



Ciencia, Docencia y Tecnología

ISSN: 0327-5566

cdyt@uner.edu.ar

Universidad Nacional de Entre Ríos
Argentina

Zapata, L.M.; Malleret, A.D.; Quinteros, C.F.; Lesa, C.E.; Vuarant, C.O.; Rivadeneira, M.F.; Gerard, J.A.

Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración

Ciencia, Docencia y Tecnología, vol. XXI, núm. 41, noviembre, 2010, pp. 159-171

Universidad Nacional de Entre Ríos

Concepción del Uruguay, Argentina

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14515335008>

- [Cómo citar el artículo](#)
- [Número completo](#)
- [Más información del artículo](#)
- [Página de la revista en redalyc.org](#)

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Estudio sobre cambios de la firmeza de bayas de arándanos durante su maduración

Zapata, L.M.*; Malleret, A.D.*; Quinteros, C.F.*; Lesa, C.E.**; Vuarant, C.O.***;

Rivadeneira, M.F.****; Gerard J.A.*****

Resumen

Se estudiaron los cambios de firmezas de arándanos durante su maduración. Se trabajó con texturómetro (Texture Analyzer TA-XT2i) sobre las variedades O'Neal, Misty, Reveille y Emerald, producidas en la región de Santo Grande (Argentina). Los parámetros de textura disminuyeron a medida que las bayas desarrollaron su coloración característica, lo que indicaría que la firmeza disminuye con la maduración. En bayas maduras, la fuerza máxima tomó valores: 1,53; 1,94; 1,56 y 1,83N en O'Neal, Misty, Reveille y Emerald, respectivamente; pendiente: 0,46; 0,62; 0,44 y 0,50N/mm; área: 1,76; 2,57; 2,20 y 2,30N mm; curvatura: -0,13; -1,07; -0,25 y -0,13N/mm y fuerza final: 0,36; 0,47; 0,39 y 0,75N. Como valores más altos indican bayas más firmes, se puede concluir que Misty presentó mejor textura, seguida de Emerald, O'Neal y Reveille.

Palabras clave: tecnología de alimentos, arándanos, textura

Artículo derivado de un proyecto de investigación de director novel, Directora: LM Zapata, 2007-2009, Facultad de Ciencias de la Alimentación, Universidad Nacional de Entre Ríos -UNER- (Concordia, Argentina), financiado por UNER; recibido en julio 2009, admitido en agosto 2010.

Autores: *Química Orgánica I, Facultad de Ciencias de la Alimentación, UNER. **Química Orgánica II y Laboratorios de Análisis Físicos y Químicos de Alimentos, Fac. Cs. de la Alimentación, UNER. *** Trabajo Final de Laboratorio y Química Analítica I, Fac. Cs. de la Alimentación, UNER. **** INTA Estación Experimental Concordia. ***** Físicoquímica y Operaciones Unitarias I, Fac. Cs. de la Alimentación, UNER (Concordia, Argentina). E-mail: zapatam@fcal.uner.edu.ar

A study of changes in firmness of blueberries during ripening

Abstract

Changes in firmness of blueberries during ripening were studied. O'Neal, Misty, Reveille and Emerald varieties of blueberries produced in the Salto Grande Region (Argentina) were analyzed using a TA-XT2i Texture Analyzer. Texture parameters decreased as the typical blueberry colour was developed. This fact would indicate that firmness decreases with maturation. Ripe blueberries showed maximum force values of 1,53; 1,94; 1,56 and 1,83N in O'Neal, Misty, Reveille and Emerald: slope 0,46; 0,62; 0,44 and 0,50N/mm; area: 1,76; 2,57; 2,20 and 2,30N mm; curvature: -0,13; -1,07; -0,25 and -0,13N/mm, final force: 0,36; 0,47; 0,39 and 0,75N respectively. Results indicate that the Misty variety showed the best texture, followed by Emerald, O'Neal and Reveille as higher values indicate firmer blueberries.

Keywords: food technology, blueberries, texture

Estudo sobre mudanças na firmeza de frutos de mirtilo durante sua maturação

Resumo

Estudaram-se as mudanças de firmezas de mirtilos durante sua maturação. Trabalhou-se com texturômetro (Texture Analyzer TA-XT2i) sobre as variedades O'Neal, Misty, Reveille e Emerald, produzidas na região de Santo Grande (Argentina). Os parâmetros de textura diminuíram à medida que os frutos desenvolveram sua coloração característica, o que indicaria que a firmeza diminui com a maturação. Em frutos maduros, a força máxima atingiu valores: 1,53; 1,94; 1,56 e 1,83N em O'Neal, Misty, Reveille e Emerald, respectivamente; pendente: 0,46; 0,62; 0,44 e 0,50N/mm; área: 1,76; 2,57; 2,20 e 2,30N mm; curvatura: -0,13; -1,07; -0,25 e -0,13N/mm e força final: 0,36; 0,47; 0,39 e 0,75N. Como valores mais altos indicam frutos mais firmes, pode-se concluir que Misty apresentou melhor textura, seguida de Emerald, O'Neal e Reveille.

Palavras chave: tecnologia de alimentos, mirtilos, textura

I. Introducción

La firmeza es un atributo de la textura de las frutas y vegetales que está relacionada con el punto de cosecha, la calidad para su comercialización y el procesamiento. Este atributo está ligado con los cambios físico-químicos y estructurales del material biológico [1].

Se define la firmeza de un material como la fuerza necesaria para romper los tejidos carnosos, y está vinculada con los diferentes estados durante el proceso de maduración; por lo tanto la firmeza de la fruta es considerada como un buen indicativo de la madurez. Esta depende del estado de la fruta en el momento de recolección, de la temperatura y forma de almacenamiento y puede relacionarse con el color externo [2]. Es deseable que las frutas, una vez cosechadas, mantengan un alto grado de resistencia mecánica para protegerlas de los daños durante su manipulación posterior a la cosecha.

La firmeza es un atributo importante en los arándanos, dado que alrededor del 71% de su producción en Argentina se destina a Estados Unidos, el 12% al Reino Unido, el 9% a los Países Bajos, el 3% a Francia, el 2% a Canadá y el 3% restante a otros países. Debido a que estos frutos son muy perecederos, es importante trabajar en el aseguramiento de su calidad durante el crecimiento, la recolección, el embalaje, almacenamiento, transporte y distribución hasta el consumidor. Una baya firme es signo de fresca y permite asegurar un mayor período de almacenamiento y una mejor llegada a destino. Por el contrario, se sabe que el ablandamiento aumenta la susceptibilidad al daño mecánico y al ataque de patógenos [3].

La pared celular de la fruta va cambiando la textura de ésta, haciéndola cada vez más blanda a medida que madura. Esto se puede medir a través de funciones como fuerza, tiempo y distancia [4]. En las frutas y hortalizas, la textura es función de la estructura de los tejidos, del contenido de agua, la turgencia de las células y la composición de la pared celular. Alteraciones en la textura suceden normalmente durante el crecimiento y desarrollo de los productos hortícolas, e implican en buena parte alteraciones genéticamente programadas en la estructura de la pared celular [5].

No existen, para arándanos, métodos objetivos estandarizados para la medición de la textura. El protocolo de calidad para arándanos frescos señala como requisito de calidad diferenciada que las bayas deben tener la condición de fruta firme al tacto [6].

Diferentes investigaciones han determinado el desarrollo de métodos de medición de textura para bayas de uva y, a la vez, dentro de cada método, se han medido distintas variables como parámetros de textura [7]. Una alternativa es el método de punción de la baya, el cual implica la penetración de ésta por una sonda.

Según Mohsenin, los frutos pueden considerarse como materiales de ingeniería de naturaleza anisotrópica [8]. El comportamiento mecánico que pueden exhibir los frutos no es perfectamente elástico ni perfectamente plástico [8, 9]. Por otra parte, como señala Peleg, las propiedades reológicas de un material biológico están en función de su composición bioquímica y su estructura física con alta dependencia del factor tiempo [10].

Fekete indica que la firmeza es la resistencia de un material a la deformación o penetración, y que cada material se caracteriza por una curva de deformación en respuesta a fuerzas variables aplicadas sobre él, donde para materiales biológicos, por poseer características viscoelásticas, es recomendable utilizar un coeficiente de elasticidad específico [11].

Según Lewis, la fuerza de penetración se define como la fuerza necesaria o requerida para penetrar un producto en un tiempo determinado [12]. El equipo denominado texturómetro se emplea para medir la fuerza requerida para penetrar, comprimir, deformar o extruir un alimento; la fuerza puede aplicarse en una amplia variedad de formas como penetración, cizalla, compresión, extrusión, corte, flujo y mezcla. Se aplica mediante una sonda que es empujada sobre la muestra del producto, causando compresión irreversible o flujo del material; la profundidad de la penetración se mantiene constante, mientras es registrada la fuerza.

El objetivo del trabajo que se presenta fue cuantificar, utilizando distintos parámetros, los cambios en la firmeza de diferentes variedades de arándano durante su maduración.

II. Materiales y métodos

II.1. Muestra

Se trabajó con las variedades de arándano O´Neal, Misty, Reveille y Emerald, por ser éstas las de mayor producción en la región de Salto Grande y por estar calificadas entre las que proporcionan bayas más firmes, con aceptable recubrimiento natural de cera, buen sabor y calibre entre medio y grande [13]. Las muestras, de 50 especímenes cada una, fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Estación Experimental Concordia y por productores de la Región de Salto Grande en las cosechas 2006 y 2007. Para cada variedad, estado de madurez y año se analizaron 5 muestras.

Debido a que una de las características de calidad de estas bayas es el tamaño, los frutos, se escogieron con un diámetro ecuatorial comprendido entre 10 y 18 mm que corresponde a los calibres medio y grande [14].

La selección de las frutas se efectuó mediante observación visual del color como indicador de la madurez, ya que es la forma como los productores efectúan la cosecha. Se tomaron muestras con distinto grado de coloración:

- Muestra 1: bayas verdes 0% de color azul.
- Muestra 2: bayas con 25% de color azul.
- Muestra 3: bayas con 50% de color azul.
- Muestra 4: bayas con 75% de color azul.
- Muestra 5: bayas con 95% de color azul. Éste es el estado de madurez en que se efectúa la recolección con fines comerciales. En lo sucesivo, a estas muestras se les denominará *arándanos maduros*.

Tras la cosecha tiene lugar una pérdida de calidad a velocidad considerable, asociada con un excesivo ablandamiento, pérdida de sabor y de color. Estos cambios son provocados fundamentalmente por la temperatura. Para reducir el deterioro postcosecha, los frutos inmediatamente recolectados fueron colocados en bandejas de polietilentereftalato (*clamshells*) y almacenados a $3 \pm 0,5$ °C hasta ser transportados al laboratorio, donde fueron sometidos a ensayo inmediatamente.

II.2. Ensayo de textura

Para medir la textura de las bayas se utilizó una máquina universal de determinación de textura TA-XT2i Texture Analyzer Stable Micro Systems, software Texture Expert EXCED, versión 2,64E, y como accesorio una punta cilíndrica de 2mm P/2 usando una celda de carga de 25kg.

Los parámetros del ensayo fueron los que se señalan a continuación:

Modo: Medida de fuerza en compresión.

Opción: Retorno al Inicio.

Velocidad de Pre-Test: 1.0 mm/s

Velocidad de Test: 1.0 mm/s

Velocidad de Post-Test: 10.0 mm/s

Distancia: 50%.

Trigger Tipo: Auto - 5g

Rango de adquisición de datos: 200 puntos por segundo.

Como producto de la medición se obtuvo un gráfico fuerza - deformación (**Figura 1**).

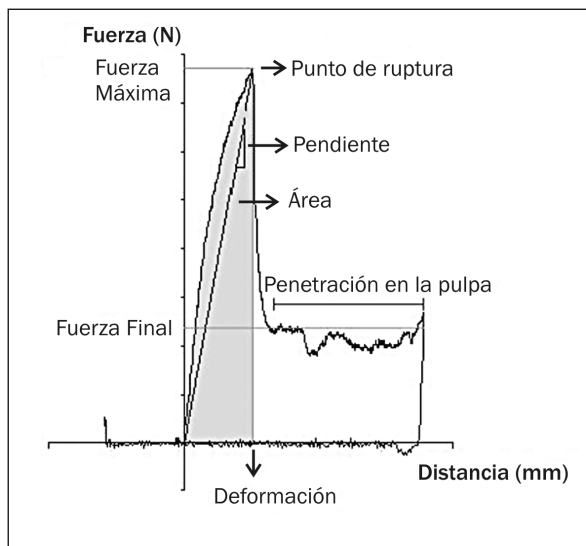


FIGURA 1. Curva fuerza-deformación

Para el ensayo, cada arándano se colocó sobre un cilindro de acrílico con una pequeña concavidad central para que sea penetrado por la punta en su zona ecuatorial. Una vez que la resistencia de los frutos alcanzó una fuerza de 5 gramos, comenzó el registro de los datos y se observó en el gráfico un rápido ascenso de la fuerza. Durante esta etapa, la muestra se deformó bajo la fuerza aplicada pero la punta no penetró el tejido. Esta fase finalizó abruptamente cuando la punta penetró la piel y comenzó a introducirse dentro de la pulpa, lo que se conoce como “punto de ruptura”.

Esta penetración produjo daños irreversibles. Después de este punto, la fuerza disminuyó demostrando que la pulpa de la fruta es mucho más blanda que la piel.

Las variables que se tuvieron en cuenta para evaluar la textura son las que se mencionan a continuación, que fueron utilizadas por Vargas *et al.* [7] en uvas.

Fuerza Máxima: definido como el valor de la fuerza medido en Newton (N) necesaria para producir la fractura de la superficie de la baya, en el punto máximo que alcanza la curva que corresponde al punto de ruptura de la película.

Pendiente o Coeficiente de Elasticidad: que corresponde a la pendiente de la curva de fuerza-deformación medida en N/mm desde el origen al punto de ruptura o fuerza máxima.

Área: calculada como el área bajo la curva de fuerza-deformación, medido en N×mm, hasta el punto de ruptura de la baya.

Curvatura: diferencia entre la pendiente al punto de ruptura y la pendiente inicial, calculada al 10% de deformación del diámetro de la baya. Los resultados se expresaron en N/mm. De este modo, se determina que las curvas convexas tienen una curvatura negativa (**Figura 2**). Esto implica que inicialmente las bayas ejercen una mayor resistencia, la que va disminuyendo a medida que aumenta el avance de la sonda. Las curvas cóncavas presentan una curvatura positiva (**Figura 3**), lo que significa que inicialmente las bayas imponen una baja resistencia al avance de la sonda, la cual va aumentando a medida que se acerca al punto de ruptura.

Fuerza Final: determinada como el valor de la fuerza en Newton en el punto máximo de distancia de recorrido del émbolo del texturómetro, una vez que ha penetrado en la pulpa de la baya.

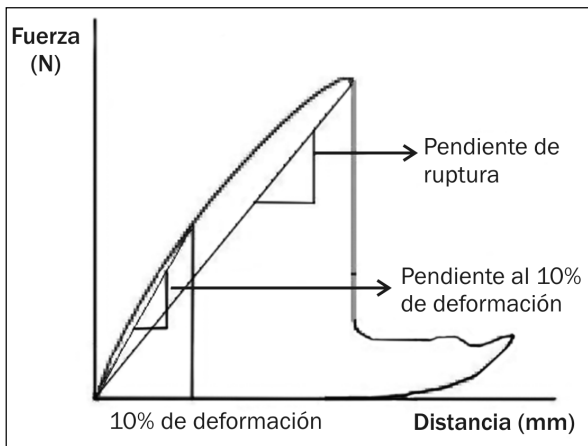


FIGURA 2. Curva fuerza-deformación convexa al origen

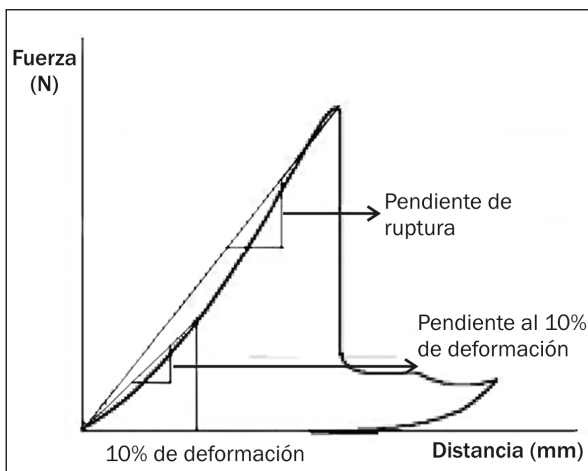


FIGURA 3. Curva fuerza-deformación cóncava al origen

II.3. Tratamiento de datos

Los resultados se analizaron estadísticamente con software Statgraphics Centurion XV Corporate mediante Análisis de Varianza (ANOVA) y Contraste Múltiple

III. Resultados y discusión

III.1. Fuerza máxima

Se puede observar en la **Figura 4** cómo disminuyó la fuerza máxima a medida que las bayas fueron madurando.

Las bayas maduras de las variedades Misty y Emerald fueron las que alcanzaron mayor fuerza máxima (**Tabla 1**), lo que estaría indicando que presentan una cutícula más resistente [3]. Esto es de interés para los productores, ya que las variedades con mejor futuro comercial no son solamente las que dan mejores rendimientos por hectárea y frutos más tempranos, sino también aquéllas cuyas bayas son más firmes puesto que son las que mejor toleran el transporte hacia mercados de exportación.

No se encontraron publicaciones con resultados comparables de textura en arándanos.

TABLA 1. Promedios de los parámetros de textura en arándanos maduros

Variedad	Fuerza Máxima (N)	Pendiente (N/mm)	Área (Nxmm)	Curvatura (N/mm)	Fuerza Final (N)
O'Neal	1,53 a	0,46 a	1,76 a	-0,13 a	0,36 a
Misty	1,94 b	0,62 b	2,57 b	-1,07 b	0,47 b
Reveille	1,56 a	0,44 a c	2,20 c	-0,25 c	0,39 a
Emerald	1,83 b	0,50 d	2,30 c	-0,13 a	0,75 c

Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas (p-valor < 0,05).

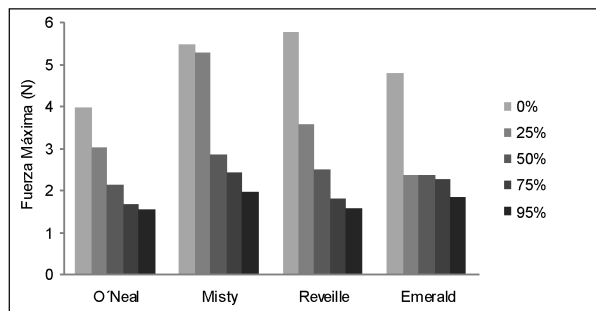


FIGURA 4. Evolución del parámetro de textura fuerza máxima durante el período de maduración de bayas de arándanos

III.2. Pendiente

La pendiente disminuyó en todas las variedades a medida que las bayas fueron desarrollando su coloración característica (**Figura 5**). En la **Tabla 1** se pueden ver los valores para arándanos maduros. Misty fue la que mostró mayor pendiente, lo que estaría indicando que estas bayas son más rígidas, dado que se precisa una mayor cantidad de fuerza para provocar un determinado grado de deformación [3], mientras que O´Neal y Reveille fueron las que presentaron menor valor de este parámetro.

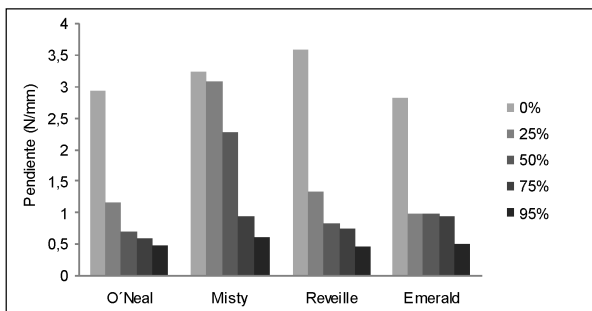


FIGURA 5. Evolución del parámetro de textura pendiente durante el período de maduración de bayas de arándanos

III.3. Área

A medida que los frutos fueron madurando, la variable área disminuyó (**Figura 6**). Según se observa en la **Tabla 1** para frutos maduros, la variedad que requirió mayor energía para romper la baya fue Misty, y la que requirió menos energía fue O´Neal.

III.4. Curvatura

En las cuatro variedades, la curvatura presentó valores positivos en las bayas verdes, lo que indicaría que los frutos inicialmente imponen una baja resistencia al avance de la sonda y va aumentando a medida que se acerca el punto de ruptura. Sin embargo, esta variable tomó valores negativos durante la maduración de los frutos; en consecuencia, los arándanos inicialmente estarían ejerciendo una mayor resistencia, la que va disminuyendo a medida que aumenta el avance de la sonda

[3] (**Figura 7**). Los frutos maduros de Misty fueron los que tuvieron, en valor absoluto, mayor valor de este parámetro; mientras que O'Neal y Emerald los más bajos (**Tabla 1**).

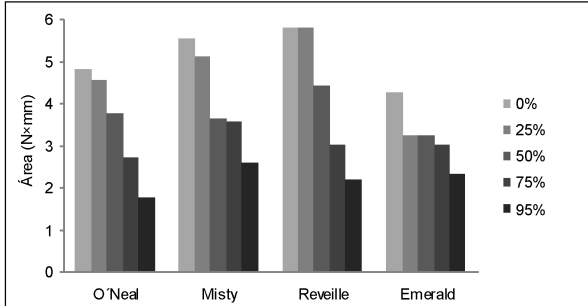


FIGURA 6. Evolución del parámetro de textura área durante el período de maduración de bayas de arándanos

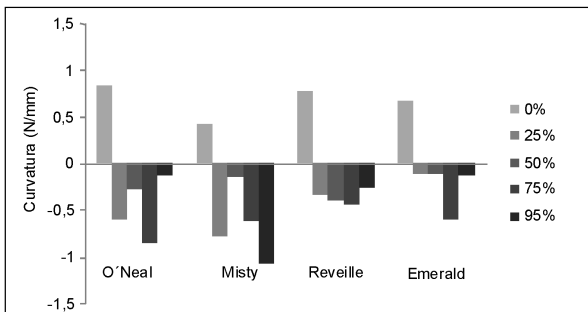


FIGURA 7. Evolución del parámetro de textura curvatura durante el período de maduración de bayas de arándanos

III.5. Fuerza final

La fuerza final en las cuatro variedades fue mayor en los frutos verdes y luego disminuyó cuando estos comenzaron a desarrollar el color característico de los arándanos maduros (**Figura 8**). Dado que la obtención de los valores del parámetro de textura fuerza final se realiza cuando la sonda del texturómetro se encuentra en el interior de la pulpa de la baya [7], se podría pensar que la pulpa de los frutos verdes ofre-

ce una mayor resistencia que la de los maduros. Referido a estos últimos, Emerald fue la variedad que tuvo mayor fuerza final y O'Neal y Reveille fueron las de menor valor.

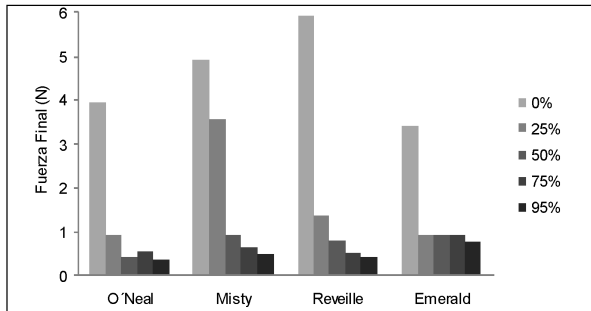


FIGURA 8. Evolución del parámetro de textura fuerza final durante el período de maduración de bayas de arándanos

IV. Conclusiones

En todas las variedades analizadas, los parámetros de textura, fuerza máxima, pendiente, área y fuerza final disminuyeron a medida que las bayas desarrollaron su coloración característica. La curvatura tomó valores positivos en frutos verdes y negativos durante la maduración.

Referido a los frutos maduros, la mayor fuerza máxima correspondió a las variedades Misty y Emerald; la pendiente, el área y la curvatura (en valor absoluto) fueron mayores en Misty, y la fuerza final, en Emerald.

Dado que valores más altos de fuerza máxima, pendiente y fuerza final son indicadores de bayas más firmes y que mayor área señala que se requiere mayor energía para romper los frutos, se puede concluir que la variedad que presentó mejor textura fue Misty, seguida de Emerald y por último O'Neal y Reveille.

Referencias bibliográficas

1. MOHSEENIN NN. Properties of Plant and Animal Materials, 2ª ed. Gordon & Breach Science Publishers. 1986, citado en: OLIVEROS-TASCÓN CE, MONTOYA-RESTREPO EC, AYALA AA. Efecto de la broca del café en la firmeza del grano en los estados de cereza, pergamino húmedo y pergamino seco, en: *Cenicafé*. 2002; Vol. 53:25-33.
2. VALERO UC, RUIZ MA. Técnicas de medida de la calidad de frutas, Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Departamento de Ingeniería Rural. En: <http://www.lpftag.upm.es/pdf/2000%2520CtmcsDF+T%C3%A9cnicas&hl=es&ct=clnk&c d=1&gl=co> Consulta: Junio 2006, citado en: OSPINA MONSALVE DM, CIRO VELÁSQUEZ HJ, ARISTIZÁBAL TÓRRES ID. Determinación de la fuerza de la fractura superficial y Fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*), en: *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 2007; Vol. 60:4163-78.
3. VARGAS A, PEREZ J, ZOFFOLI JP, PEREZ A. Evolución de la textura de bayas de uva del CV. Thompson Sedles, en: *Cien. Inv. Agr.*, Vol. 27, pp. 117-126.
4. BOURNE M. Textura Evaluation of horticultural crops, en: *Hort Science*. 1980; Vol. 15:15-21.
5. DUSSÁN-SARRIA S, HONÓRIO SL, MATIAS M DE L. Resistencia mecánica, tasa respiratoria y producción de etileno de caqui 'Fuyu' durante el almacenamiento, en: *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2008; Vol. 12 :498-502.
6. RESOLUCIÓN SAGPYA N° 201/2007. Protocolo de Calidad Para Arándanos Frescos. 23-08-2007.
7. VARGAS A, PEREZ J, ZOFFOLI JP, PEREZ A. Comparación de variables de textura en la medición de firmeza de bayas de uva Thompson Sedles, en: *Cien. Inv. Agr.* 2001; Vol. 28:37-42.
8. MOHSEENIN NN. Physical properties of plant and animal materials: structure, physical, characteristics and mechanical properties. Gordon and Breach Science, New York. 1986. p. 664, citado en: OSPINA MONSALVE DM, CIRO VELÁSQUEZ HJ, ARISTIZÁBAL TÓRRES ID. Determinación de la fuerza de la fractura superficial y Fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*), en: *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 2007; Vol. 60:4163-78.
9. STROSHINE R. Physical properties of agricultural materials and food products. Purdue University. Department of Agricultural and Biological Engineering, West Lafayette. 1999. p. 152, citado en: OSPINA MONSALVE DM, CIRO VELÁSQUEZ HJ, ARISTIZÁBAL TÓRRES ID. Determinación de la fuerza de la fractura superficial y Fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*), en: *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 2007; Vol. 60:4163-78.
10. PELEG, M. Considerations of a general rheological model for the mechanical behavior of viscoelastic solid food materials. *J. Texture Studies*. 1976. 7:243-255, citado en: OSPINA MONSALVE DM, CIRO VELÁSQUEZ HJ, ARISTIZÁBAL TÓRRES ID. Determinación de la fuerza de la fractura superficial y Fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*), en: *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 2007; Vol. 60:4163-78.
11. FEKETE, A. Elasticity characteristics of fruits. *Intl. Agrophys*. 1994. 8(3):411-414, citado en: OSPINA MONSALVE DM, CIRO VELÁSQUEZ HJ, ARISTIZÁBAL TÓRRES ID. Determinación de la fuerza de la fractura superficial y Fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*), en: *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 2007; Vol. 60:4163-78.
12. LEWIS, MJ. 1993. Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de Proceso. Acribia, Zaragoza, España. 1993. p. 135-167, citado en: OSPINA MONSALVE DM, CIRO VELÁSQUEZ HJ, ARISTIZÁBAL TÓRRES ID. Determinación de la fuerza de la fractura superficial y Fuerza de firmeza en frutas de lulo (*Solanum quitoense* x *Solanum hirtum*), en: *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*. 2007; Vol. 60:4163-78.
13. NAVARRO RF. Comportamiento y adaptación de las variedades de arándanos en Concordia. La productividad potencial, en: *Info Berry*. 2005; Vol. 10:12-13.