

## Artículos de Investigación Científica y Tecnológica

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE MORA  
DE CASTILLA (*Rubus glaucus Benth*) EN SEIS  
ESTADOS DE MADUREZPHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION  
OF CASTILLA BLACKBERRY (*Rubus glaucus  
Benth*) IN SIX MATURITY STATESCARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE  
AMORA DE CASTIÇA (*Rubus glaucus Benth*)  
EM SEIS ESTÁGIOS DE MATURIDADELEIDY CAROLINA AYALA S.<sup>1</sup>, CLAUDIA PATRICIA VALENZUELA R.<sup>2</sup>, YANNETH BOHÓRQUEZ P.<sup>2</sup>**RESUMEN**

*El interés de productores, comercializadores y consumidores de la región por la mora de Castilla producida en el municipio de Ibagué y la poca información sobre sus cualidades dieron origen a la presente caracterización del fruto en seis estados de madurez. Los resultados morfológicos y fisicoquímicos indican que el grado óptimo de recolección es 5 atendiendo al buen índice de cosecha, firmeza, peso, sólidos solubles totales (SST), rendimiento y material insoluble en alcohol (MIA), en esta fase de maduración la acidez limita el crecimiento bacteriano no obstante persistan problemas fúngicos como Botrytis Cinérea. Así mismo, la cosecha en grados de madurez 4 y 6 no son viables, debido a bajo peso y volumen; y fragilidad estructural que con frecuencia incide en la lixiviación, fermentación y magullado de la fruta respectivamente. En general el análisis estadístico pone de manifiesto diferencias significativas entre grados de madurez respecto a peso, diámetro mayor, volumen, acidez, SST, minerales y MIA, ratificando la importante relación entre el momento de cosecha y estado de desarrollo del fruto debido a su incidencia directa en la calidad del producto y competitividad comercial.*

---

**Recibido para evaluación:** 18/07/2011. **Aprobado para publicación:** 14/10/2013

1 Ingeniero Agroindustrial. Joven Investigador e Innovador COLCIENCIAS – Grupo de Inv. CEDAGRITOL. Universidad del Tolima.

2 M.Sc. Ingeniería Agrícola. Docente – Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad del Tolima.

## ABSTRACT

*The local interest of producers, traders and consumers for the Castilla Blackberry produced in Ibagué city and lack information about its qualities is the reason of the current fruit's characterization evaluated in six maturity states. The morphological and physicochemical results indicate that the harvest optimum state was fifth, because its good index-harvest, firmness, weight, total soluble solids (TSS), yield and insoluble matter in alcohol (IMA), in this phase of maturation the high acidity limits bacterial growth, although fungal problems persisted like Botrytis Cinerea. However, the harvest in fourth and sixth state is not recommended, due to lower weight and volume; and structural fragility often produces lixiviation, fermentation and injury of the fruit respectively. In general the statistical analysis revealed significant differences between maturity degrees about weight, diameter greater, volume, acidity, TSS, minerals, and IMA, ratifying the importance of relation between development degree of the fruit and harvest time because its direct impact on product quality and commercial competitiveness.*

## RESUMO

*O interesse dos produtores, comercializadores e consumidores da região pela amora de Castilla produzida no município de Ibagué, além da pouca informação das suas qualidades deu origem à caracterização do fruto em seis diferentes estágios de maturidade. Os resultados morfológicos e físico-químicos indicam que o grau ótimo de colheita é o 5 atendendo ao índice de colheita, consistência, peso, sólidos solúveis totais (SST), rendimento e material insolúvel em álcool (MIA), nesta fase de maturação a acidez restringe o crescimento bacteriano, no entanto persistam problemas de fungos como no caso de Botrytis Cinérea. Do mesmo modo a colheita nos graus de maturação 4 e 6 não são viáveis, devido a seu baixo peso, volume e fragilidade estrutural que muitas vezes é incidente na lixiviação, fermentação e o machucado da fruta. Geralmente a análise estatística mostra diferença significativa entre o grau de maturação em relação ao peso, diâmetro maior, volume, acidez, SST, minerais e MIA, confirmando a importância da relação entre a colheita e o estado do desenvolvimento do fruto devido a sua incidência direta entre a qualidade do produto e a competitividade comercial.*

## INTRODUCCION

La economía de países latinoamericanos depende en gran medida de la producción y comercialización de productos agrícolas entre los cuales se destacan las frutas y hortalizas. Particularmente en Colombia la especie *Rubus glaucus* o mora de Castilla, es una de las más apetecidas para consumo en fresco e industrial [1]. Actualmente se cultiva en las estribaciones del centro y occidente del país, destacándose por productividad Cundinamarca, Tolima y Eje Cafetero [2]. Algunos autores mencionan que debido a factores pre-cosecha, como sistemas de propagación, condiciones climáticas, agrotécnicas y de selección [1, 3], se genera fruta con gran variedad de tamaño, color,

## PALABRAS CLAVE:

Índice de cosecha, Vida útil, Calidad comercial, Competitividad regional.

## KEYWORDS:

Index-harvest, Shelf-life, Commercial quality, Regional competitiveness.

## PALAVRAS CHAVE:

Índice de colheita, Vida útil, Qualidade comercial, Competitividade regional.

sólidos solubles, grado de infestación, consistencia y calidad heterogénea ofertada al mercado.

Estadísticas del Ministerio de Agricultura y el Plan Frutícola Nacional (PFN) registran para este fruto un permanente crecimiento en área cultivada y producción, con proyecciones de Incremento hasta del 94,1% en área sembrada para el 2026, equivalente a 20.631 hectáreas, comportamiento que evidencia las oportunidades del producto tanto para abastecimiento del mercado interno como para exportación [1]. El departamento del Tolima registra para esta fruta alta rotación comercial, incremento de área cultivada y vinculación apreciable de productores y jornaleros por ver en ella una alternativa agrícola rentable frente a otros cultivos [4].

La mora de castilla se caracteriza por ser un fruto no climatérico de vida útil muy corta [5], estructura morfológica frágil, alto contenido de compuestos orgánicos y bioactivos, es una fruta que enfrenta continuos cambios fisicoquímicos y de firmeza que afectan su aceptabilidad, calidad y tiempo de permanencia en anaquel. Es un producto que pone de manifiesto el inadecuado manejo durante las operaciones de pre-cosecha, cosecha, empaque, transporte, y venta a través de la generación de lixiviados, deformación, pérdida de pigmentación, fermentación y proliferación de hongos como *Botrytis Cinerea*, situación que en conjunto afectan su precio [4].

Estudios realizados en Colombia relacionados con esta fruta se han centrado principalmente en la comparación de rendimiento y calidad entre especies, valoración fisicoquímica del producto almacenado en atmósferas modificadas pasivas-activas, determinación de compuestos químicos y actividad antioxidante [1], [6], sin dar mayor importancia a los diferentes estados de madurez del fruto, su relación con la calidad y requerimientos comerciales.

No obstante, se evidencie un importante reconocimiento y evaluación de esta fruta en diversas regiones del país, los productores del Tolima aún desconocen características del fruto, relación entre grado de madurez-calidad y competitividad del producto. En consecuencia, se estableció el comportamiento fisicoquímico de la mora en diferentes grados de madurez, el grado de dispersión de estas variables, la relación entre componentes y calidad postcosecha, información que permitió precisar el punto óptimo de recolección, que servirá de sustento a futuros procesos de comercialización, investigación y desarrollo.

## MÉTODO

### Material vegetal

El producto fue recolectado en una unidad productiva del Cañón del Combeima, Municipio de Ibagué, zona ubicada entre 1800 y 2300 m.s.n.m, con temperatura media de 18°C, 87% de humedad relativa [4]. Los frutos empacados en tarrinas de Ptereftalato de Polietileno (PET) fueron transportados hasta las instalaciones del laboratorio de Postcosecha de la Universidad del Tolima y almacenados en refrigeración (3°C) para su posterior análisis fisicoquímico y morfológico.

### Análisis fisicoquímico

Se evaluaron parámetros de longitud, diámetros, volumen, peso, densidad, rendimiento, cenizas, porcentaje de humedad y materia insoluble en alcohol (MIA), empleando 25 frutos por muestra y grado de madurez analizado, según Cuadro 1.

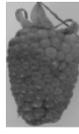
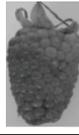
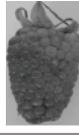
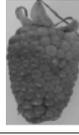
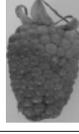
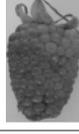
La medición de longitud, diámetro mayor y menor se realizó con empleo de un calibrador HOPEX, el peso se determinó en balanza de precisión electrónica HR-200 Marca A & D, con capacidad de 210 g  $\pm$  0,0001 g., la densidad y volumen real fueron determinados según metodologías reportadas por Alzate y otros autores [7].

El rendimiento de fruta por grado de madurez y participación de componentes (pulpa, semilla receptáculo), se efectuó a partir de la extracción y cuantificación del zumo, lavado y decantación del residuo remanente hasta separación completa de semillas, tricomas y restos de pulpa, así como separación manual de cáliz y receptáculos en frutos enteros. Los porcentajes de estos componentes se definieron mediante balance de materia de la operación.

La determinación de humedad se llevó a cabo por método gravimétrico 930.15/90 de la AOAC [8]; para lo cual, se utilizó una estufa marca WTB BINDER modelo ED 53. La determinación de cenizas se realizó por incineración con método 940.26/90 de la AOAC [8], utilizando una mufla Thermolyne modelo F6000. El índice de madurez se obtuvo a través de la relación entre el valor mínimo de Sólidos Solubles Totales (SST) y el valor máximo de acidez [9].

El material insoluble en alcohol (MIA) se determinó según la metodología referenciada por Farinango [10], modificada en la velocidad y tiempo de centrifugación

**Cuadro 1.** Clasificación por grado de madurez

GM*	Características	
GM 1	Fruto de color amarillo verdoso con ¼ de área rosado	
GM 2	Frutos con mitad de área amarillo verdoso y mitad rosada	
GM 3	Fruto de color rojo	
GM 4	Fruto de color rojo con ¼ de área rojo intenso	
GM 5	Fruto con mitad de área roja y mitad morada	
GM 6	Fruto morado oscuro	

\* Grado de Madurez.

Fuente. Autores con base en la norma NTC 4106 [8].

(6000 rpm/25 min.), además del solvente utilizado (Alcohol 96%, acidificado al 1% con HCl).

El contenido de sólidos solubles, pH y Acidez titulable se determinó según metodologías reportadas por Icontec para Jugos y productos de frutas y hortalizas [11]. La medición del pH se realizó con potenciómetro marca SCHOTT modelo CG 820 a temperatura de referencia de 20°C y la acidez titulable se reportó en porcentaje de ácido málico.

### Procesamiento de datos

La información obtenida por triplicado, fue tabulada y evaluada a través de análisis de varianza ANOVA, empleando diferencias mínimas significativas (LSD) de Fisher como método de comparación múltiple, con un nivel de confianza del 95,0%, en algunos casos se

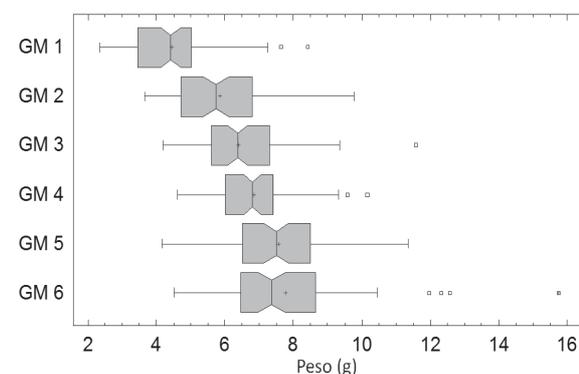
aplicó modelo de calibración para establecer relaciones entre variables. Dichos análisis se realizaron con el paquete estadístico Statgraphics Centurion Versión XV.II.

## RESULTADOS

Los resultados del análisis físico implementados a la mora de castilla, como indicadores del crecimiento [12], desarrollo y calidad, evidencian variaciones en cuanto al peso unitario entre 2,34 y 15,74 g., señalando un leve descenso en el grado de madurez 6, atribuible al cambio estructural en las protopectinas insolubles presentes en las paredes celulares, que durante la maduración se hidrolizan generando ácidos pecticos y pectinicos inducen al ablandamiento de tejidos, liberación de agua y pérdida de compuestos aromáticos de alta volatilidad [13]. En este caso y atendiendo a las características morfológicas del fruto no se excluye el efecto que de igual manera pueda tener la actividad metabólica del fruto, especialmente pérdida de agua por transpiración y las alteraciones físicas. El análisis de varianza identificó diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) a nivel de medias, ratificándose en la prueba múltiple de rangos (Figura 1) que discriminó las medias del peso en los diferentes grados de madurez con excepción del contraste entre los estados 3 - 4 y 5 - 6. La semejanza del peso de la fruta en las etapas finales de desarrollo del fruto (5 y 6) permite inferir que sus diferencias se enmarcan en otras características fisicoquímicas tales como contenido de ácidos, humedad, minerales, material insoluble en alcohol, entre otros factores de importancia a nivel sensorial, nutricional y comercial.

La variación longitudinal, diámetro mayor y diámetro menor registrado en el Cuadro 3, presentan un incre-

**Figura 1.** Gráfico de cajas y bigotes del peso por GM



mento promedio del 28% del diámetro mayor respecto del menor, y un 41% de la longitud respecto a la media de los diámetros. En los estados de madurez 1 al 3, no se presentan diferencias significativas entre diámetros, por lo cual la fruta tiende a ser esférica, a partir del grado 4 la tendencia a presentar mayor diferencia entre diámetros y longitud define la forma cónica característica de la fruta. Los valores promedio de estas variables indican que la mora producida en el Cañón del Combeima se clasifica en Calibres B y C de acuerdo a la normatividad nacional [14], aspectos considerados de importancia a nivel local para el diseño de nuevas alternativas de empaque, mejoramiento de calidad y estrategias de comercialización.

La longitud presenta una relación directa estadísticamente significativa respecto al peso unitario de los frutos, al relacionar dichos factores mediante un modelo lineal se presentó un coeficiente de determinación del 43% indicando que dicho porcentaje de la variabilidad en la longitud es explicada por el peso, comportamiento análogo al registrado entre diámetro mayor y peso, obteniéndose  $P < 0,05$  y coeficiente de determinación  $R^2 = 46\%$ . La dispersión de los datos indica que la longitud es el factor que más varía en el tamaño de los frutos. El ajuste al modelo lineal arrojó las siguientes ecuaciones (Ec.1 y Ec.2):

$$\text{Longitud} = 1,6212 + (1,21764 \times \text{Peso}) \quad (\text{Ec.1})$$

$$\text{Diámetro Mayor} = 13,9648 + (0,791432 \times \text{Peso}) \quad (\text{Ec.2})$$

*Longitud (mm), Peso (g), Diámetro Mayor (mm)*

El volumen como variable de especial interés por su correlación con el desarrollo de los frutos, en este caso registró valores de 2 a 13 cm<sup>3</sup> (Cuadro 3), definiendo cuatro grupos homogéneos entre los valores medios de cada grado de madurez que permiten considerar como punto de recolección adecuado el grado de madurez 5, donde el producto además registra mayor firmeza, facilitando su manipulación. En cuanto a la densidad, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre medias con el 95,0% de confianza, atribuibles a la similitud de valores correspondientes a peso unitario y volumen (Cuadro 3).

Los componentes del fruto conformados por el conjunto de achenios y receptáculo carnosos presentaron un rango entre 81,6% y 93,3%, generando un rendi-

miento en mesocarpio exento de receptáculo de alrededor de 62% a 74%. Comportamiento que se ve afectado por el tamaño, consistencia y contenido péctico del receptáculo, que no se desintegra completamente en los primeros grados de madurez e inicia su aporte al rendimiento en pulpa en grados avanzados de la fruta, la representación del porcentaje en peso de semillas también se reduce con la maduración producto del aumento de tamaño y evolución fisiológica (Cuadro 2).

En términos generales el contenido de humedad de los frutos presentó un comportamiento irregular con tendencia ascendente registrando contenidos de agua superiores al 85%, atribuible al cumplimiento del ciclo biológico de los frutos en las fases de crecimiento y maduración, así como la respiración [15]. El ANOVA demuestra que no existe una diferencia estadísticamente significativa ( $P = 0,18$ ) entre medias de la humedad para los estados de madurez evaluados.

Entre tanto, el contenido máximo de minerales en la mora de la zona fue de 0,85%, valor que reafirma e incluso supera lo expuesto por algunos autores [16, 17]. El material inorgánico (Cuadro 3) no presentó diferencias significativas a nivel de medias ( $P = 0,06$ ) con un 95,0% de confianza. De acuerdo al LSD de Fisher se identificaron tres grupos de medias homogéneas: el primero conformado por los grados de madurez 1, 2, 3, 5; el segundo por el grado 4 y el tercero por el grado de madurez 6 en donde se registra el máximo contenido de minerales.

**Cuadro 2.** Componentes de la mora de Castilla por grados de madurez.

GM	Mesocarpio %(p/p)*	Semilla %(p/p)*	Receptáculo %(p/p)*
1	63,68 ± 0,88a	17,85 ± 0,88a	18,47 ± 0,13a
2	71,07 ± 2,41b	12,05 ± 2,41b	16,88 ± 0,53b
3	73,28 ± 1,10b	12,91 ± 1,10b	13,81 ± 0,91c
4	73,42 ± 1,81b	10,72 ± 1,81b	15,86 ± 1,25b
5	79,50 ± 0,80c	7,97 ± 0,80c	12,53 ± 0,40c
6	82,02 ± 1,37c	7,66 ± 1,37c	10,32 ± 0,63d

\* Letras en el Superíndice indican diferencias estadísticamente significativas con LSD de Fisher al 95,0% de confianza.

**Cuadro 3.** Parámetros fisicoquímicos de mora de Castilla producida en el Cañón del Combeima Municipio de Ibagué

Parámetro	Grado de Madurez					
	1	2	3	4	5	6
<b>Peso (gr)</b>	4,44 ±1,22	5,85 ±1,30	6,40 ±1,29	6,85 ±1,16	7,58 ±1,48	7,77 ±1,98
<b>Longitud (mm)</b>	26,23 ±3,32	28,47 ±3,50	27,96 ±3,08	27,29 ±2,87	28,09 ±3,49	27,05 ±3,68
<b>Diámetro mayor (mm)</b>	17,17 ±2,33	19,56 ±1,87	19,49 ±1,47	18,81 ±1,63	19,32 ±1,68	20,22 ±2,31
<b>Diámetro menor (mm)</b>	12,59 ±1,34	12,55 ±1,92	12,63 ±1,42	12,71 ±1,76	12,09 ±1,24	12,10 ±1,69
<b>Volumen (cm<sup>3</sup>)</b>	4,57 ±1,31	6,04 ±1,38	6,31 ±1,27	6,81 ±1,25	7,55 ±1,48	7,49 ±1,80
<b>Densidad (gr cm<sup>-3</sup>)</b>	0,98 ±0,10	0,97 ±0,06	1,02 ±0,07	1,01 ±0,07	1,01 ±0,07	1,04 ±0,04
<b>pH</b>	2,80 ±0,01	2,67 ±0,01	2,66 ±0,0	2,71 ±0,01	2,65 ±0,01	2,88 ±0,01
<b>Acidez</b>	3,41 ±0,02	3,96 ±0,04	3,77 ±0,01	3,23 ±0,05	2,83 ±0,03	2,25 ±0,15
<b>(%Acido Málico) % SST (°Bx)</b>	4,80 ±0,00	5,13 ±0,12	5,93 ±0,12	6,93 ±0,12	7,93 ±0,12	8,00 ±0,00
<b>Índice de Madurez (°Bx/%AT)</b>	1,41 ±0,01	1,30 ±0,04	1,57 ±0,03	2,15 ±0,03	2,80 ±0,07	3,57 ±0,25
<b>Humedad (%p/p)</b>	86,53 ±0,42	86,17 ±0,58	85,05 ±0,99	86,89 ±0,83	86,42 ±1,27	88,76 ±0,53
<b>Materia Seca (%p/p)</b>	13,47 ±0,42	13,83 ±0,58	14,95 ±0,99	13,12 ±0,83	13,58 ±1,27	11,25 ±0,53
<b>Minerales (%p/p)</b>	0,42 ±0,01	0,42 ±0,00	0,46 ±0,01	0,53 ±0,08	0,42 ±0,06	0,85 ±0,07
<b>Mat. Orgánica (%p/p)</b>	99,58 ±0,01	99,58 ±0,00	99,54 ±0,01	99,47 ±0,08	99,58 ±0,06	99,15 ±0,07
<b>MIA (gr/100 gr BS)*</b>	48,78 ± 0,24	61,04 ±3,05	48,07 ±0,81	57,27 ±0,58	50,83 ±1,70	62,76 ±5,55

\* Material Insoluble en Alcohol (gramos por cada 100 gramos de Fruta seca)

Así mismo, la materia seca representada por compuestos químicos constituyentes del tejido vegetal a excepción del agua, como hidratos de carbono, compuestos nitrogenados y lipídicos, minerales, vitaminas, fibra y ácidos orgánicos, mantuvo al igual que el contenido de materia orgánica una tendencia irregular con variabilidad considerable. Como se observa en el Cuadro 3 los frutos con menor contenido de materia seca y materia orgánica son los que contienen mayor porcentaje de humedad y minerales que para este caso corresponden al mayor grado de madurez, aspecto importante a tener en cuenta en procesos industriales y elaboración de productos funcionales.

Otra variable de importancia evaluada fue el contenido de carbohidratos insolubles en alcohol (MIA), representados por fibra o polímeros estructurales de la pared celular como celulosa, lignina y pectina [18]. Los resultados evidencian una alta dispersión con diferencias significativas a nivel de medias, conformándose en la prueba múltiple de rangos dos grupos homogéneos por grados de madurez conformados por los grados de madurez (2-4-6 y 1-3-5). Comportamiento atribuido a un heterogéneo desarrollo y maduración de los frutos en la planta que promueve cambios fisicoquímicos y fisiológicos en cada fruto.

La caracterización química de los frutos en diferentes grados de madurez permite identificar diferencias relevantes a la hora de establecer criterios de selección y madurez de cosecha en función del manejo, almacenamiento y uso final.

En este sentido, el contenido de sólidos solubles totales presentó un incremento directamente proporcional al grado de madurez. Conducta atribuible a la conversión de ácidos orgánicos en azúcares [19] o la reserva de carbohidratos de la planta por baja capacidad fotosintética del fruto [11]. Para este aspecto, el ANOVA indicó que existen diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) de medias entre grados de madurez, exceptuando los SST en grados 5 y 6, condición que permite aludir la posibilidad de recolección en grado de madurez 5 para frutos con destino a mercado en fresco y procesado. Los valores obtenidos para dicha variable difieren de los reportados en la norma NTC 4106 [14]; Así mismo, si se considera la clasificación sugerida para frutos cítricos, se concluye que la mora de castilla producida en el Cañón del Combeima al presentar SST de 8°Brix corresponde a una fruta con bajo contenido de azúcares [20]. Cabe resaltar que la condición de respiración del fruto, que lo caracteriza como no climatérico incide en este parámetro, ya que

se ve afectada durante el desarrollo y maduración la síntesis de azúcares y otros compuestos, aun cuando se presentan cambios en la coloración.

La relación °Bx / Acidez titulable indicativo del estado de madurez de los frutos así como de la calidad organoléptica de los mismos, presentó tendencia ascendente, con máximo incremento (22%) entre los estados 5 y 6 (Figura 5). Comportamiento que coincide con los resultados de Rojas y otros autores [11] para fruta producida en otras regiones del país. El análisis de varianza establece diferencias significativas a nivel de medias ( $p < 0,05$ ) para dicha relación. Al relacionar este factor con la acidez titulable mediante un modelo de calibración (Doble cuadrado), se indicó que existe una relación estadísticamente significativa entre estos dos factores ( $P < 0,05$ ). De igual manera, el Coeficiente de determinación  $R^2$  indica que el 73,4% de la variabilidad en los SST es explicada por el comportamiento de la acidez, lo que implica que existen otras variables que inciden sobre el contenido de azúcares del producto. Por lo anterior y considerando un coeficiente de correlación de 0,86 y un error estándar del estimado de 8,95, se indicó como ecuación ajustada para los SST (Ec.3).

$$SST = \sqrt{(85.6467 - 3.91006 \times \%Acidez^2)}$$

$SST$  : Sólidos solubles Totales (°Bx)  
%Acidez (%Acido Máfico) Ec.(3)

El pH valorado presentó un rango de valores entre 2,64 y 2,88, con diferencias significativas entre el promedio de cada nivel de madurez, manifestado en el análisis de varianza ( $P < 0.05$ ), comportamiento que obedece a los cambios bioquímicos naturales en el fruto durante el proceso de maduración, en los primeros estados de madurez el aumento en la concentración de ácidos orgánicos u otros compuestos aportantes de hidrogeniones, entre tanto, el ligero incremento de pH a partir del estado 4, se atribuye a la actividad de enzimas específicas que promueven la acumulación de sacarosa y glucosa durante el llenado de frutos, haciendo que la concentración de  $H^+$  a nivel vacuolar disminuya durante las últimas fases de maduración [16]. Respecto al comportamiento variables de este parámetro en los grados de madurez finales (4, 5 y 6) se considera que puede estar relacionado con el aumento de la tasa respiratoria, el contenido de azúcares y pigmentos, durante la maduración y senescencia [6].

Respecto del contenido de ácidos orgánicos representados con el porcentaje ácido málico presentó una

tendencia descendente opuesta al pH a medida que el fruto avanzó en desarrollo y maduración; conducta indicada en algunos estudios, como la actividad de las deshidrogenasas y empleo de ácidos orgánicos como sustratos de la respiración para síntesis de nuevos componentes durante la maduración [16]. El ANOVA para esta variable indica que existe una diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) entre las medias de acidez y el nivel de Madurez.

## CONCLUSIONES

Los resultados demostraron que los índices de madurez permiten establecer de manera confiable el momento oportuno de recolección por acumulación de componentes orgánicos y definición de parámetros físicos como peso, tamaño y forma, aspectos relevantes durante el manejo postcosecha y comercialización del fruto.

Las pruebas instrumentales de valoración fisicoquímica indican que la recolección y comercialización de este fruto debe realizarse en estado de madurez fisiológico 5 teniendo en cuenta que en este punto se alcanza la máxima acumulación de ácidos, sólidos solubles y desarrollo; no obstante su comercialización se efectúe en grado 6 donde la resistencia a la compresión disminuye de manera considerable y el color del fruto no es el más agradable.

Esta caracterización de frutos de mora permitió clasificar el producto como pulposo, jugoso, ácido, bajo en sólidos solubles, rico en pigmentos y sustancias pecticas coincidiendo con la evaluación de los grados de madurez 5 y 6 de otros autores en fruta proveniente de otras regiones del país e incluso del Ecuador, lo cual evidencia la competitividad del producto local para el mercado en fresco y elaboración de procesados.

Por su alta humedad y contenido de nutrientes podría considerarse como un medio de crecimiento apropiado para el desarrollo microbiano, sin embargo, su elevada acidez en el momento de cosecha reduce la incidencia de bacterias.

La clasificación de color propuesta en la norma Icontec y la observación del porcentaje de área coloreada facilita a los productores y comunidad en general unificar criterios de selección en el momento de la recolección en campo, así como obtener resultados de investigación más confiables y homologables.

## REFERENCIAS

- [1] GRIJALBA, C.M., CALDERÓN, L.A. y PÉREZ, M.M. Rendimiento y calidad de la fruta en mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.), con y sin espinas, cultivada en campo abierto en Cajicá (Cundinamarca, Colombia). Facultad de ciencias básicas, 6 (1), 2010, p. 24-41.
- [2] COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Anuario estadístico de frutas y hortalizas 2004-2008 y sus calendarios de siembras y cosechas. Bogotá (Colombia): 2009, 301 p.
- [3] CANCINO-ESCALANTE, G.O., BARBOSA, D.S. y CARVAJAL, C.D. Diversidad genética de especies silvestres y cultivadas de *Rubus* L. de los municipios de Pamplona y Chitagá, región Nororiental de Colombia. Bistua, 10 (1), 2012, p. 80-89.
- [4] BOHÓRQUEZ, Y. Evaluación y proyección de desarrollo tecnológico en el manejo postcosecha de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth.) en la cuenca del cañón del Combeima en Ibagué [Tesis de maestría en Ingeniería Agrícola]. Bogotá (Colombia): Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, 2006, 300 p.
- [5] FREIRE-SALAZAR, V.H. Alternativas de mejora en el manejo poscosecha y comercialización de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) proveniente de la provincia de Tungurahua [Tesis de pregrado en Ingeniería Agroindustrial]. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2012, 122 p.
- [6] RODRÍGUEZ, L., LÓPEZ, L. y GARCÍA, M. 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* S.), guayaba (*Psidium guajava* L.) y papayuela (*Carica cundinamarcensis* J.). Alimentos hoy, 0 (21), 2010, p. 35-42.
- [7] ALZATE, A.C., MAYOR, N. y MONTOYA, S. Influencia del manejo agronómico, condiciones edáficas y climáticas sobre las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de la mora (*Rubus glaucus* Benth.) en dos zonas de la región centro sur del departamento de Caldas. Revista Agronomía, 18 (2), 2010, p. 37-46.
- [8] UNITED STATES OF AMERICA. AOAC INTERNATIONAL. Official Methods of Analysis. 6 ed. Maryland (USA): AOAC International, 1997.
- [9] ROJAS, J.M., PEÑUELA, A.E., GÓMEZ, C.E., ARISTIZÁBAL, G.E., CHAPARRO, M.C. y LÓPEZ, J.A. Caracterización de los productos hortofrutícolas Colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad. Bogotá (Colombia): Cenicafé – Federación Nacional de cafeteros de Colombia – Sena, 2004, p. 44-49.
- [10] FARINANGO, M.E. Estudio de la fisiología postcosecha de la mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth) y de la mora variedad Brazos (*Rubus sp.*) [Tesis de pregrado en Ingeniería Agroindustrial]. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2010, 142 p.
- [11] AYALA-SÁNCHEZ, L.C., VALENZUELA, C.P., y BOHORQUEZ, Y. Efecto de un recubrimiento comestible a base de alginato de sodio y iones de calcio sobre la calidad de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth). Vitae, 19 (1), 2012, p. S129-S131.
- [12] ROJAS, P.C., PÉREZ, M., COLINAS, M.T., SAHAGÚN, J. y AVITIA, E. Modelos matemáticos para estimar el crecimiento del fruto de Chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P). Chapingo Serie Horticultura, 14 (3), 2008, p. 289-294.
- [13] FIGUEROA, C.R., ROSLI, H.G., CIVELLO, P.M., MARTÍNEZ, G.A., HERRERA, R. y MOYA-LEÓN, M.A. Changes in cell wall polysaccharides and cell wall degrading enzymes during ripening of *Fragaria chiloensis* and *Fragaria ananassa* fruits. Scientia Horticulturae, 124 (4), 2010, p. 454-462.
- [14] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Frutas Frescas. Mora de Castilla: Especificaciones (NTC 4106). 1 ed. Bogotá (Colombia): ICONTEC, 1997, 13 p.
- [15] ALVAREZ, J.G., GALVIS, J.A. y BALAGUERA, H.E. Determinación de cambios físicos y químicos durante la maduración de frutos de champa (*Campomanesia lineatifolia* R. & P.). Agronomía Colombiana, 27 (2), 2009, p. 253-259.
- [16] MONTALVO, D.A. Evaluación de la calidad poscosecha de las accesiones seleccionadas de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) provenientes de las provincias de Tungurahua y Bolívar [Tesis de pregrado en Ingeniería Agroindustrial]. Quito (Ecuador): Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2010, 174 p.
- [17] AMORES-VIZUETE, D.D. Evaluación Nutritiva y Nutraceútica de la Mora de Castilla (*Rubus glaucus*) Deshidratada por el Método de Liofilización

- y Comparación con la Obtenida por Deshidratación en Microondas y Secador en Bandejas [Tesis de pregrado en Bioquímica Farmacéutica]. Riobamba (Ecuador): Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ingeniería Ciencias, 2011, 91 p.
- [18] KOSMALA, M., MILALA, J., KOŁODZIEJCZYK, K., MARKOWSKI, J., MIESZCZAKOWSKA, M., GINIES, C. and RENARD, C.M. Characterization of cell wall polysaccharides of cherry (*Prunus cerasus* var. Schattenmorelle) fruit and pomace. *Plant foods for human nutrition*, 64 (4), 2009, p. 279-285.
- [19] RINCON, M.C., BUITRAGO, C.M., LIGARRETO, G.A., TORRES, W.S. y BALAGUERA, H.E. Comportamiento del Fruto de Agrad (*Vaccinium meridionale* Swartz) Cosechado en Diferentes Estados de Madurez y Almacenado en Refrigeración. *Revista Facultad Nacional de Agronomía. Medellín*, 65 (2), 2012, p. 6615-6625.
- [20] LLÁCER, J. La calidad interna en los cítricos de mesa. *Infopost.*, 23 (2), 2008 [Online]. Available: <http://www.fomesa.com/Fruitech/boletines/INFOPOST%2023.pdf> [Citado 13 de Marzo de 2011].