6   | 2,50   | 2,50 | 0,75   | 0,15  | 85,8±0,7 | 0,967±0,001 | 2,66±0,02 | 2,6±0,3    | 7,0±0,1  | 121,8±5,3     | 774,8±5,2           | 307,4±3,8  | 17,6±5,1 | 5,4±2,2   | 22,4±1,8  | 12,1±0,6    |
| 7   | 2,00   | 2,00 | 1,00   | 0,15  | 84,5±0,6 | 0,965±0,002 | 2,73±0,01 | 3,2±0,3    | 7,3±0,0  | 138,5±4,5     | 761,7±11,2          | 297,6±4,5  | 18,1±1,4 | 5,3±0,4   | 21,6±1,3  | 11,6±0,7    |
| 8   | 3,00   | 2,50 | 0,75   | 0,20  | 85,1±1,5 | 0,954±0,002 | 2,80±0,02 | 2,5±0,3    | 7,9±0,1  | 106,4±13,0    | 574,9±14,4          | 333,8±7,0  | 24,8±1,0 | 8,7±,7    | 21,4±0,9  | 12,3±0,1    |
| 9   | 2,00   | 3,00 | 0,50   | 0,25  | 85,5±1,5 | 0,958±0,00  | 2,78±0,01 | 2,3±0,1    | 7,6±0,1  | 90,7±13,0     | 808,4±60,1          | 325,7±5,6  | 16,1±3,2 | 8,2±5,0   | 21,9±4,6  | 11,1±0,6    |
| 10  | 2,50   | 2,50 | 1,00   | 0,20  | 86,2±1,3 | 0,956±0,001 | 2,83±0,01 | 2,5±0,2    | 7,7±0,1  | 104,5±11,4    | 554,4±13,1          | 306,1±8,2  | 19,8±6,8 | 7,3±3,8   | 21,1±1,3  | 10,8±0,4    |
| 11  | 3,00   | 3,00 | 1,00   | 0,15  | 83,6±1,0 | 0,950±0,00  | 2,77±0,01 | 2,8±0,2    | 8,6±0,3  | 86,6±9,0      | 853,6±44,7          | 343,7±13,2 | 19,8±9,0 | 14,5±7,6  | 16,3±8,2  | 12,2±0,6    |
| 12  | 2,50   | 2,00 | 0,75   | 0,20  | 86,5±0,7 | 0,963±0,002 | 2,75±0,01 | 3,1±0,6    | 8,0±0,4  | 86,0±13,2     | 599,4±49,9          | 299,8±6,2  | 24,2±2,6 | 7,7±1,3   | 23,3±2,2  | 8,1±0,4     |
| 13  | 2,50   | 3,00 | 0,75   | 0,20  | 83,5±0,5 | 0,965±0,00  | 2,73±0,01 | 2,8±0,1    | 8,0±0,2  | 106,7±9,3     | 958,6±26,1          | 296,2±14,4 | 24,2±4,1 | 7,9±1,9   | 25,3±2,4  | 10,9±0,2    |
| 14  | 3,00   | 2,00 | 0,50   | 0,25  | 86,3±1,2 | 0,957±0,00  | 2,70±0,01 | 2,6±0,3    | 7,5±0,1  | 110,0±7,0     | 1136,2±14,9         | 322,5±11,9 | 24,4±3,1 | 7,6±1,3   | 28,5±0,6  | 8,8±0,3     |
| 15  | 2,00   | 2,50 | 0,75   | 0,20  | 86,2±0,5 | 0,955±0,00  | 2,68±0,01 | 2,7±0,2    | 7,5±0,0  | 106,7±3,9     | 875,6±46,8          | 270,6±9,9  | 26,0±7,0 | 8,5±3,4   | 28,1±2,7  | 8,9±0,1     |
| 16  | 3,00   | 2,00 | 1,00   | 0,25  | 85,5±0,9 | 0,959±0,00  | 2,71±0,01 | 3,5±0,3    | 7,6±0,0  | 108,5±9,6     | 915,5±25,3          | 240,8±12,6 | 17,9±3,5 | 5,7±1,3   | 21,6±1,0  | 10,8±0,6    |
| 17  | 2,50   | 2,50 | 0,75   | 0,20  | 85,5±1,5 | 0,963±0,002 | 2,71±0,01 | 3,1±0,6    | 7,7±0,0  | 99,3±12,0     | 1026,7±26,2         | 362,5±8,8  | 19,2±5,7 | 6,08±2,52 | 22,9±0,6  | 9,6±0,2     |
| 18  | 2,50   | 2,50 | 0,50   | 0,20  | 85,2±1,9 | 0,967±0,001 | 2,70±0,02 | 2,2±0,2    | 7,7±0,1  | 113,0±11,9    | 781,3±2,9           | 384,1±10,5 | 22,0±2,1 | 7,06±1,08 | 22,5±0,8  | 10,3±0,2    |
| 19  | 2,50   | 2,50 | 0,75   | 0,20  | 85,2±1,3 | 0,968±0,002 | 2,80±0,03 | 2,2±0,1    | 8,3±0,2  | 111,9±8,3     | 701,4±23,6          | 345,3±1,5  | 19,0±3,2 | 6,90±3,53 | 24,38±0,9 | 9,6±0,4     |
| 20  | 3,00   | 3,00 | 0,50   | 0,15  | 85,8±1,3 | 0,966±0,001 | 2,72±0,01 | 2,4±0,2    | 6,62±0,2 | 102,8±3,9     | 675,5±16,7          | 338,5±8,0  | 14,1±2,7 | 4,53±1,53 | 21,2±0,2  | 9,5±0,5     |
| 21  | 2,50   | 2,50 | 0,75   | 0,20  | 85,6±1,3 | 0,957±0,003 | 2,70±0,01 | 2,5±0,2    | 6,6±0,1  | 94,3±3,4      | 628,2±16,8          | 238,2±2,9  | 22,4±4,2 | 8,44±2,58 | 24,8±2,8  | 12,1±0,6    |

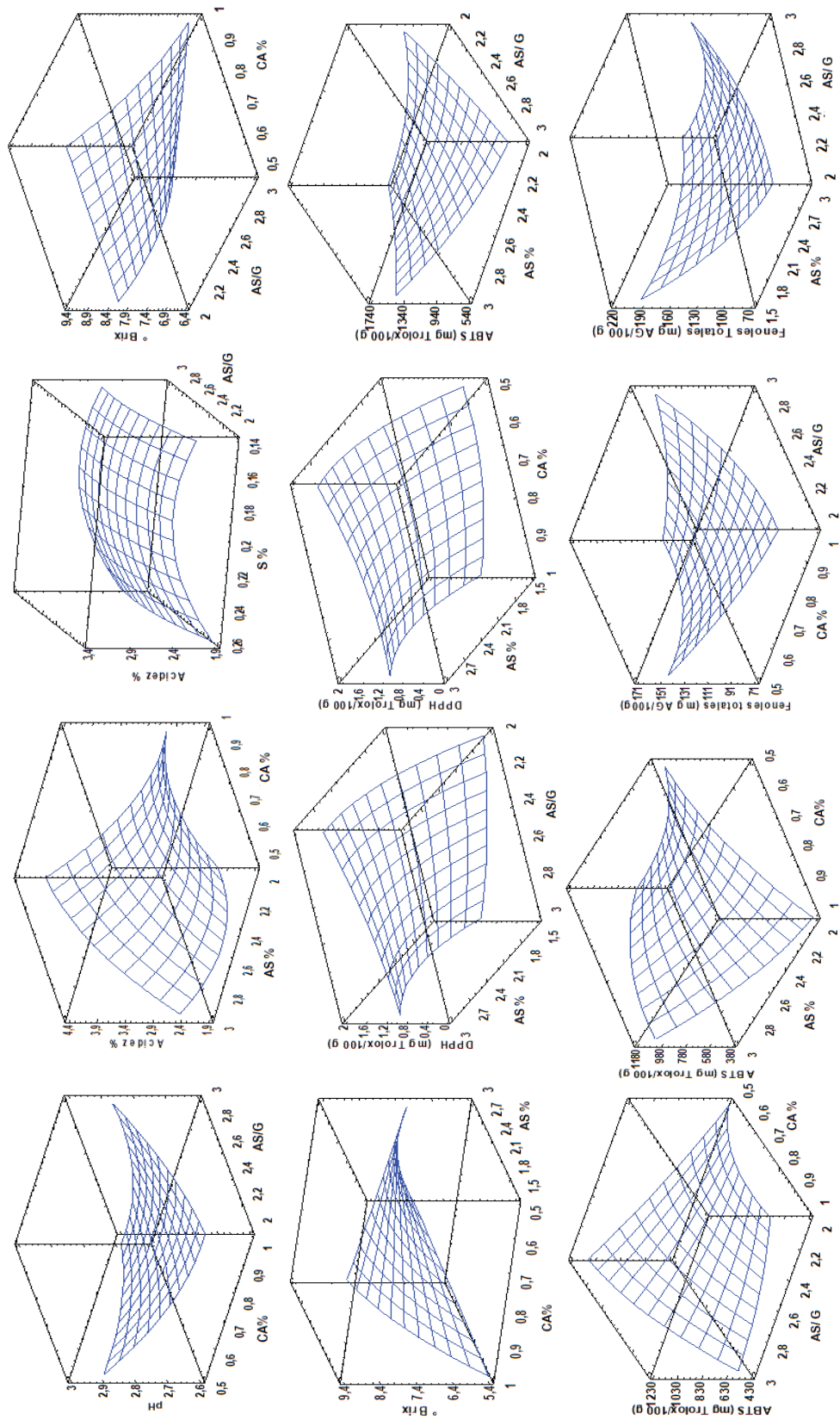
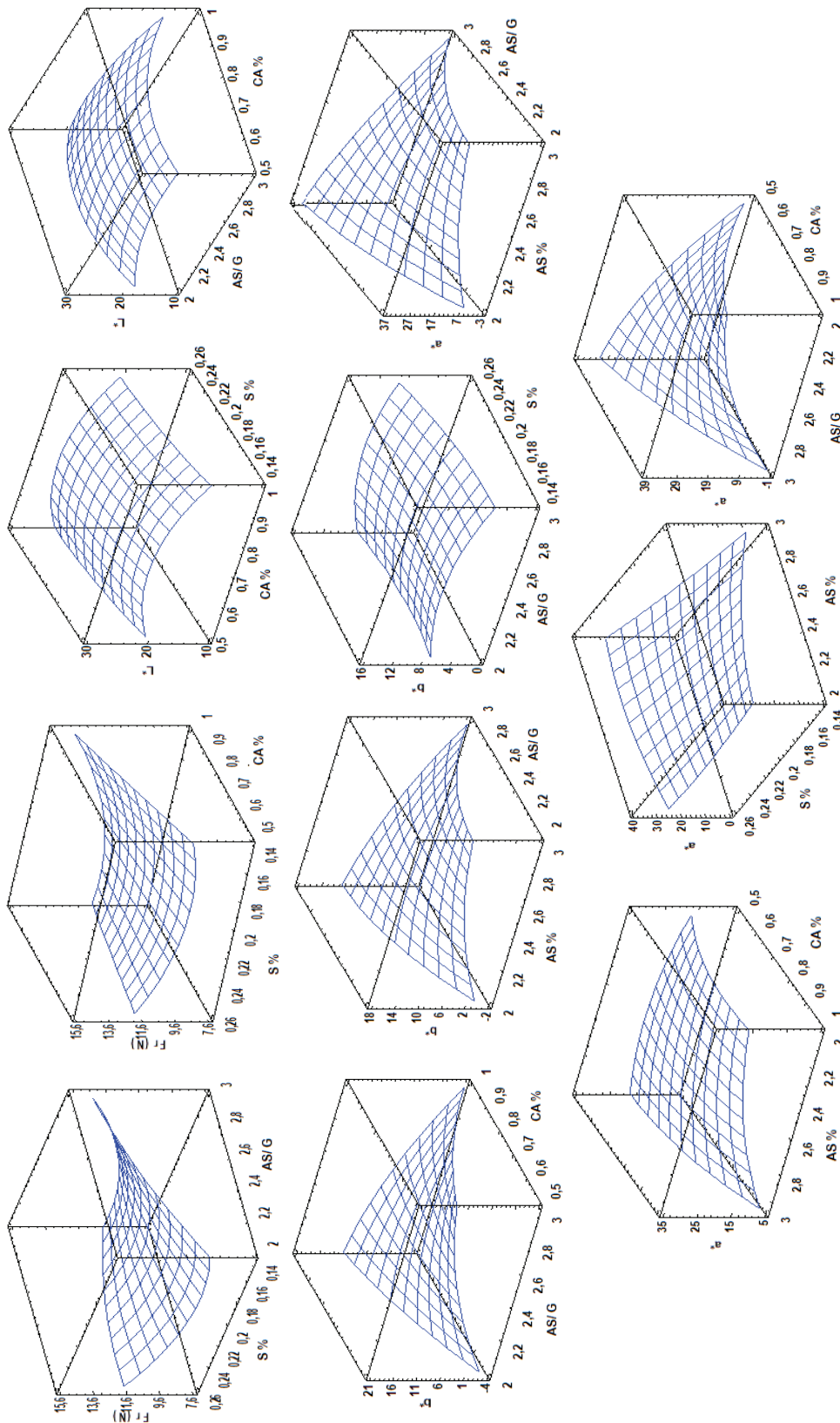


Figura 1. Gráficos de superficie de respuesta de las variables dependientes del RC+Ca, en función de las variables independientes AS, CA, S y AS/G.





Continuación: Figura 1.

Tabla 2. ANOVA para la mora de Castilla con RC+Ca.

|                      | Efectos principales |        |        |        | Efectos cuadráticos |        |        |        | Efectos por interacciones |        |        |        |        |        |
|----------------------|---------------------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                      | A                   | B      | C      | D      | AA                  | BB     | CC     | DD     | AB                        | AC     | AD     | BC     | BD     | CD     |
| <b>pH</b>            | 0,297               | 0,000* | 0,923  | 0,255  | 0,136               | 0,025* | 0,000* | 0,956  | 0,198                     | 0,799  | 0,471  | 0,000* | 0,001* | 0,112  |
| <b>Acidez</b>        | 0,000*              | 0,040* | 0,000* | 0,015* | 0,000*              | 0,270  | 0,048* | 0,056  | 0,002                     | 0,008* | 0,201  | 0,880  | 0,963  | 0,515  |
| <b>°Brix</b>         | 0,259               | 0,000* | 0,020* | 0,923  | 0,190               | 0,011* | 0,894  | 0,001* | 0,776                     | 0,000* | 0,633  | 0,492  | 0,039  | 0,813  |
| <b>Xw</b>            | 0,370               | 0,257  | 0,756  | 0,037* | 0,333               | 0,026* | 0,317  | 0,086  | 0,313                     | 0,048* | 0,309  | 0,928  | 0,839  | 0,822  |
| <b>a<sub>w</sub></b> | 0,590               | 0,000* | 0,021* | 0,634  | 0,000*              | 0,926* | 0,049* | 0,000* | 0,184*                    | 0,057  | 0,402  | 0,062* | 0,281* | 0,036* |
| <b>FT</b>            | 0,418               | 0,807  | 0,290  | 0,000* | 0,086               | 0,001* | 0,152  | 0,062  | 0,050*                    | 0,838  | 0,191  | 0,008* | 0,375  | 0,306  |
| <b>ABTS</b>          | 0,010*              | 0,000* | 0,000* | 0,000* | 0,000*              | 0,117  | 0,000* | 0,000* | 0,000*                    | 0,000* | 0,416  | 0,000* | 0,000* | 0,000* |
| <b>DPPH</b>          | 0,401               | 0,017* | 0,000* | 0,005* | 0,000*              | 0,000* | 0,000* | 0,351  | 0,015*                    | 0,000* | 0,056  | 0,040* | 0,340  | 0,070  |
| <b>L*</b>            | 0,751               | 0,498  | 0,017* | 0,016* | 0,384               | 0,016* | 0,000* | 0,627  | 0,705                     | 0,365  | 0,130  | 0,189  | 0,877  | 0,994  |
| <b>a*</b>            | 0,000*              | 0,318  | 0,024* | 0,000* | 0,028*              | 0,000* | 0,011* | 0,495  | 0,000*                    | 0,001* | 0,000* | 0,000* | 0,65   | 0,054  |
| <b>b*</b>            | 0,144               | 0,904  | 0,330  | 0,041* | 0,099               | 0,008* | 0,095  | 0,502  | 0,014*                    | 0,969  | 0,899  | 0,000* | 0,402  | 0,721  |
| <b>Fr</b>            | 0,890               | 0,491  | 0,069  | 0,564  | 0,137               | 0,266  | 0,938  | 0,094  | 0,106                     | 0,599  | 0,007  | 0,523  | 0,002* | 0,002* |

Factor A: AS (%), Factor B: AS/G, Factor C: CA (%), Factor D: S (%). \*Significativo ( $p < 0,05$ ).

a base de Q y CA (Velickova *et al.* 2013). Para la mora con RC+Ca, los mayores pH se obtienen a AS/G y CA de (2,0; 0,5) y (3,0; 1,0), respectivamente. La superficie de respuesta de la acidez (Figura 1), muestra la tendencia de incrementar a mayores contenidos de AS (3%) y CA (1%), lo cual es coherente con los cambios observados en el pH y atribuibles, principalmente, a la CA y al ácido acético de las formulaciones. El efecto del S y de la relación AS/G, se considera menos influyente sobre la acidez; hay una tendencia de incrementar la acidez con la disminución del S y con el incremento de la relación, pero a bajos niveles de S (0,14%).

Los valores medios de los °Brix de la mora con RC+Ca fluctuaron entre 6,57 y 8,65%, siendo en algunas formulaciones mayores a la mora fresca ( $7,1 \pm 0,5\%$ ); por lo que, se deduce que existen efectos de los componentes del RC+Ca. La superficie de respuesta CA-AS para los °Brix (Figura 1) identifica una interacción negativa entre estos factores, alcanzando mayores °Brix a altos niveles de AS (CA = 1%) y a bajos niveles de CA (AS = 1,5%), lo cual, se atribuye, principalmente, al aporte de sólidos solubles del AS al solubilizarse en la fase acuosa. Por otro lado, existe una tendencia a aumentar los °Brix con la disminución de la relación AS/G, especialmente, a niveles de CA del 1% y con la disminución de la CA, esencialmente, con relación AS/G de 3. Esta situación no es clara, ya que la disminución de la relación implica dos situaciones; por un lado, una menor contribución de sólidos solubles por parte del AS, lo cual, no favorecería el incremento de los °Brix y, por otro lado, un incremento del G en la formulación, más coherente con los resultados obtenidos, ya que implicaría un mayor aporte de sólidos solubles de éste, dada la solubilidad en fase acuosa que tiene, por los grupos de hidróxidos (OH) presentes. Otro posible factor que podría incrementar los °Brix son las pérdidas de Xw de la mora con RC+Ca durante el secado (Ramírez *et al.* 2013). Se considera que el efecto del S no es tan crítico, dado que los cambios observados están del orden de 0,4°Brix, aproximadamente.

En general, es deseable que los °Brix en las frutas sea alto (Grijalva *et al.* 2010) y, principalmente, en frutas ácidas, lo que mejora el balance dulzor-acidez. La mora de Castilla con estado de madurez 5 contiene entre 7,2 y 7,9 °Brix (ICONTEC, 1997). Oliveira *et al.* (2014) reportaron en mora fresca (7,5 °Brix), mora con RC a base de Q (7,3 °Brix) y mora con RC a base de almidón de tapioca al 2,5%. (7,4 °Brix). Por otro lado, la aplicación de RC a base de Q en mango troceado (Chien *et al.* 2007) y en fresas (Hernández-Muñoz *et al.* 2008), disminuyó la pérdida de Xw y aumentaron los °Brix.

En cuanto a los FT y la capacidad antioxidante, los valores medios obtenidos con RC+Ca (FT: 86,0 a 141,4mg AG/100g; ABTS = 574,9 a 1136,0mg Trolox/100g y DPPH = 238,2 a 384,1mg Trolox/100g), denotan diferencias significativas con respecto a los valores obtenidos para la mora fresca (FT:  $93,5 \pm 14,5$ mg AG/100g; ABTS:  $863,2 \pm 31,7$ mg Trolox/100g y DPPH:  $299,9 \pm 12,3$ mg Trolox/100g). Estas diferencias, igualmente han sido reportadas por López-Mata *et al.* (2012) en fresas con un RC a base de almidón, aceite de canela y Q. Esta situación identifica una influencia de los componentes del RC+Ca sobre la actividad antioxidante, donde se destaca, en principio, la CA (ABTS: 0,37 mM Trolox/L; DPPH: 180µM/L y FT: 0,21mM AG/L) (APAG, 2016) y el Q (ABTS: 0,026mmol Trolox/100mL; DPPH: 35% actividad antiradical) (García *et al.* 2014). La mora de Castilla es un fruto con una capacidad antioxidante relevante (Garzón *et al.* 2009), aportado por compuestos fenólicos, vitaminas, entre otros (López-Mata *et al.* 2012); sin embargo, la variabilidad observada podría estar siendo afectada por otros factores: estado de madurez, componentes del suelo, climatología, incidencia de la luz durante su crecimiento, entre otros (Rodríguez *et al.* 2010).

La superficie de respuesta de los FT (Figura 1) muestran que la mora con RC+Ca se potencia, principalmente, a bajos niveles de CA, AS y AS/G; por lo que, no hay una tendencia muy definida de los cambios observados. Por otro lado, el ABTS y el

DPPH presentaron mucha variabilidad, potenciándose el ABTS, especialmente, a bajos contenidos de CA y altos contenidos de AS y AS/G. Estos resultados podrían estar asociados a una influencia en la extracción metanólica, debido a la estructura molecular de los analitos presentes, que permiten que haya mayor proporción extraíble de estos compuestos con capacidad antioxidante. Otra causa de este aumento podría ser debido a la pérdida de agua que pudo experimentar la fruta, dando lugar a mayor concentración de los compuestos antioxidantes (Oliveira *et al.* 2014). Los compuestos fenólicos aportan una importante actividad antioxidante, asociada con alimentos de calidad, aceptabilidad y estabilidad. El contenido de FT reportado en esta investigación concuerda con los valores reportados por Ghasemnezhad *et al.* (2010) en albaricoque con RC a base de Q. Otros trabajos reportan que las frutas con RC+AS presentan una menor pérdida del contenido fenólico con respecto a la fruta fresca durante el almacenamiento, debido a la protección que ofrece el RC (Petriccione *et al.* 2015; Kerch *et al.* 2011; Kerch. 2015; Pérez-Gallardo *et al.* 2014).

En cuanto a la textura, se resalta que la mora con RC+Ca presentó una mayor resistencia mecánica que la mora fresca ( $Fr = 4,7 \pm 1,3$  N), fluctuando sus valores medios entre 8,08 y 14,28 N, lo cual, refleja, de manera importante, un mejoramiento contra los daños mecánicos del fruto. Esta situación denota un efecto importante de la relación AS-calcio, cuyas moléculas generan un sistema coloidal más complejo, dado que la emulsión se encontrará en un medio de baja fuerza de gel, debido a las altas relaciones mg calcio/g AS encontradas en las formulaciones (361,3 - 544,6) y ajustadas, según balances de materia, para alcanzar 100mg calcio /119g mora con RC+Ca. Bajo este contexto, la aplicación del RC+Ca sobre la superficie de la mora y el secado posterior, potencia la resistencia mecánica por la mayor cohesión de sus moléculas, además de potenciar también su valor nutricional al fortificar la mora por la adición del calcio. Algunos autores han reportado que la adición de calcio en RC genera una mayor resistencia mecánica, además de ser estables estructuralmente, también inhiben la pérdida de firmeza en frutas frescas (Hernández-Muñoz *et al.* 2008).

La textura de la mora con RC+Ca muestra que la resistencia mecánica del fruto se favorece a niveles bajos de S (0,14%) y altos niveles de CA (1%) y AS/G (3%), lo cual, puede ser atribuible a interacciones estructurales entre los componentes presentes del RC, que quedan atrapados en la red gelificada y seca AS-calcio que, a mayores contenidos de AS, reduce la relación mg calcio/g AS, favoreciendo una mayor fuerza de gel y mayor rigidez de la película seca adherida en la superficie del fruto. Por otro lado, la inclusión de plastificantes, como el G en la emulsión, mejora la flexibilidad y la funcionalidad de los RC, ayudando a mantener la firmeza de los frutos (Rojas-Graü *et al.* 2007). Se considera que el poder emulsificante del S, a concentraciones superiores, otorga una mayor estabilidad al sistema coloidal, confiriendo al fruto con RC+Ca una película uniforme con mejores características de firmeza, mejorando notablemente su textura.

Los valores medios del color fluctuaron para  $L^*$  (16,3-28,5),  $a^*$  (16,0-24,9) y  $b^*$  (4,5-14,5). Estos resultados denotan diferencias con respecto a la mora fresca ( $L^* = 23,6 \pm 0,5$ ;  $a^* = 21,4 \pm 6,0$  y  $b^*$

$= 7,12 \pm 2,5$ ), por lo que el RC+Ca confiere una percepción del color diferente que depende de la formulación del RC+Ca utilizada. Las superficies de respuesta de los parámetros de color (Figura 1) presentan curvaturas, debido a las interacciones cuadráticas, observándose mayores cambios en  $L^*$ , cuando existe un predominio de las interacciones en general y no de manera individual; para la mora, una percepción de mejor color se potencia a menores valores de  $L^*$ , para minimizar la blancura observada en la emulsión del RC+Ca; al mismo tiempo, la intensidad o saturación del fruto se favorece con la maximización de  $a^*$  y la minimización de  $b^*$ , confiriendo una tonalidad o matiz morado, acorde al fruto. En este contexto, las mejores formulaciones para  $b^*$  se dan con las interacciones CA-AS/G de (1%, 3) y (0,5%, 2), mientras que  $a^*$ , se da, principalmente, con la interacción de AS/G con CA, en (3, 0,5%) y con el AS en (3, 2%). Una de las posibles causas de los cambios de color observados podría ser atribuido al proceso de secado, debido a la modificación del índice de refracción de la superficie seca y porosa, que hace que la adsorción de luz sea menor e incrementa  $L^*$  cuando está más seca (Franceschinis *et al.* 2014). Algunos autores han reportado la conservación del color de los frutos durante el almacenamiento, utilizando RC+AS: Raybaudi-Massilia *et al.* (2008), en melón y Mantilla *et al.* (2012), en piña.

**Optimización.** La tabla 3 presenta los criterios fijados para cada variable dependiente en la optimización experimental de múltiples respuestas para la formulación del RC+Ca, donde se priorizó el peso e impacto de la Fr (>resistencia mecánica del fruto). Los resultados obtenidos fueron los siguientes: AS (2,85%), CA (1,0%), AS/G (2,00) y S (0,18%), con un valor de deseabilidad de 0,73. Por otro lado, se presentan los valores predichos por los modelos y los valores experimentales, obtenidos a partir de 3 réplicas realizadas a las condiciones óptimas, los cuales, presentaron, en la mayoría, un error residual bajo y aceptable (excepto color, ABTS y FT), lo que, valida, estos modelos, utilizando la función de deseabilidad. Se resalta un contenido de calcio equivalente a  $144,6 \pm 2,7$ mg calcio/200g de mora de Castilla, con RC+Ca ( $\approx 14,5 \pm 0,3\%$  VDR/200g).

El RC+Ca aplicado permitió obtener valores bajos de humedad y  $a_w$ , mientras que, en otros parámetros, como actividad antioxidante, Fr y  $^{\circ}$ Brix, se presentó aumento en los valores obtenidos. Este comportamiento es concordante con lo propuesto en la tabla 3. El RC+Ca aplicado en mora de Castilla tuvo un efecto positivo sobre la textura, la capacidad antioxidante y los FT; además, permitió obtener valores de pH,  $^{\circ}$ Brix y acidez, que cumplen con la norma técnica colombiana. Esta situación representa una alternativa eficaz para proteger la mora de Castilla contra los daños físicos que experimenta la fruta durante la etapa de postcosecha; además, para conservar su calidad, lo cual, podrá mejorar la vida útil durante el almacenamiento. Por otro lado, los RC+Ca se presentan como un vehículo para la fortificación con compuestos activos como calcio en matrices alimentarias, como la mora de Castilla.

**Conflicto de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.



Tabla 3. Optimización experimental de mora de Castilla con RC+Ca.

| Variable | Objetivo  | Peso | Impacto | Óptimo teórico | Valor experimental  | Error residual (%) |
|----------|-----------|------|---------|----------------|---------------------|--------------------|
| pH       | Maximizar | 0,6  | 3       | 2,76           | 2,69 ± 0,01         | 2,5                |
| Acidez   | Minimizar | 0,6  | 3       | 2,71           | 2,62 ± 0,08         | 3,3                |
| °Brix    | Maximizar | 0,6  | 3       | 8,80           | 8,07 ± 0,15         | 8,3                |
| Xw       | Minimizar | 0,6  | 3       | 83,64          | 83,7 ± 1,7          | 0,0                |
| aw       | Minimizar | 0,6  | 3       | 0,95           | 0,964 ± 0,01        | 1,5                |
| Fr       | Maximizar | 1,0  | 5       | 12,22          | 12,35 ± 0,74        | 1,0                |
| FT       | Maximizar | 0,6  | 3       | 93,77          | 105,32 ± 4,55       | 12,3               |
| DPPH     | Maximizar | 0,6  | 3       | 336,97         | 319,26 ± 9,45       | 5,2                |
| ABTS     | Maximizar | 0,6  | 3       | 825,08         | 962,73 ± 15,08      | 16,7               |
| L*       | Minimizar | 0,6  | 3       | 18,30          | 22,51 ± 0,71        | 23,0               |
| a*       | Maximizar | 0,6  | 3       | 26,53          | 8,47 ± 0,88         | 68,0               |
| b*       | Minimizar | 0,6  | 3       | 13,89          | 2,12 ± 0,37         | 84,7               |
| Ca       | Maximizar | ---- | ----    | ----           | 47,03mg Calcio/100g | ----               |

## REFERENCIAS

- ACEVEDO, F.; SOLIVA, R. 2017. Nanoemulsions as edible coatings. *Curr. Opin. Food Sci.* (Netherlands). 15:43-49. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2017.06.002>
- ALI, A.; MAQBOOL, M.; RAMACHANDRAN, S.; ALDERSON, P. 2012. Gum arabic as a novel edible coating for enhancing shelf-life and improving postharvest quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol Technol.* (Netherlands). 58:42-47. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.05.005>
- AOAC. 2012. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists. Arlington. 19th edition. Arlington, Virginia (USA). 684p.
- ASOCIACIÓN PROVINCIAL DE APICULTORES DE GRANADA-APAG. 2016. Descontaminación industrial de ceras. Valorización de la cera y sus subproductos. Informe final de investigación. (España). p.26. Disponible desde Internet en: <http://apinevada.com/media/files/news/Memoriafinal1.pdf> (con acceso el 18/01/2018).
- CARVALHO, C.; BETANCOUR, A. 2015. Quality characterization of Andean blackberry fruits (*Rubus glaucus* Benth.) in different maturity stages in Antioquia. *Agron Colomb.* (Colombia). 33(1):74-83. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v33n1.47132>
- CHIEN, P.; SHEU, F.; YANG, F. 2007. Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit. *J. Food Eng.* (England). 78(1):225-229. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.09.022>
- FALGUERA, V.; QUINTERO, J.; JIMÉNEZ, A.; MUÑOZ, J.; IBARZ, A. 2011. Edible films and coatings: Structures, active functions and trends in their use. *Trends Food Sci Technol.* (England). 22(6): 292-303. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.004>
- FRANCESCHINIS, L.; SALVATORI, D.M.; SOSA, N.; SCHEBOR, C. 2014. Physical and Functional Properties of Blackberry Freeze- and Spray-Dried Powders. *Dry Technol.* (USA). 32(2):197-207. <https://doi.org/10.1080/07373937.2013.814664>
- GALUS, S.; KADZIŃSKA, J. 2015. Food applications of emulsion-based edible films and coatings. *Trends Food Sci. Technol.* (England). 45(2):273-283. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.07.011>
- GARCÍA, M.; DE LA PAZ, N.; FERNÁNDEZ, M.; VALDÉZ, J. 2014. Evaluación de la actividad antioxidante de disoluciones de sales de quitosana. *Ciencia y Tecnología de Alimentos.* (Cuba). 24(3):62-66.
- GARZÓN, G.; RIEDL, K.; SCHWARTZ, S. 2009. Determination of anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant activity in Andes berry (*Rubus glaucus* Benth.). *J. Food Sc.* (USA). 74(3):227-232. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01092.x>
- GHASEMNEZHAD, M.; NEZHAD, M.; SOMAYEH, M. 2010. Changes in Postharvest Quality of Loquat (*Eriobotrya japonica*) Fruits Influenced by Chitosan. *Hort. Environ. Biotechnol.* (Korean). 52(1):40-45. <https://doi.org/10.1007/s13580-011-0028-5>

13. GRIJALBA, C.; CALDERÓN, L.; PÉREZ, M. 2010. Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (*Rubus glaucus*), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). Rev. Fac. Cienc. Básicas. (Colombia). 6(1):24-41.
14. HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; ALMENAR, E.; VALLE, V.D.; VELEZ, D.; GAVARA, R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage. Food Chem. (England). 110(2):428-435. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.020>
15. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN NORMA-ICONTEC. 1997. Norma técnica colombiana 4106. Frutas frescas. Mora de castilla. Especificaciones. Bogotá, Colombia. 13p.
16. KERCH, G.; SABOVICS, M.; KRUMA, Z. 2011. Effect of chitosan and chitooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage. Eur. Food Res. Technol. (Germany). 233:351-358. <https://doi.org/10.1007/s00217-011-1525-6>
17. KERCH, G. 2015. Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality: A review. Trends Food Sci. Technol. (England). 46(2):159-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.010>
18. KUMARI, M.; MAHAJAN, H.; JOSHI, R.; GUPTA, M. 2017. Development and structural characterization of edible films for improving fruit quality. Food Packaging and Shelf Life. (Alemania). 12:42-50.
19. LÓPEZ-MATA, M.; RUIZ-CRUZ, S.; NAVARRO-PRECIADO, C. 2012. Effect of chitosan edible coatings in the microbial reduction and conservation of the quality of strawberries. Biotecnia. (México). 14(1):33-43.
20. MA, L.; ZHANG, M.; BHANDARI, B.; GAO, Z. 2017. Recent developments in novel shelf life extension technologies of fresh-cut fruits and vegetables. Trends Food Sci. Technol. (Netherlands). 64:23-38. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.005>
21. MANNOZZI, C.; CECCHINI, J.P.; TYLEWICZ, U.; SIROLI, L. 2017. Study on the efficiency of edible coatings on quality of blueberry fruits during shelf-life. LWT - Food Sci. Technol. (USA). 85:440-444. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.056>
22. MANTILLA, N.; CASTELL-PEREZ, M.E.; GOMES, C.; MOREIRA, R.G. 2012. Multilayered antimicrobial edible coating and its effect on quality and shelf-life of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). LWT - Food Sci. Technol. (USA). 51(1):37-43. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.10.010>
23. MORENO, C.; ANDRADE, M.; TERÁN, A. 2016. Efecto del uso combinado de radiación uv-c y atmósfera modificada sobre el tiempo de vida útil de mora de Castilla. Rev Iberoam Tecnol Postcosecha. (México). 17(1):71-78.
24. OLIVEIRA, D.M.; KWIATKOWSKI, A.; ROSA, C.I.L.F.; CLEMENTE, E. 2014. Refrigeration and edible coatings in blackberry (*Rubus* spp.) conservation. J. Food Sci. Technol. (India). 51(9):2120-2126. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0702-3>
25. OSZMIAŃSKI, J.; NOWICKA, P.; TELESZKO, M.; WOJDYŁO, A.; CEBULAK, T.; OKLEJEWICZ, K. 2015. Analysis of phenolic compounds and antioxidant activity in wild blackberry fruits. Int. J. Mol. Sci. (Switzerland). 16:14540-14553. <https://doi.org/10.3390/ijms160714540>
26. PÉREZ-GALLARDO, A.; GARCÍA-ALMENDÁREZ, B.; BARBOSA-CÁNOVAS, G. 2014. Effect of starch-beeswax coatings on quality parameters of blackberries (*Rubus* spp.). J. Food Sci. Technol. (India). 52(9): 5601-5610. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1665-3>
27. PETRICCIONE, M.; PASQUARIELLO, M.; MASTROBUONI, F.; ZAMPELLA, L.; DI PATRE, D. 2015. Influence of a chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of loquat fruit during postharvest life. Sci. Hortic. (Netherlands). 197:287-296. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.051>
28. RAMÍREZ, J.; ARISTIZÁBAL I.; RESTREPO, J. 2013. Conservación de mora de Castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila. Vitae. (Colombia). 20(3):172-183.
29. RAYBAUDI-MASSILIA, M.; MOSQUEDA-MELGAR, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. 2008. Edible alginate-based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf-life and safety of fresh-cut melon. Int. J. Food Microbiol. (Netherlands) 121(3):313-327. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2007.11.010>
30. ROJAS-GRAÜ, A.; AVENA-BUSTILLOS, J.; OLSEN, C.; FRIEDMAN, M.; HENIKA, P.R.; MARTÍN-BELLOSO, O. 2007. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate-apple puree edible films. J. Food Eng. (England). 81(3):634-641. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.007>
31. RODRÍGUEZ, L.; LÓPEZ, L.; GARCÍA, M. 2010. Determinación de la composición química y actividad

- antioxidante en distintos estados de madurez de frutas de consumo habitual en Colombia, Mora (*Rubus glaucus* B.), Maracuyá (*Passiflora edulis*), Guayaba (*Psidium guajava* L.) Y Papayuela (*Carica cundinam*). Revista de Alimentos. (Colombia) 19(21):16-34.
32. RODRÍGUEZ, B.; ZULUAGA-PAVA, Y.; CRUZ-RIOS, D. 2012. Producto potencialmente simbiótico a partir de mora de castilla (*Rubus glaucus*) aplicando impregnación a vacío. Scientia Agropecuaria. (Colombia) 3:273-278.
33. TOSNE, Z.; MOSQUERA, S.; VILLADA, H. 2014. Efecto de recubrimiento de almidón de yuca y cera de abejas sobre el chontaduro. Biotecn. Sector Agropec. y Agroindustr. (Colombia). 12 (2):30-39.
34. VELICKOVA, E.; WINKELHAUSEN, E.; KUZMANOVA, S.; ALVES, V.; MOLDÃO-MARTINS, M. 2013. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv *camarosa*) under commercial storage conditions. LWT - Food Science and Technology. (England). 52(2):80-92. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.02.004>
35. VILLEGAS, C.; ALBARRACÍN, W. 2016. Conservación de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) mediante la aplicación de un recubrimiento comestible. Vitae. 23(1):727-730.
36. ZHANG, W.; XIAO, A.; QIANBA, L. 2014. Beeswax-chitosan emulsion coated paper with enhanced water vapor barrier efficiency. Appl. Surf. Sci. (Netherlands) 300:80-88. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.02.005>