

# Determinación de algunos atributos de calidad de la variedad Fuji y sus mutantes al momento de cosecha

*Determination of some quality parameters of the Fuji cultivar and their mutants at harvest*

Ana Cecilia SILVEIRA<sup>1\*</sup>, Cláudia Kaehler SAUTTER<sup>2</sup>, Sérgio TONETTO DE FREITAS<sup>2</sup>, Giovanni GALIETTA<sup>1</sup>, Auri BRACKMANN<sup>2</sup>

## Resumen

Muchos trabajos demuestran que los productos vegetales no solamente son fuentes de energía y nutrientes sino también fuentes de compuestos conocidos como fitoquímicos, que juegan un importante papel en la prevención de enfermedades como el cáncer, afecciones cardiovasculares y neurodegenerativas. Por otro lado, el aumento en la producción de manzana, determina también un aumento de la producción destinada al procesamiento industrial. En este sentido el conocer el contenido de de ciertas sustancias como polifenoles, antocianinas permiten conocer su potencial de uso industrial, como por ejemplo para la elaboración de jugos. En base a esto los objetivos del presente trabajo fueron realizar una caracterización físico-química de tres variedades de manzana; una de ellas de cultivo tradicional y muy extendido en Brasil y las otras dos mutaciones de esta última, de reciente explotación comercial. Fueron medidos al momento de cosecha la firmeza de la pulpa, acidez titulable (AT), los sólidos solubles totales (SST), el índice de yodo-almidón, los parámetros CIE "L\*", "a\*" y "b\*" del color, polifenoles, antocianinas y azúcares reductores totales y vitamina C. Según los resultados, la variedad Fuji Kiku presentó una mayor firmeza de pulpa, AT, SST y vitamina C. En relación al color, la variedad Fuji Suprema mostró una coloración roja más intensa y mayor contenido de antocianinas. No fueron encontradas diferencias en los polifenoles y azúcares reductores totales.

**Palabras-clave:** polifenoles totales; vitamina C; azúcares reductores; antocianinas; uso industrial.

## Abstract

Many studies have shown that fruits and vegetables are not only source of energy and nutrients, but also source of important components as phytochemicals which help preventing cancer, cardiovascular and neurodegenerative diseases. The increasing apple production has a direct effect on the production of apple processed products. Therefore, the knowledge about healthy substances as polyphenols and anthocyanins is important in order to determine the potential use of apple fruits for processing industry. The objective of this work was to physicochemically characterize three apple cultivars, Fuji, Fuji Kiku, and Fuji Suprema. The characterization was based on pulp firmness, titrable acidity (TA), total soluble solids (TSS), iodine index, skin color, polyphenols, anthocyanins, reduced sugars, and vitamin C. According to the results, the Fuji Kiku cultivar had higher values of pulp firmness, AT, TSS and vitamin C. The Fuji Suprema cultivar showed more intense red color and higher levels of anthocyanins. There were no differences on polyphenols and reduced sugars.

**Keywords:** totals polyphenols; vitamin C; reductors sugars; anthocyanins; industrial use.

## 1 Introducción

La calidad de consumo es una combinación de atributos que provocan la satisfacción del consumidor. En la elección inicial, la apariencia y frescura son los parámetros más importantes. Últimamente han ocurrido cambios en el comportamiento de los consumidores, que han comenzado a ver a los alimentos no solo como fuente de energía y nutrientes, sino como fuente de ciertos compuestos minoritarios que poseen acciones benéficas demostradas en el organismo previniendo o aliviando los efectos de algunas enfermedades crónicas como afecciones cardiovasculares y algunos tipos de cáncer<sup>2,3,10,12,13</sup>.

El consumo de O<sub>2</sub> inherente a la respiración celular, genera una serie de radicales libres que participan del fenómeno de estrés oxidativo y que predisponen al organismo a estas enfermedades. El estrés oxidativo aumenta la formación de radicales superóxido, así como, de peróxido de hidrógeno que pueden promover directamente daño celular. Existe una

cantidad considerable de información científica, que muestra los efectos benéficos de los antioxidantes naturales, incluida, las vitaminas A y C, los polifenoles, las antocianinas, el beta caroteno y principalmente el licopeno, que funcionan como interceptores de radicales libres<sup>11,21,28,29,32</sup>.

El aumento de la producción de manzana, que alcanzó las 977 mil toneladas en 2004 en Brasil según datos del Instituto Brasileiro de Geografia e Estadística (IBGE)<sup>14</sup>, hace aumentar también la cantidad que se destina a la industria para la elaboración de jugos concentrados y prontos para el consumo, sidras, vinos y aguardientes de tipo Calvado<sup>6</sup>. La cantidad de la producción brasileña que se destina a la industria, se estima en un 25% de la producción total<sup>31</sup>. Junto con el aumento de la producción encontramos el surgimiento de variedades nuevas, como es el caso de las mutaciones de Fuji que se evalúan en este trabajo, de las que se tiene poco conocimiento ya que están en producción hace relativamente poco tiempo, alrededor de seis años.

Desde un punto de vista industrial, los polifenoles, ácido málico y azúcares, contribuyen a las propiedades organolépticas de los productos obtenidos<sup>15,30</sup>. En este sentido el objetivo del presente trabajo fue el de determinar algunas características

Recebido para publicação em 25/4/2006

Aceito para publicação em 24/1/2007 (001734)

<sup>1</sup> Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Garzón 780, CP 12 300, Montevideo, Uruguay, E-mail: acsilver@fagro.edu.uy

<sup>2</sup> Universidad Federal de Santa Maria, Campus Universitario Camobi, CEP 97105-900 Santa Maria - RS, Brasil

\*A quem a correspondência deve ser enviada

físico-químicas de la variedad Fuji y sus mutantes, que permitan conocer aspectos vinculados a la calidad externa, valor nutricional y su potencial de uso industrial.

## 2 Materiales y métodos

El experimento fue realizado en el "Núcleo de Pesquisa em Pós-Colheita" (NPP) del departamento de Fitotecnia de la Universidad Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Los frutos provenían de una explotación comercial de la región de São Joaquim (Santa Catarina). Estos frutos fueron cosechados en el punto de maduración considerado como óptimo para el posterior almacenamiento en atmósfera controlada (AC), siendo utilizado como índice de cosecha el índice de yodo y la firmeza de la pulpa. Las variables analizadas fueron las siguientes:

### 2.1 Firmeza de la pulpa

Fue medida en dos lados opuestos de la región ecuatorial del fruto, donde se retiró previamente la epidermis. La medición se realizó con un penetrómetro manual, con puntera de 11 mm de diámetro y los valores se expresaron en Newton (N)<sup>20</sup>.

### 2.2 Test de yodo-almidón

Para ello fue utilizado un método que se basa en la reacción del almidón del fruto, con una solución de  $12 \pm 0,1$  g de yodo metálico y  $24 \pm 0,1$  g de yoduro de potasio en  $1 \pm 0,001$  L de agua destilada. Para el análisis, los frutos fueron cortados en la región ecuatorial y la mitad peduncular inmersa en la solución por 40 segundos. Cuando se retiraron de la solución, fueron comparados con valores de tabla, donde el valor 1 indica el tenor máximo de almidón, mientras que 10 indica ausencia del mismo<sup>26</sup>.

### 2.3 Sólidos solubles totales (SST)

Para la medición de los SST, se utilizó el jugo de los frutos de cada una de las repeticiones. Las mediciones se realizaron con un refractómetro digital Atago autocompensado por temperatura, siendo los valores expresados en °Brix<sup>20</sup>.

### 2.4 Acidez titulable (AT)

La medición de la AT se realizó en una muestra de  $10 \pm 0,1$  mL de jugo de cada una de las repeticiones, diluidos en  $100 \pm 0,1$  mL de agua destilada, mediante titulación con una bureta digital, utilizando hidróxido de sodio 0,1 N hasta pH 8,1 medido con un pHmetro digital. Los valores se expresaron como  $\text{cmol.L}^{-1}$ <sup>20</sup>.

### 2.5 Color de la epidermis

La determinación del color de la epidermis se hizo con un colorímetro marca Minolta, modelo CR 300. La lectura se realizó en la parte coloreada del fruto. Se midieron los parámetros "L\*", "a\*" y "b\*" de la escala tridimensional del sistema CIELAB. Los valores se expresaron como L, Chroma ( $a^2 + b^2$ )<sup>1/2</sup> y Hue ( $\arctang b/a$ )<sup>20</sup>.

### 2.6 Polifenoles totales

La concentración de polifenoles totales, fue determinada por el método colorimétrico<sup>25</sup>. Para ello fueron adicionados  $2 \pm 0,01$  mL de jugo de manzana y  $10 \pm 0,2$  mL de reactivo de Folin-Ciocalteu diluido (1:10) y  $8 \pm 0,01$  mL de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7,5% (P/V) en balón volumétrico de  $20 \pm 0,05$  L. Luego de dos horas, fue leída la absorbancia en Espectrofotómetro 600 marca Fento ( $\lambda = 765$  nm). La solución sin el agregado de jugo fue usada como blanco. Para la cuantificación se realizó una curva de calibración de ácido gálico en las siguientes concentraciones: 150, 250, 500, 750, 1000 y 1250 mg de ácido gálico.L<sup>-1</sup>. Los valores se expresaron en mg de ácido gálico.L<sup>-1</sup> de jugo.

### 2.7 Azúcares reductores

La determinación de los azúcares reductores totales fue realizada empleando el método enzimático. A un balón volumétrico de  $20 \pm 0,05$  mL, se le adicionaron  $0,5 \pm 0,001$  mL de jugo de manzana y  $19,5 \pm 0,02$  mL de etanol 70% (V/V). Fueron tomados  $0,2 \pm 0,001$  mL de esta solución a los que se agregaron  $2 \pm 0,01$  mL de la enzima GOP (glucosa-oxidasa-peroxidasa) y luego se llevó a baño María a  $37 \pm 1$  °C en agitación por 10 minutos. La lectura de la absorbancia de las diferentes muestras se hizo con un espectrofotómetro 600 de la marca Femto, UV visible ( $\lambda = 510$  nm). Como blanco se utilizó una solución de la enzima con agua en lugar de jugo. Para la cuantificación de los azúcares, se utilizó una curva de calibración de azúcares reductores con las siguientes concentraciones: 0,05, 0,1, 0,15, 0,2, 0,25 mg.mL<sup>-1</sup> de jugo. Los valores se expresaron en mg de azúcares reductores.mL<sup>-1</sup> de jugo<sup>19</sup>.

### 2.8 Vitamina C

La vitamina C fue medida por HPLC, usando un equipo Termo Separation Products con columna BDS Hypesil-C18 (150 x 4,6 mm). Como fase móvil se usó fosfato de potasio 25 mM ajustándose el pH a 2,5 con ácido fosfórico. El flujo fue de 0,8 mL.min<sup>-1</sup>. y la detección fue hecha a  $\lambda = 254$ , usándose un Standard de L-ascórbico Sigma 99,5%. La temperatura de trabajo fue de  $25$  °C  $\pm 1$  °C. Para la extracción de la vitamina C fue empleada una solución acuosa de ácido metafosfórico (5% P/P) con ditiotreitol (0,1% P/P) en sonicador por 15 minutos. Los valores se expresaron en mg de ácido ascórbico.100 g<sup>-1</sup> de peso fresco<sup>4</sup>.

### 2.9 Antocianinas totales

Las antocianinas totales fueron determinadas por espectrofotometría<sup>7</sup>. Para la determinación se pesó 1 g de cáscara aproximadamente que se trituró con Ultraturax en  $3 \pm 0,5$  mL de una solución de etanol/ácido clorhídrico/agua en la proporción 70/1/30 (V/V/V). La lectura se efectuó a través de un espectrofotómetro 600 marca Femto, UV visible ( $\lambda = 531\text{nm}$ ). Como blanco se usó la solución de etanol/ácido clorhídrico/agua. Para la cuantificación se usó una curva de calibración de cianidina en las siguientes concentraciones: 0, 0,2, 1,1, 1,7, 2 mg de cianidina.100 mL<sup>-1</sup>. Los resultados fueron expresados como mg de cianidina.g<sup>-1</sup> de pulpa en peso fresco.

## 2.10 Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos se realizó por medio del programa INFOSTAT, versión 1.0, 2001, desarrollado por el departamento de Estadística y Biometría de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Los resultados obtenidos se sometieron al análisis de variancia. Para la comparación de medias, se usó el test de Diferencia Mínima Significativa (DMS) con un nivel de significancia del 10%.

## 3 Resultados y discusión

### 3.1 Firmeza de la pulpa, AT, SST, índice de yodo-almidón y color

De acuerdo con los resultados obtenidos la variedad Fuji Kiku presentó los mayores valores de firmeza de la pulpa, AT y SST, mientras que no hubo diferencias entre las variedades Fuji y Fuji Suprema (Tabla 1). Según la literatura manzanas que presentan valores de AT superiores a 4,5 cmol.L<sup>-1</sup> son consideradas ácidas y las con valores menores son consideradas dulces<sup>16,24</sup>. La AT es un atributo muy utilizado en la clasificación de las manzanas para su uso industrial. Solo se encuentran en el mercado jugos con alta acidez<sup>6</sup>, en este sentido la variedad Fuji Kiku presentaría aptitud para uso industrial además de para el consumo en fresco.

Los valores obtenidos en el índice de yodo-almidón indican que la variedad Fuji Suprema presentaba un estado de madurez menos avanzado evidenciado por una menor degradación del almidón al comparar los frutos con los valores de tabla en tanto que las variedades Fuji y Fuji Kiku no difirieron estadísticamente (Tabla 1).

Según los valores de los parámetros de color, la variedad Fuji Kiku presentó una coloración roja menos intensa, mientras que la variedad Fuji Suprema presentó una coloración roja más intensa pero una menor luminosidad (Tabla 1).

Los valores medidos muestran que los frutos fueron cosechados en un estado de maduración adecuado. De acuerdo con

la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA<sup>9</sup>, los frutos deben ser cosechados en el momento apropiado, teniendo en cuenta la especie, cultivar y destino, o sea, almacenamiento a corto, medio y largo plazo o comercialización inmediata. Para eso debe asegurarse que los índices mínimos de madurez, determinados a través de la investigación, sean respetados para lograr la mayor eficiencia durante la conservación manteniendo la calidad interna y externa de la fruta. En el caso de la manzana 'Fuji', los valores recomendados para la cosecha son de 75 a 80 N de firmeza de pulpa, SST mayores a 11 °Brix y AT entre 3,7 y 5,2 cmol.L<sup>-1</sup>. Del punto de vista industrial también es importante que los frutos sean cosechados en el estado de madurez óptimo, definido como el momento en que presentan la composición química adecuada, responsable de sus características nutricionales y organolépticas, así como de las características de sus derivados<sup>1</sup>.

### 3.2 Polifenoles, antocianinas, azúcares reductores totales y vitamina C

Los compuestos fenólicos comprenden al ácido clorogénico y ala floridzina que se relacionan al sabor amargo de la manzana. Son oxidados por la acción de la polifenol oxidasa determinando el oscurecimiento de la pulpa y del jugo. Por lo tanto están vinculados en la apariencia y sabor del producto, aspectos relevantes en el proceso decisorio de la compra y satisfacción del consumidor respectivamente<sup>6</sup>. Según la bibliografía manzanas con menos de 200 ppm de compuestos polifenoles totales son consideradas dulces mientras que las amargas superan las 200 ppm<sup>16,24</sup>. En general las tres variedades presentan contenidos de polifenoles que permiten colocarlas dentro del grupo de las manzanas amargas (Tabla 2). Desde el punto de vista de la calidad nutricional, los polifenoles y principalmente los flavonoides, presentan una importante capacidad antioxidante, verificada tanto in vivo como in vitro por lo que funcionarían como interceptores de radicales libres<sup>7,10</sup>. Los polifenoles juegan un importante papel en los procesos de biotransformación de la manzana, no solo por contribuir por ejemplo al "flavour" de productos como la sidra, sino también por estar implicados

**Tabla 1.** Características de madurez y calidad de manzanas variedades Fuji, Fuji Suprema y Fuji Kiku al momento de cosecha.

Cultivar	Firmeza (N)	AT (cmol.L <sup>-1</sup> )	Índice yodo	SST (°Brix)	Color de la epidermis		
					L	Hue	Chroma
Fuji	71,2 <sup>a*</sup>	3,0 <sup>b</sup>	8,5 <sup>b</sup>	14,1 <sup>b</sup>	46,6 <sup>a</sup>	0,87 <sup>a</sup>	34,93 <sup>b</sup>
Fuji Suprema	74,6 <sup>bc</sup>	2,6 <sup>b</sup>	7,5 <sup>a</sup>	13,8 <sup>b</sup>	38,4 <sup>c</sup>	0,50 <sup>b</sup>	36,54 <sup>a</sup>
Fuji Kiku	80,0 <sup>a</sup>	4,6 <sup>a</sup>	8,5 <sup>b</sup>	14,8 <sup>a</sup>	41,6 <sup>b</sup>	0,93 <sup>a</sup>	26,65 <sup>c</sup>
C.V (%)	10,87	5,50	2,7	2,04	11,70	26,86	12,46

\*Medias seguidas por las mismas letras en la vertical, no difieren entre si a un nivel de 10% de significancia por el test, DMS.

**Tabla 2.** Polifenoles totales, antocianinas totales, azúcares reductores y vitamina C en manzanas, variedades Fuji, Fuji Suprema y Fuji Kiku, al momento de cosecha.

Cultivar	Polifenoles totales (mg de ácido gálico.L <sup>-1</sup> de jugo)	Antocianinas totales (mg cianidina.100 g <sup>-1</sup> de peso fresco)	Azúcares reductores totales (mg.mL <sup>-1</sup> de jugo)	Vitamina C (mg.100 g <sup>-1</sup> de peso fresco)
Fuji	955,0 <sup>a*</sup>	30,46 <sup>b</sup>	53,39 <sup>a</sup>	2,199 <sup>b</sup>
Fuji Suprema	944,8 <sup>a</sup>	66,07 <sup>a</sup>	46,01 <sup>a</sup>	1,597 <sup>c</sup>
Fuji Kiku	1012,7 <sup>a</sup>	32,27 <sup>b</sup>	55,12 <sup>a</sup>	2,604 <sup>a</sup>
C.V (%)	5,60	25,54	23,74	2,34

\*Medias seguidas por las mismas letras en la vertical, no difieren entre si a un nivel de 10% de significancia por el test, DMS.

en los procesos de fermentación controlando la actividad de los microorganismos implicados<sup>5</sup>.

En la Tabla 2, se muestra el contenido de vitamina C medido en las diferentes variedades. Los valores encontrados estarían en el límite inferior del rango de valores citados por diferentes autores, para los que la manzana contiene entre 2 y 30 mg de ácido ascórbico cada 100 g de pulpa en peso fresco, dependiendo de la variedad<sup>22</sup>. El contenido de ácido ascórbico disminuye progresivamente de la cáscara al corazón del fruto<sup>18,27</sup>, en tanto que existen evidencias de que la parte roja de la cáscara tiene mayor contenido que la parte verde<sup>22</sup>. En este caso esta afirmación no fue verificada pues la variedad con mayor coloración roja resultó ser la que presentó menor contenido de vitamina C.

El contenido de azúcares reductores es un atributo importante que determina tanto el sabor dulce de las variedades de mesa como la aptitud industrial para los procesos fermentativos. En este caso los valores medidos no difirieron estadísticamente siendo menores a los citados por otros autores para las mismas variedades<sup>6</sup> (Tabla 2). Esta diferencia puede deberse a variaciones climáticas y/o a la región de procedencia de los frutos, ya que son muchos los factores que determinan la cantidad de azúcares presentes en el jugo de manzana; dentro de estos factores figuran el genotipo y principalmente variables que influyen directamente a la fotosíntesis como la temperatura, radiación solar y humedad del suelo<sup>23</sup>. Las antocianinas están representadas por los pigmentos de color rojo presentes en los frutos. En el mercado la apariencia del producto determina en primera instancia su aceptación<sup>17</sup>. En el caso de la manzana 'Fuji', su pobre coloración roja determina que los consumidores prefieran otras variedades más atractivas, a pesar de que esta variedad presenta muy buen sabor y aroma. En este sentido sus mutantes tendrían una aceptación mucho mayor en el mercado consumidor. Por otra parte el mayor contenido de antocianinas no se relaciona solamente con la mayor atractividad de los frutos sino también con una mayor calidad nutricional. En un trabajo donde se compararon 150 flavonoides diferentes se verificó que las antocianinas presentaban mayor poder antioxidante<sup>8</sup>.

### 3.3 Utilización industrial

Para la clasificación industrial los dos parámetros considerados son el contenido de azúcares reductores totales y la AT<sup>6</sup>. Estos parámetros se vinculan dividiendo los azúcares entre los ácidos. Cuanto más baja sea esta relación (valores inferiores a 20), más interesante será la variedad del punto de vista industrial. Si bien las tres variedades presentaron valores inferiores a 20, la variedad Fuji Kiku sería de mayor interés ya que las otras dos se encuentran muy sobre el límite aceptado. Variedades consideradas de interés industrial como Rainha, Einshemer y Anna, presentan relaciones de 15,93; 12,13 y 18,8 respectivamente<sup>6</sup>.

## 4 Conclusiones

Según los resultados obtenidos la variedad Fuji Kiku presentó mayor firmeza de pulpa, AT y SST y vitamina C. Esta

variedad presenta un mejor comportamiento en relación a las otras del punto de vista de calidad externa y valor nutricional. En cuanto a la coloración, la variedad Fuji Suprema presentó una mayor coloración roja lo que puede influir positivamente en los consumidores por resultar más atractiva. A su vez esta mayor coloración roja puede relacionarse con el mayor contenido de antocianinas medido lo que a su vez determina una mayor capacidad antioxidante. No hubieron diferencias en los polifenoles totales ni en azúcares reductores totales. Industrialmente, si bien las tres variedades están dentro de los límites considerados adecuados para la industria, la variedad Fuji Kiku presentaría un mejor comportamiento.

## Agradecimientos

Agradecemos a la profesora Leila Picolli da Silva y a Violeta López por el préstamo de los reactivos utilizados.

## Referencias bibliográficas

- ALONSO-SALCES, R. M. et al. Classification of apple fruits according to their maturity state by the pattern recognition analysis of their polyphenolic compositions. **Food Chem.**, v. 39, n. 93, p. 113-123, 2005.
- BLOCK, G.; PATTERSON, B.; SUBAR, A. Fruit, vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. **Nut. Cancer**, v. 18, n. 1, p. 1-29, 1992.
- CHEESEMAN, K. F.; SLATER, T. An introduction to free radical biochemistry. **Br. Med. Bull.**, v. 49, n. 10, p. 481-493, 1993.
- CHROMATOGRAPHY. **Catalog 400**, p. 546, 1997.
- COWAN, M. M. Plant products as anti-microbial agents. **Clin. Microbiol. Rev.**, v. 12, n. 4, p. 564-582, 1999.
- CZELUSNIAK, C. et al. Qualidade de maçãs industriais produzidas no Brasil: Aspectos físico-químicos. **Braz. J. Food Technol.**, v. 6, n. 1, p. 25-31, 2003.
- DI STEFANO, R.; CRAVERO, M. C.; GENTILINI, N. Metodi per lo studio dei polifenoli dei vini. **L'Enotecnico**, v. XXV, n. 5, p.83-89, 1989.
- ELLIOTT, A. J. et al. Inhibition of glutathione reductase by flavonoids. A structure-activity study. **Biochem. Pharmacol.**, v. 44, n. 8, p. 1605-1608, 1992.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. EMBRAPA. Endereço BBS:<http://www.sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Maca/ProducaoIntegradaMaca/colheita.html>. Acesso em 10 de agosto de 2005.
- FRANKE, A. A. et al. Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **J. Food Compos. Anal.**, v. 17, n. 1, p. 1-35, 2004.
- GOW-CHIN, Y.; PIN-DER, D.; HUI-LING, T. Antioxidant and pro-oxidant properties of ascorbic acid and gallic acid. **Food Chem.**, v. 79, n. 3, p. 3107-3113, 2001.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. **Meth. Enzymol.**, v. 186, p. 1-85, 1990.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C. The definition and measurement of antioxidants in biological systems. **Free Radic. Biol. Med.**, v. 18, p. 125-126, 1995.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE. Endereço BBS: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/>

- acervo2.asp?e=v&p=PA&z=t&o=10. Acesso em 10 de agosto de 2005.
15. LE BOURVELLEC, C.; BOUCHET, B.; RENARD, C. M. G. C. Non-covalent interaction between procyanidins and apple cell wall material. Part III: Study on model polysaccharides. **Biochim. Biophys. Acta**, v. 1725, n. 1, p. 10-18, 2005.
  16. LEA, A. Cidermaking. **Fruit Processing**, v. 5, n. 9, p. 281-286, 1995.
  17. LISTER, C. E.; LACASTER, J. E.; SUTTON, K. H. Developmental changes in the concentration and composition of flavonoids in skin of a red and a green apple cultivar. **J. Sci. Food Agric.**, v. 64, n. 2, p. 155-161, 1994.
  18. MACHLIN, L. J. **Handbook of Vitamins**. 2. ed. rev and expended. New York: Marcel Decker Inc, 1991. 595 p.
  19. MARTINEZ-BARAJAS, E. Análisis de la acumulación de azúcares en pericarpios de dos cultivos silvestres de jitomate. (*Lycopersicon esculentum*). **Agrociencia**, n. 37, p. 363-370, 2003.
  20. MITCHAM, E.; CANTWELL, M.; KADER, A. Methods for determining quality of fresh commodities. **Perishables Handling Newsletter**, n. 85, p. 1-5, 1996.
  21. PETERSON, D. Oat antioxidants. **J. Cereal Sci.**, v. 33, n. 2, p. 115-129, 2001.
  22. PLANCHON, V., et al. Ascorbic acid level of Belgian apple genetic resources. **Sci. Hortic.**, v. 100, n. 1-4, p. 51-61, 2004.
  23. RIZZON, L. A.; BERNARDI, J.; MIELE, A. Características analíticas dos sucos de maçã Gala, Golden Delicious e Fuji. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v. 25, n. 4, p. 750-756, 2005.
  24. SCHOBINGER, M. et al. Phenolic compounds in apple juice. Positive and negatives effects. **Fruit Processing**, v. 5, n. 6, p. 171-178, 1995.
  25. SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **Am. J. Enol. Vitic.**, v. 20, n. 3, p. 144-158, 1965.
  26. STREIF, J. Jod-Stärke-Test zur Beurteilung der Fruchtreife bei Äpfeln. **Obst und Garten, Stuttgart**, n. 8, p. 14, 1984.
  27. ULRICH, R. Organic acid. In: HULME, A. C. **The biochemistry of fruits and their products**. London: Academic Press, 1970, v. 1, p. 89-118.
  28. VELIOGLU, Y. S. et al. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. **J. Agric. Food Chem.**, v. 46, p. 4113-4117, 1998.
  29. WANG, H.; CAO, G.; PRIOR, R. L. Total antioxidant capacity of fruits. **J. Agric. Food Chem.**, v. 44, n. 3, p.701-705, 1996.
  30. WOSIACKI, G., et al. Maçãs e seu conteúdo de fructosa cultivar Sansa, um estudo de caso. **Publ. UEPG Ci. Exatas Terra, Ci. Agr. Eng.**, v. 11, n. 2, p. 27-39, 2005.
  31. WOSIACKI, G.; NOGUEIRA, A.; SILVA, N. C. C. Brazilian apple production: a few years later. **Fruit Processing**, v. 12, p. 472-475, 2000.
  32. ZHENG, Y. et al. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity response to high oxygen treatments. **Lebensm. Wiss. Technol.**, v. 40, n. 1, p. 49-57, 2007.