

Feb 12, 2007

Report for National Mango Board

Penelope Perkins-Veazie
USDA-ARS, SCARL
Lane, OK

John Manthey
USDA-ARS,
Winter Haven, FL

Introduction & Process:

Mangos represent a rich dietary source of vitamin C and vitamin A. The fruit are almost exclusively imported into the U.S. This study was done to determine the relative variation in phytonutrients among varieties and country of origin. Mangos from Mexico, Brazil, Ecuador, and Peru were sampled over a year. Varieties included Ataulfo, Keitt, Kent, Tommy Atkins, and Haden. Whenever possible, two shipments from the same orchard were arranged to minimize orchard source within a location as a source of error. Generally, fruit were unripe (to minimize bruising during shipment) and were ripened at 20 to 25 C and 90% relative humidity for 5 to 10 days. All fruit in the shipment (30 to 40 per variety and location) were weighed, measured for diameter, and firmness, pH, and soluble solids taken. Ten to 12 fruit were selected within these for sampling for vitamin C, beta carotene, and phenolic compounds, such as mangiferin. Selection was based on fruit firmness (maximum firmness of 0.75 lb), soluble solids content (12 to 15%) and puree pH (3.1 to 4.5), to make sure fruit were fully ripe, and fruit that showed browning after cutting were avoided (browning can elevate phenolics content). A total of 900 fruit were screened and 400 of these were used for high performance liquid chromatography analysis, a method to magnify and quantify the compounds not easily measured.

Results:

Most differences found among mangos were from the variety rather than the source (Table 1). Ataulfo and Kent were most similar in beta carotene. Ataulfo had 4 to 6 times more vitamin C than other mango varieties, and appears to be highest in total phenolics. Titratable acidity was low in all mango varieties and average fruit pH ranged from 3.5 to 4.4.

Phenolic measurements (phenolics include water soluble compounds such as mangiferin and gallic acid that are powerful antioxidants) turned out to be rather challenging. Dr. Manthey reports that mango variety and fruit to fruit differences have made analysis difficult and he is going to use mass spectrophotometry as well as high performance liquid chromatography to quantify the phenolics of most health interest (ellagic acid and mangiferin). As can be seen in Table 1, not all locations have been completed.

Comparing varieties from Mexico, the pattern in phenolics appears to mimic the pattern seen in beta carotene and vitamin C, with Ataulfo at the high end and Tommy Atkins at the lower end. In Fig. 1 and Table 2, a sample chromatogram of the phenolic compounds present in mango is given, with a list of the types of sugar-phenolic complexes found in mango fruit. This illustrates how complex the fruit are-there are many chemical compounds in mango that are not yet even identified and may turn out to be important for human health. At this point, the number of sugars (6 to 9) and type of sugar (glucose) complexed to the gallic acid phenolic are presented; separation and identification of these will be attempted in the next few months.

A comparison of values for beta carotene and vitamin C in fruits and vegetables is given in Table 3. A perusal of values in the USDA Nutrient Database (<http://www.nal.usda.gov/fnic/>) and conversion to units per g indicates that mango is in the top 10 to 20 of fruits and most vegetables in beta carotene and vitamin C. For 'Ataulfo' mangos, values for beta carotene are similar to carrots, and second only to red pepper or papaya for vitamin C.

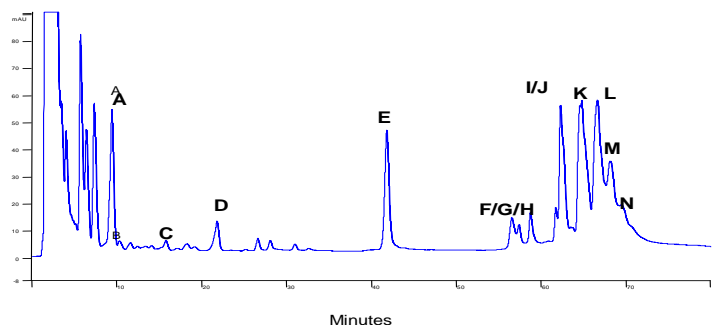


Fig. 1. HPLC chromatogram (275 nm) of mango extract exhibiting UV properties of gallic acid conjugates. Letters represent identified peaks (given in Table 2).

Table 2. Peaks identified in Fig. 1 with UV and mass spectrophotometry.

| Compounds | UV | MS |
|-----------|--------|----------------------|
| A | 265 nm | |
| B | M | mangiferein |
| C | 265 nm | |
| D | GA | galloyl conjugate |
| E | GA | galloyl conjugate |
| F | GA | hexagalloyl glucose |
| G | GA | hexagalloyl glucose |
| H | GA | hexagalloyl glucose |
| I | GA | heptagalloyl glucose |
| J | GA | heptagalloyl glucose |
| K | GA | octagalloyl glucose |
| L | GA | nanogalloyl glucose |
| M | GA | nanogalloyl glucose |
| N | GA | nanogalloyl glucose |

Abbreviations: M, mangiferein; GA galloyl conjugate;

Table 1. Mango variety and country of origin effects on fruit vitamin A (beta carotene), vitamin C, total phenolics, soluble solids, pH, and acidity.

| Variety | Source | | | |
|--|-------------|------|---------|--------|
| | Mexico | Peru | Ecuador | Brazil |
| beta carotene (mg/kg) | | | | |
| Ataulfo | 26.1 | - | - | - |
| Haden | 8.1 | 3.6 | - | - |
| Kent | 21.8 | 11.2 | 12.4 | - |
| Keitt | 10.4 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 5.8 | 5.1 | 4.7 | 4.5 |
| Total Vitamin C (mg/100 g) | | | | |
| Ataulfo | 125.4 | - | - | - |
| Haden | 33.4 | 31.2 | - | - |
| Kent | 27.4 | 26.6 | 26.0 | - |
| Keitt | 24.6 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 20.1 | 20.6 | 20.2 | 17.0 |
| Total phenolics (gallic acid equiv mg/kg) | | | | |
| Ataulfo | 806 to 1309 | - | - | - |
| Haden | 394 to 509 | - | - | - |
| Kent | 374 | - | - | - |
| Keitt | - | - | - | - |
| Tommy Atkins | 231-301 | - | - | 406 |
| Total sugars (%soluble solids content) | | | | |
| Ataulfo | 18.5 | - | - | - |
| Haden | 14.3 | 12.4 | - | - |
| Kent | 16.2 | 15.8 | 18.4 | - |
| Keitt | 15.0 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 13.9 | 13.8 | 13.4 | 12.3 |
| Total acidity (% citric acid) | | | | |
| Ataulfo | 0.26 | - | - | - |
| Haden | 0.16 | 0.35 | - | - |
| Kent | 0.27 | 0.34 | 0.20 | - |
| Keitt | 0.21 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 0.27 | 0.26 | 0.28 | 0.19 |
| puree pH | | | | |
| Ataulfo | 4.08 | - | - | - |
| Haden | 4.26 | 3.60 | - | - |
| Kent | 3.54 | 3.70 | 4.38 | - |
| Keitt | 3.83 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 3.78 | 3.81 | 4.11 | 4.40 |

Table 3. Comparison of beta carotene and vitamin C in mango to other fruits and vegetables (from USDA Nutrient Database).

| Fruit/vegetable (raw) | Nutrient Database | Measured in study |
|-----------------------|--------------------------|-------------------|
| | beta carotene (mg/kg) | |
| Spinach | 56.3 | |
| Carrots | 24.4 | |
| Cantaloupe | 20.2 | |
| Red pepper | 16.2 | |
| Red grapefruit | 6.9 | |
| Mango | 4.4 | 3 to 26 |
| Watermelon | 3.0 | |
| | Vitamin C (mg/100g) | |
| Red Pepper | 191 | |
| Papaya | 191 | |
| Orange Juice | 50 | |
| Strawberry | 59 | |
| Cantaloupe | 37 | |
| Pineapple | 36 | |
| Mango | 28 | 20 to 125 |

12 de febrero de 2007

Informe para National Mango Board

Penelope Perkins-Veazie
USDA-ARS, SCARL
Lane, OK

John Manthey
USDA-ARS,
Winter Haven, FL

Introducción y Proceso:

Los mangos representan una fuente dietética rica en vitamina C y vitamina A. Esta fruta se importa casi exclusivamente a los Estados Unidos. Este estudio se realizó para determinar la variación relativa de poli nutrientes entre las variedades y país de origen. Por espacio de un año, se muestrearon mangos de México, Brasil, Ecuador y Perú. Las variedades que se incluyeron fueron Ataulfo, Keitt, Kent, Tommy Atkins y Haden. En los casos en que fue posible, se hicieron arreglos para minimizar la fuente de huertos dentro de una ubicación como fuente de posibles errores. Por lo general, las frutas no estuvieron maduras (para minimizar magulladuras durante el transporte) y fueron maduradas a temperaturas de 20 a 25° C y a una humedad relativa del 90% por espacio de 5 a 10 días. Todas las frutas en el embarque (de 30 a 40 por variedad y ubicación) se pesaron, se midieron en cuanto a su diámetro y firmeza, pH, y se tomaron los sólidos solubles. De estas, se seleccionaron de 10 a 12 frutas para someterlas a un muestreo a fin de determinar el contenido de vitamina C, beta caroteno y compuestos fenólicos, tales como mangiferina. La selección se basó en la firmeza de la fruta (firmeza máxima de 0.75 lb.), contenido de sólidos solubles (de 12 a 15%) y pH del puré (de 3.1 a 4.5), para asegurar que las frutas estuvieran completamente maduras y se evitaron las frutas que mostraban una coloración café después de su corte (la coloración café puede elevar el contenido de los fenólicos). Se seleccionó un total de 900 frutas y 400 de estas se emplearon para un análisis de cromatografía líquida de alto rendimiento, que es un método utilizado para amplificar y cuantificar los compuestos que no pueden medirse con facilidad.

Resultados:

La mayor parte de las diferencias encontradas entre los mangos se debieron más bien a la variedad que a la fuente (Tabla 1). Ataulfo y Kent fueron los más semejantes en relación a beta caroteno. Ataulfo tuvo de 4 a 6 veces más vitamina C que otras variedades de mangos y parece tener el contenido más elevado de fenólicos totales. La acidez titulable fue baja en todas las variedades de mangos y el pH promedio de las frutas varió de 3.5 a 4.4.

Las mediciones de fenólicos (los fenólicos incluyen compuestos solubles en agua tales como mangiferina y ácido gálico, que son antioxidantes poderosos) resultaron más bien ser un reto. El Dr. Manthey informa que las diferencias entre variedades de mango y entre fruta y fruta han dificultado el análisis y que va a utilizar espectrometría de masa, así como la cromatografía líquida de alto rendimiento para cuantificar los fenólicos de mayor interés para la salud (ácido elágico y mangiferina). Tal como puede verse en la Tabla 1, no se ha terminado el trabajo para todas las ubicaciones. Al comparar las variedades de México, el patrón de los fenólicos parece imitar el patrón que se observa en beta caroteno y vitamina A, estando la variedad Ataulfo en el extremo alto y la variedad Tommy Atkins en el extremo inferior. En la Fig. 1 y la Tabla 2, el cromatograma muestra de los compuestos fenólicos presentes en los mangos es dado, con una lista de los tipos de complejos de fenólicos de azúcar encontrados en los mangos. Esto ilustra la complejidad de las frutas – existen muchos compuestos químicos en los mangos que no han sido identificados aún y que podrían ser de importancia para la salud humana. En este momento, se presenta el número de azúcares (de 6 a 9) y el tipo de azúcar (glucosa) complejado al fenólico del ácido gálico; en los siguientes meses se intentará una separación e identificación de los mismos.

La Tabla 3 proporciona una comparación de los valores de beta caroteno y vitamina C en frutas y verduras. Una lectura cuidadosa de los valores en la Base de Datos de Nutrientes de la USDA (<http://www.nal.usda.gov/fnic/>) y una conversión a unidades por g indica que los mangos se encuentran entre las 10 a 20 frutas principales y la mayoría de las verduras en lo que se refiere a beta caroteno y vitamina C. Con respecto a los mangos ‘Ataulfo’, los valores de beta caroteno son semejantes a los de las zanahorias y ocupan un segundo lugar, estando tan sólo detrás de los pimientos morrones o las papayas en cuanto a vitamina C.

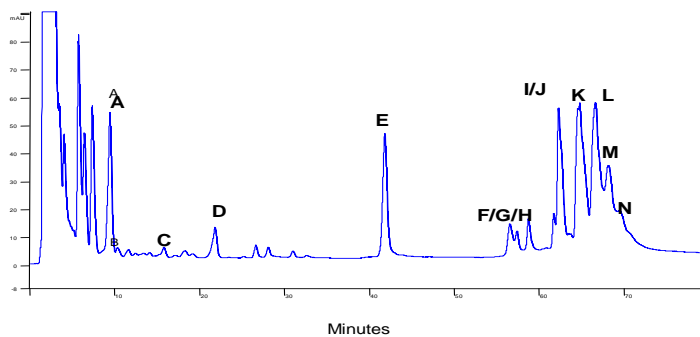


Fig. 1. HPLC chromatogram (275 nm) of mango extract exhibiting UV properties of gallic acid conjugates. Letters represent identified peaks (given in Table 2).

Fig. 1 Cromatografía HPLC (275 nm) de extracto de mango mostrando propiedades UV de conjugados de ácido gálico. Las letras representan los picos identificados (dados en la Tabla 2).

Tabla 2. Picos identificados en la Fig. 1 con rayos UV y espectrofotometría de masa.

| Compuestos | UV | MS |
|------------|--------|------------------------|
| A | 265 nm | |
| B | M | mangiferina |
| C | 265 nm | |
| D | GA | conjugado de galloyl * |
| E | GA | conjugado de galloyl |
| F | GA | glucosa hexagalloyl |
| G | GA | glucosa hexagalloyl |
| H | GA | glucosa hexagalloyl |
| I | GA | glucosa heptagalloyl |
| J | GA | glucosa heptagalloyl |
| K | GA | glucosa octagalloyl |
| L | GA | glucosa nanogalloyl |
| M | GA | glucosa nanogalloyl |
| N | GA | glucosa nanogalloyl |

Abreviaturas: M, mangiferina; GA conjugado de galloyl.

* Nota del traductor: galloyl = éster formado con ácido gálico

Tabla 1. Efectos de la variedad de mango y país de origen sobre la vitamina A (beta caroteno), vitamina C, fenólicos totales, sólidos solubles, pH, y acidez de la fruta.

| Variedad | Fuente | | | |
|---|------------|------|---------|--------|
| | México | Perú | Ecuador | Brasil |
| beta caroteno (mg/kg) | | | | |
| Ataulfo | 26.1 | - | - | - |
| Haden | 8.1 | 3.6 | - | - |
| Kent | 21.8 | 11.2 | 12.4 | - |
| Keitt | 10.4 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 5.8 | 5.1 | 4.7 | 4.5 |
| Vitamina C Total (mg/100 g) | | | | |
| Ataulfo | 125.4 | - | - | - |
| Haden | 33.4 | 31.2 | - | - |
| Kent | 27.4 | 26.6 | 26.0 | - |
| Keitt | 24.6 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 20.1 | 20.6 | 20.2 | 17.0 |
| Total de fenólicos (equivalente de ácido gálico mg/kg) | | | | |
| Ataulfo | 806 a 1309 | - | - | - |
| Haden | 394 a 509 | - | - | - |
| Kent | 374 | - | - | - |
| Keitt | - | - | - | - |
| Tommy Atkins | 231-301 | - | - | 406 |
| Total de azúcares (% contenido de sólidos solubles) | | | | |
| Ataulfo | 18.5 | - | - | - |
| Haden | 14.3 | 12.4 | - | - |
| Kent | 16.2 | 15.8 | 18.4 | - |
| Keitt | 15.0 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 13.9 | 13.8 | 13.4 | 12.3 |
| Acidez Total (% ácido cítrico) | | | | |
| Ataulfo | 0.26 | - | - | - |
| Haden | 0.16 | 0.35 | - | - |
| Kent | 0.27 | 0.34 | 0.20 | - |
| Keitt | 0.21 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 0.27 | 0.26 | 0.28 | 0.19 |
| pH del puré | | | | |
| Ataulfo | 4.08 | - | - | - |
| Haden | 4.26 | 3.60 | - | - |
| Kent | 3.54 | 3.70 | 4.38 | - |
| Keitt | 3.83 | - | - | - |
| Tommy Atkins | 3.78 | 3.81 | 4.11 | 4.40 |

Tabla 3. Comparación de beta caroteno y vitamina C en mangos y otras frutas y verduras (de la Base de Datos de Nutrientes de la USDA).

| Fruta/verdura (cruda) | Base de Datos de Nutrientes | Medido en el estudio |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|
| | beta caroteno (mg/kg) | |
| Espinacas | 56.3 | |
| Zanahorias | 24.4 | |
| Melón cantaloupe | 20.2 | |
| Pimiento morrón | 16.2 | |
| Toronja roja | 6.9 | |
| Mangos | 4.4 | 3 a 26 |
| Sandía | 3.0 | |
| | Vitamina C (mg/100g) | |
| Pimiento morrón | 191 | |
| Papaya | 191 | |
| Jugo de naranja | 50 | |
| Fresas | 59 | |
| Melón cantaloupe | 37 | |
| Piña | 36 | |
| Mangos | 28 | 20 a 125 |