

Calidad y adulteración en muestras comerciales de pimentón

Wierna R.V¹; Davies L.E¹; Orell R.E²; Colodro V¹; Nazareno M³; Bonini N.A.*¹

¹INIQUI – UNSa. Salta, Argentina.

²EEA INTA Encalilla. Amaicha del Valle, Tucumán, Argentina.

³CITSE- UNSE. Santiago del Estero, Argentina.

*bonini@exa.unsa.edu.ar



Resumen

Desde el año 2003 a la fecha se ha efectuado el seguimiento del color, medido en unidades ASTA, y de la presencia de adulterantes en muestras de pimentón (*Capsicum annuum L.*) comercializadas en establecimientos de Salta Capital. Los análisis realizados durante este año revelan que el 40% de las mismas estaban adulteradas con colorantes extraños a las xantófilas naturales del pimiento, provenientes del rocú (*Bixa orellana L.*) e identificados como bixina y norbixina por HPLC y espectroscopía UV-Vis. Los análisis indican que la mayoría de las muestras sin adulteración presentan valores de color inferiores a los establecidos por el Código Alimentario Argentino (CAA) de acuerdo con la denominación provista en el envase, e incluso, algunos, por debajo de los autorizados para su comercialización. Por otra parte, se realizaron con fines comparativos determinaciones de color sobre muestras procedentes de cultivares de diferentes variedades de pimiento de distintas localidades y productores de los Valles Calchaquíes. Finalmente, se intentó establecer las causas por las cuales los valores de color de las muestras comerciales están alejados de los exigidos por el CAA, para lo cual se investigaron los efectos de la molienda y de la temperatura de almacenamiento en la evolución del color con el tiempo.

Palabras clave: pimentón, *Capsicum annuum L.*, adulteración, color.

Introducción

El pimiento para pimentón (*Capsicum annuum L.*) es un cultivo de importancia comercial en la región de los Valles Calchaquíes (Lacci F., 2005). Su producción se extiende desde la provincia de La Rioja hasta la de Salta. En esta región, el secado del pimiento se realiza tradicionalmente al sol, ya sea en canchas o tendedores o secaderos especialmente adaptados al efecto. El sistema de secado afecta el color y la sanidad de los frutos, motivo por el cual se está avanzando en la instalación de secaderos solares con control de temperatura y caudal de aire que mejoran considerablemente las condiciones finales de los mismos.

En años recientes, algunos emprendimientos agronómicos muestran la potencialidad de la producción de pimiento para pimentón en regiones más húmedas como las del Valle de Lerma o el Valle de Siancas. Sin embargo en estas regiones, por sus características climáticas, el secado del fruto debe realizarse mediante el empleo de secaderos calefaccionados con gas, utilizándose estufas de maduración y secado de tabaco modificadas para este fin.

A lo largo del tiempo fueron introducidas variedades de pimiento bien diferenciadas, existiendo hoy una gran diversidad de poblaciones derivadas de las mismas que se cultivan en la región, sin una clara identificación de la semilla. Entre las variedades "locales" se encuentran variedades redondas y alargadas, tales como Redondo de Cachi, Largo de Cachi, Trompa de Elefante, Tacuil o Santa María, entre otras. Además, en los últimos años se introdujeron variedades provenientes de semilleros reconocidos, entre las que se destacan Papri King, Papri Queen, Jaranda y Mayorca.

Recientemente el INTA, en el marco del Proyecto Nacional de Aromáticas, obtuvo y desarrolló en el Campo Demostrativo de Encalilla en Amaicha del Valle (Tucumán) tres variedades comerciales de *Capsicum*, perfectamente diferenciadas e inscriptas en INASE: "Lautaro" (INTA-2008), "Yokavil" (INTA-2004) y "Encalilla Alargado" (INTA-2012), con propiedades interesantes para su comercialización. Entre ellas, "Encalilla

Tabla 1 – Clasificación de pimentón (Resolución Conjunta SPReI y SAGPyA N° 92/2008 y N° 355/2008)

| | Extra | Selección | Común |
|-----------------------------------|-------|-----------|-------|
| Color ¹ (ASTA) | 120 | 90 | 70 |
| Humedad ² (%) | 12 | 12 | 12 |
| Ceniza total ² (%) | 8 | 8,5 | 9 |
| Ceniza insoluble ² (%) | 1 | 1 | 1 |
| Extracto etéreo ² (%) | 23 | 26 | 31 |
| Fibra Bruta ² (%) | 15 | 18 | 20 |

1: Valor mínimo, 2: Valor máximo

Alargado" demostró una gran potencialidad por su elevado contenido de xantófilas (color >350 ASTA en cáscara), su excelente sensación visual y su elevada relación de xantófilas rojas a amarillas (R= xantofilas rojas/xantofilas amarillas), manteniendo un buen nivel de carotenoides pro-vitamina A (Wierna Sánchez Iturbe R. 2013).

El Código Alimentario Argentino (CAA- Cap. XVI - 2008) tradicionalmente clasificó al pimentón en tres calidades: Extra, Selección y Común, basando esta clasificación en cinco parámetros físico-químicos: humedad, ceniza total, ceniza insoluble, extracto etéreo y fibra bruta. A partir del año 2008 (Resolución Conjunta SPReI y SAGPyA N°92/2008 y N°355/2008) incorporó el color ASTA (AOAC International, 2002) como un parámetro más para su clasificación (Tabla 1). Hoy este parámetro se ha convertido en el más restrictivo, hasta el punto en que pimentones con valores de color inferiores a 70 ASTA no deberían ser comercializados.

La comercialización del pimentón tiene tres etapas bien definidas: la del productor agropecuario que lo vende entero a los molinos, la de los molinos que muelen el pimentón con molinos de martillo y piedra, y la de los

Secado al sol de pimientos en Cachi



especieros que envasan el pimentón actuando como intermediarios de las grandes cadenas de distribución. Salvo excepciones, la mayor parte del pimiento para pimentón se envasa y comercializa sin un análisis previo.

Mucho se ha discutido acerca de la adulteración del pimentón (CukierA., 1996). Ésta se realiza de diversas maneras, entre otras, por el agregado de "harinas" (maíz, trigo, arroz o soja) que aumentan el volumen, o bien por el agregado de colorantes a fin de mejorar la sensación visual de los mismos. Dentro de estos últimos, lo más extendido en la Argentina es el agregado de semillas de rocú (*Bixa orellana L.*). Este material de origen natural incorpora los carotenoides bixina y

Figura 1 – Cromatografía en placa fina (a) y espectros UV-Vis (b) de extractos acetónicos de muestras comerciales de pimentón (2014) y de rocú (*B. orellana L.*). Las denominaciones corresponden a muestras de las tablas 2 y 3

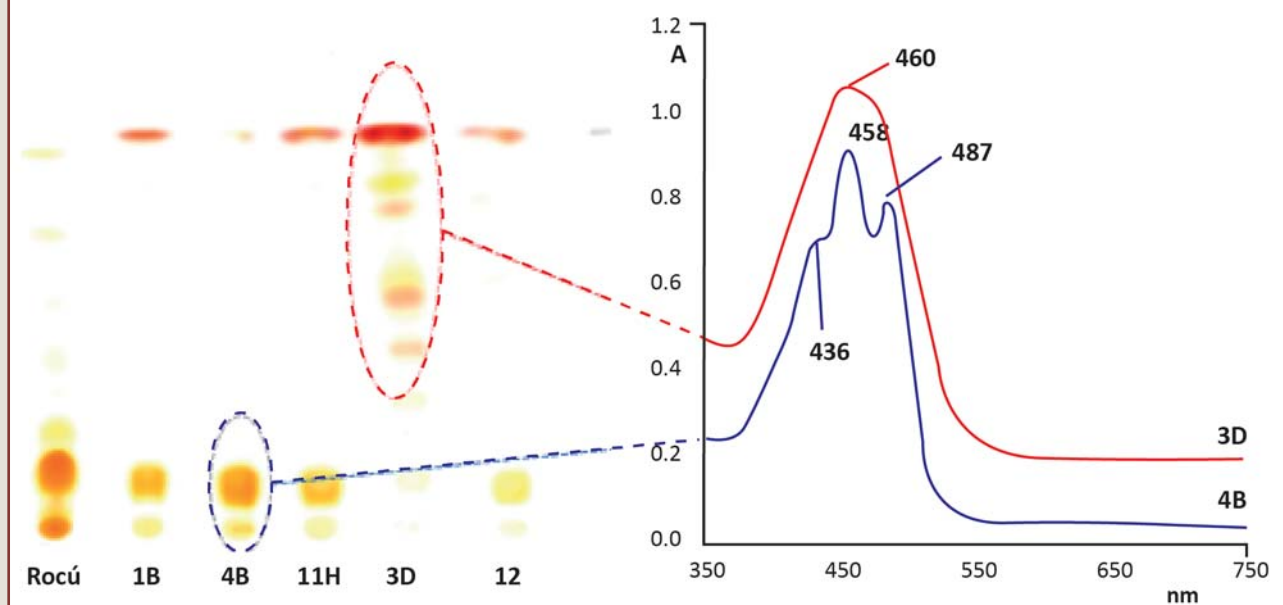
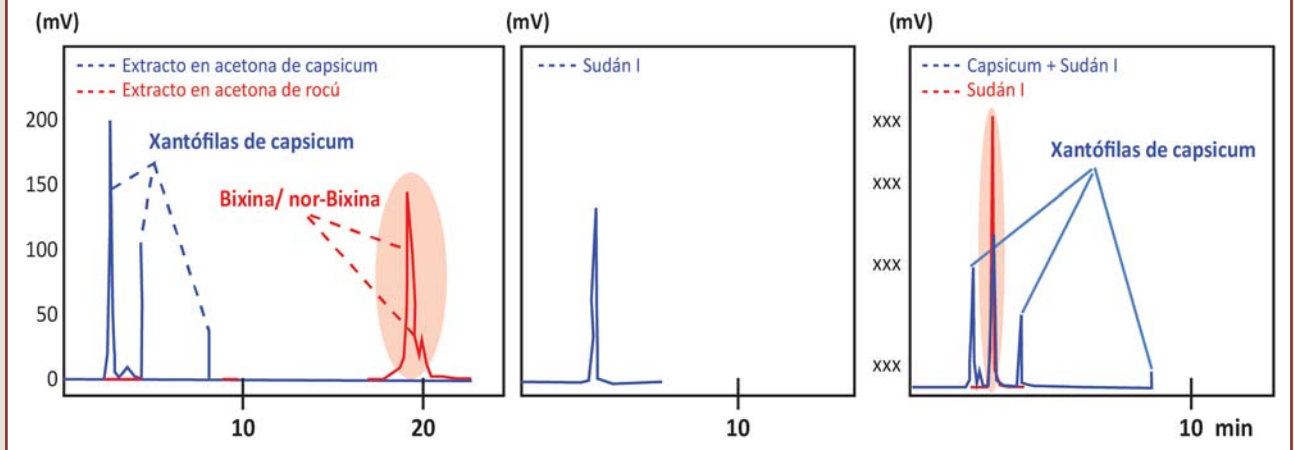


Figura 2 – HPLC sobre columna de SiO₂ de extractos acetónicos de: a) muestra de pimentón (azul) y muestra de rocú (rojo). b) muestra de Sudán I. c) pimentón adulterado con Sudán I.



nor-bixina (Araújo Vilar D., 2014) extraños al pimentón y permite enmascarar malas condiciones sanitarias y comercializar productos no aptos para el consumo.

En el presente trabajo se evalúa el color ASTA de muestras de pimentón comercializadas en la ciudad de Salta y se investiga la presencia de adulterantes. Los resultados se comparan con el color promedio de lo producido en la región, determinado a partir de frutos provenientes de diferentes productores y de distintas variedades, incluidas las que actualmente está desarrollando el INTA.

Materiales y métodos

Material vegetal

Material Prozano-INTA (cosecha 2006-2008). La recolección de los frutos se realizó siguiendo un muestreo por parcelas de distintas variedades y distintos productores que participaron de este ensayo programado por Prozano-INTA. El personal de INTA-Prozano distribuyó semillas perfectamente identificadas de cada variedad, a una población de diez productores (n) distribuidos en la región de los Valles Calchaquíes. El color ASTA se determinó sobre frutos secos a los que previamente se les separó cáscara y semilla. Esto permitió contar con los valores de color tanto de cáscara como de los frutos enteros. En todos los casos los análisis se realizaron por duplicado.

Material proveniente de Estación Experimental de Encalilla, INTA-Tucumán. Se recolectaron muestras frescas durante los meses de abril de los años 2011, 2012, 2013 y 2014 de las variedades Largo de Encalilla (LE), Lautaro (L) y Yokavil (Y). Las muestras frescas se secaron en nuestro laboratorio en estufa con circulación forzada de aire, entre 45 y 50°C. Muestras secas de las mismas variedades, provenientes de cultivares de La Rioja, fueron provistas por personal de INTA.

Muestras comerciales. Las muestras comerciales de diferentes marcas se obtuvieron de diversos establecimientos que expenden el producto en las ciudades de Salta y Jujuy. Las muestras se mantuvieron en las mismas condiciones en las que se encuentran para la venta y el análisis de color se realizó dentro de las 72 horas de recolectadas.

Equipos y reactivos

Para las determinaciones de color se empleó un espectrofotómetro UV-Vis marca Beckman, modelo DU-520, con rango espectral entre 190 y 900 nm. Las determinaciones por cromatografía líquida de alta presión (HPLC) se realizaron en un equipo marca Könik, Modelo KNK-500, provisto de una bomba cuaternaria con programación de gradientes de solventes y de caudales. Todas las drogas empleadas fueron de calidad p.a. y/o de grado cromatográfico y se usaron tal cual fueron adquiridas, sin purificación adicional.

Determinación de color (Técnica ASTA). Se determinó el "color extraíble" (método ASTA 20.1) por medición de la absorbancia a 460 nm de los extractos acetónicos de muestras secas y molidas (< malla 40). Las determinaciones se realizaron por duplicado sobre muestras previamente homogeneizadas.

Presencia de adulterantes. Se determinó por barrido del espectro UV-Vis del extracto acetónico de las muestras, entre 350 y 700 nm (Figura 1) y posterior cromatografía en placa fina (TLC) sobre cromatoplaque de SiO₂ (MERCK), empleando como solvente de desarrollo una mezcla de hexano:acetona (70:30).

La confirmación de los posibles adulterantes se realizó por HPLC empleando una columna de sílice (Zorbax RX- Sil - 250 mm de longitud, 4,6 mm de diámetro interno y 5 µm de tamaño de partículas). Como eluyente se usó un gradiente de hexano, acetato de etilo

Tabla 2 - Determinación de color en muestras comercializadas durante el año 2013

| Marca | Establecimiento | Color ^(a) | Denominación | CAA ^(b) | Vencimiento | Rocú ^(c) |
|-------|-----------------|----------------------|------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|
| 1 | A | 87,6 | Extra Dulce | 110 | 03/2015 | Si |
| 1 | B | 87,8 | Extra Dulce | 110 | 03/2015 | Si |
| 2 | B | 87 | Seleccionado | 90 | 22/07/2014 | No |
| 2 | B | 71 | Seleccionado | 90 | 03/06/2014 | No |
| 2 | C | 77,8 | Seleccionado | 90 | 30/07/2014 | No |
| 3 | A | 86,3 | Extra | 110 | 3/04/2013 ^(d) | No |
| 4 | B | 70,9 | Dulce | 70 | 04/2015 | No |
| 5 | B | 87,38 | Extra Dulce | 110 | 04/2015 | No |
| 6 | C | 89,21 | Extra Dulce | 110 | 23/04/2014 | No |
| 7 | Almacén | 98 | Extra Dulce | 110 | s/fecha | Si |
| 8 | Almacén 1 | 288 | Extra Dulce | 110 | | Si |
| 9 | Mercado (Salta) | 54,36 | ----- | 70 | ----- | No |
| 10 | Mercado (Salta) | 145 | ----- | 70 | ----- | Si |
| 13 | B | 33,5 | Premium ^(e) | 70 | 11/2013 | No |

^(a) Color ASTA determinado por técnica ASTA 20.1 - ^(b) Color ASTA exigido por el CAA de acuerdo a denominación en el envase.-

^(c) Muestras adulteradas con rocú.- ^(d) Fecha de envasado.- ^(e) Elaborado con pimentón extra.

Tabla 3 - Determinación de color en muestras comercializadas durante el año 2014

| Marca | Establecimiento | Color ^(a) | Denominación | CAA ^(b) | Vencimiento | Rocú ^(c) |
|-------|-----------------|----------------------|------------------------|--------------------|---------------------------|---------------------|
| 1 | B | 53,56 | Extra Dulce | 110 | 06/2015 | Si |
| 1 | D | 47,19 | Extra Dulce | 110 | 07/2016 | Si |
| 2 | E | 74,5 | Seleccionado | 90 | 13/08/2015 | No |
| 2 | B | 76,15 | Seleccionado | 90 | 23/08/2015 | No |
| 2 | D | 80,69 | Seleccionado | 90 | 20/10/2015 | No |
| 3 | E | 98,53 | Extra | 110 | 10/07/2015 | No |
| 3 | D | 140,96 | Extra | 110 | 16/06/2016 ^(d) | No |
| 4 | B | 119,61 | Pimiento Dulce | 70 | 04/2016 | Si |
| 5 | B | 137,12 | Extra Dulce | 110 | 09/06/2015 | No |
| 5 | C | 136,42 | Extra Dulce | 110 | 24/07/2015 | No |
| 5 | D | 141,9 | Extra Dulce | 110 | 24/07/2015 | No |
| 6 | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d | n/d |
| 7 | Mercado Salta | 43,93 | Extra Dulce | 110 | s/fecha | Si |
| 8 | Almacén 2 | 211,61 | Extra Dulce | 110 | 09/2015 | Si |
| 11 | Mercado (Salta) | 61,53 | ----- | 70 | ----- | Si |
| 12 | Mercado (Jujuy) | 46,21 | ----- | 70 | 09/2015 | Si |
| 13 | B | 75,95 | Premium ^(e) | 70 | 04/2016 | No |

^(a) Color ASTA determinado por técnica ASTA 20.1.- ^(b) Color ASTA exigido por el CAA de acuerdo a su denominación en el envase.

^(c) Muestras adulteradas con rocú.- ^(d) Fecha de envasado.- ^(e) Elaborado con pimentón extra.

y alcohol isopropílico, con un caudal de 1 mL/min. En la Figura 2 se presentan los cromatogramas característicos de muestras de pimentón sin adulterar y los correspondientes a bixina/nor-bixina proveniente del rocú y al colorante sintético Sudán I.

Análisis estadístico

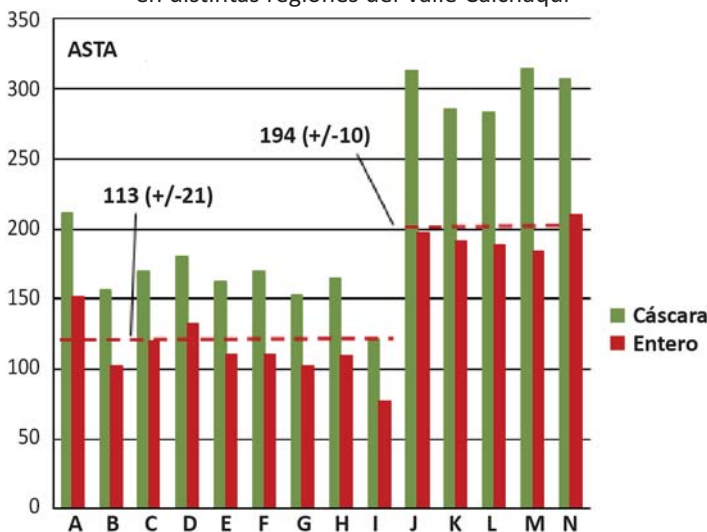
El tratamiento estadístico de los resultados se realizó por análisis de la varianza de los resultados obtenidos, la determinación del valor medio y la dispersión están-

dar en todos aquellos casos en los cuales la cantidad y el tipo de muestras resultan adecuados.

Resultados y discusión

Determinación de color en muestras comerciales
Desde el año 2003 se determinó el color (ASTA) de muestras de pimentón que se expendían en comercios de la ciudad de Salta. En términos generales, se ha procurado realizar el seguimiento de las mismas marcas a lo largo del tiempo, incorporando algunas nuevas que apa-

Figura 3 – Variación del color en cáscara (verde) y en pimiento entero (rojo) en muestras de pimiento para pimentón de la variedad “Papri-Queen” provenientes de cultivares en distintas regiones del Valle Calchaquí



A-I: pequeños productores sin tecnología ni asesoramiento (Proyecto Prozano–Campaña 2006-2008).
 J-N productores con acceso a tecnología, fertilizantes y asesoramiento (Natural Products S.A. Campaña 2008/2009).

recen en el mercado. En las tablas 2 y 3 se pueden observar los resultados obtenidos sobre un total de 31 muestras correspondientes a diez marcas de siete establecimientos comerciales, recolectadas durante los años 2013 y 2014 en la ciudad de Salta. Del total de marcas analizadas, seis de ellas (>40%) se encontraron adulteradas con bixina.

La adulteración de estas muestras se corroboró mediante la recolección y análisis de nuevas muestras de la misma marca, obtenidas en otros establecimientos comerciales. A pesar de su adulteración, sólo dos de las muestras adulteradas presentaron valores de color iguales o superiores a los establecidos por el CAA de acuerdo a su denominación de envasado (Tablas 2 y 3). La presencia de bixina proveniente del rocú en muestras de pimentón comercial ha sido informada por nuestro grupo de trabajo desde el año 2003 hasta la fecha (Bonini N. *et al.*, 2005). En términos generales, pudo observarse que algunas empresas tienen como práctica habitual la adulteración sistemática del producto mediante el agregado de este colorante natural. No se ha observado en ningún caso, desde el año 2003 al 2014, el agregado de colorantes artificiales tales como Sudán I o anilinas.

De las muestras sin adulterar, sólo las correspondientes a una marca (Tabla 3 – muestras 5B, 5C y 5D), recolectadas en 2014, presentaron valores de color acordes con la denominación de su envase (Pimentón Extra – 120 ASTA mínimo). Algunas muestras presentaron valores de color inferiores a 70 ASTA, por lo que no deberían ser comercializadas. Todas las muestras enva-

sadas presentaban fechas de vencimiento correspondientes a los años 2014, 2015 y 2016 (Tablas 2 y 3), por lo que permanecerán a la venta por uno o dos años, con la consiguiente degradación del color como se muestra más adelante.

Variables que afectan la calidad del pimentón

A fin de entender el motivo de la adulteración y/o el incumplimiento respecto de lo establecido en el CAA, se analizaron diferentes variables que afectan el color del pimentón.

1 – Efecto de las condiciones de cultivo sobre la calidad.

En la figura 3 se presentan los resultados obtenidos sobre muestras de una variedad comercial de *Capsicum* (“Papri-Queen” – Petoseed Ltda.) proveniente de distintos cultivares a lo largo de la región de los Valles Calchaquíes. En esta figura se puede observar que la calidad del fruto varía notablemente entre un productor y otro. Esta variación se debe no sólo a las características propias del varietal sino además a las condiciones y manejo del cultivo.

Así, pequeños productores (A-I, Figura 3) sin manejo de tecnología, con baja disponibilidad de insumos agropecuarios y en muchos casos con problemas de riego, produjeron frutos cuyos valores de color fluctuaron entre 152 ASTA y 80 ASTA. Por otra parte, productores con acceso a asesoramiento y que dispusieron de los insumos y agroquímicos necesarios para llevar adelante el cultivo en buenas condiciones (J-N, Figura 3) obtuvieron frutos con valores de color entre 210 y 180 ASTA. Esta variación de la calidad del fruto entre pequeños y grandes productores fue observada también sobre otras variedades de *Capsicum* (Tabla 4).

En la tabla 4 se puede observar que, si bien los valores promedio de color sobre fruto entero son próximos al mínimo de 120 ASTA requerido por el CAA para la denominación Extra, existe una marcada dispersión, con valores de σ^2 entre 481 para la variedad Largo de Cachi y 2518 para la variedad Jaranda. Esta dispersión de los valores se observa, incluso, en muestras de variedades provenientes de semillas certificadas, como son los casos de las variedades Papri-Queen ($\sigma^2 = 1924$) y Yokavil ($\sigma^2 = 715$). Estos resultados son atribuidos a las variadas condiciones de cultivo y posibilidad de prevenir enfermedades durante el cultivo, por parte de cada uno de los productores.

2 – Tipo de varietal. En la tabla 5 se presentan los resultados de la determinación de color en muestras de pimiento para pimentón de las variedades Yokavil (Y), Encalilla Alargado (EA) y Lautaro (L) –procedentes de

Tabla 4 - Variación del color (ASTA) en cáscara y fruto entero en muestras de Capsicum

| Varietal | n | % Cáscara | σ | σ^2 | Color ^(a) cáscara | σ | σ^2 | Color ^(a) entero | σ | σ^2 |
|----------------|----|-----------|----------|------------|------------------------------|----------|------------|-----------------------------|----------|------------|
| Yokavil | 10 | 70,33 | ±3,41 | 17,82 | 137,24 | ±28,62 | 1024 | 97,22 | ±23,86 | 715 |
| Santa María | 9 | 72,64 | ±1,78 | 8,03 | 151,09 | ±40,97 | 2446 | 109,59 | ±28,86 | 1209 |
| Redondo | 13 | 64,50 | ±2,38 | 9,10 | 155,55 | ±32,75 | 1412 | 100,71 | ±23,20 | 672 |
| Papri-Queen | 14 | 66,83 | ±2,59 | 13,77 | 213,87 | ±62,29 | 4966 | 142,10 | ±38,63 | 1924 |
| Largo de Cachi | 10 | 72,20 | ±1,78 | 5,28 | 133,46 | ±15,04 | 811 | 96,51 | ±11,97 | 481 |
| La Consulta | 15 | 70,67 | ±1,86 | 4,85 | 177,93 | ±31,23 | 1401 | 125,70 | ±22,10 | 703 |
| Jaranda | 12 | 57,70 | ±4,03 | 21,44 | 276,15 | ±72,70 | 7552 | 158,73 | ±42,78 | 2518 |

n: cantidad de productores sobre los que se realizó la determinación, σ = desviación estándar promedio, σ^2 = varianza, ^(a) valor promedio en unidades ASTA

Tabla 5: Variación del color ASTA en tres variedades de Capsicum

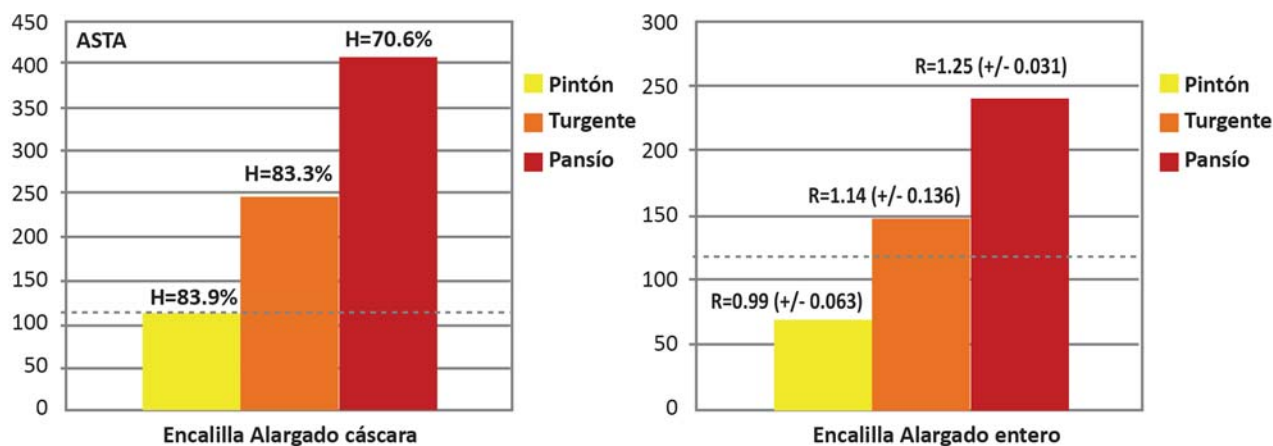
| | | Color en cáscara | Color entero | % de semilla |
|--------------------|-----------------------------|------------------|--------------|--------------|
| Yokavil | La Rioja ^(a) | 164 | 109 | 33,7 |
| | EE Encalilla ^(b) | 323 | 224 | 30,6 |
| Encalilla Alargado | La Rioja ^(a) | 314 | 149 | 47,5 |
| | EE Encalilla ^(b) | 472 | 301 | 36,3 |
| Lautaro | La Rioja ^(a) | 402 | 254 | 36,7 |
| | EE Encalilla ^(c) | 363 | 247 | 32,0 |

^(a) Frutos secos de productores de La Rioja, cosecha 2013. ^(b) Muestras cosechadas frescas y secadas en estufa (45-50°C) recolectadas en Estación Experimental INTA-Encalilla, cosecha 2013. ^(c) Ídem anterior cosecha 2014

productores de La Rioja y de la EE-Encalilla del INTA-correspondientes a las campañas 2013 y 2014. Se observa que el contenido de color es marcadamente dependiente del varietal, con valores que van desde 109 ASTA para la variedad Yokavil hasta 254 ASTA para la variedad Lautaro. Es importante resaltar nuevamente las diferencias de color desarrolladas por el mismo varietal en distintas condiciones de cultivo y secado.

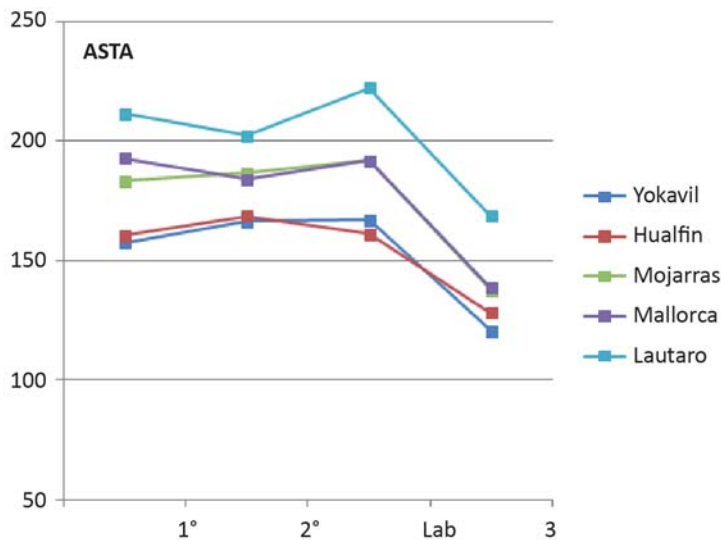
Puede observarse en la tabla 5 que en la variedad Yokavil, sobre frutos seleccionados recolectados en la EE INTA-Encalilla y secados en nuestro laboratorio en estufa a 45-50°C, se alcanzan valores de 224 ASTA, mientras que las muestras correspondientes a los productores de La Rioja, secadas a campo, alcanzan valores de 109 ASTA, de lo que surge que un factor a considerar, que influye en la calidad del fruto, es la condición de

Figura 4 – Variación del color con el grado de madurez alcanzado en planta para la variedad Encalilla Alargado (cosecha 2014)



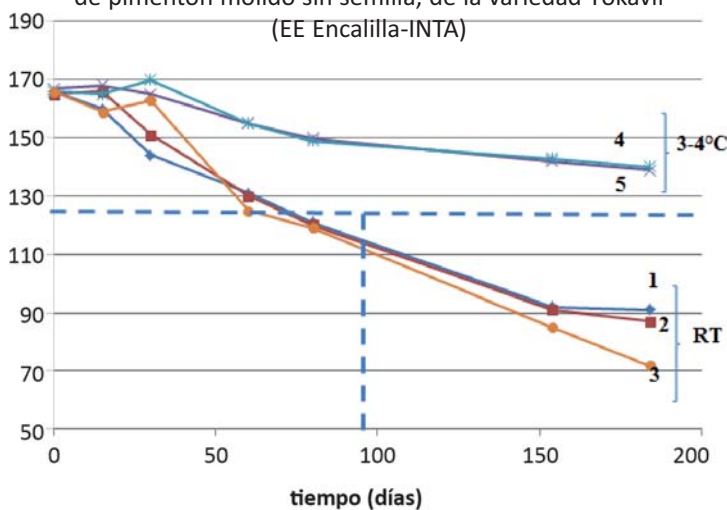
H representa el contenido de humedad del fruto al momento de la cosecha. R es la relación de xantofilas rojas a xantofilas amarillas. La clasificación de "pintón" corresponde a frutos totalmente desarrollados con escasas partes verdes, la de "turgente" corresponde a frutos maduros totalmente rojos y la de "pansío" a frutos parcialmente deshidratados en planta.

Figura 5 – Efecto de la molienda sobre el color ASTA para cinco variedades de pimentón para pimentón



Origen de los frutos: Estación Experimental INTA-Encalilla (cosecha 2008). Los frutos se molieron enteros. 1.- 1° pasada en piedra con tamaño de partícula < 20 mesh. 2.- 2° pasada en piedra con tamaño de partícula < 60 mesh. Lab.- muestra 3 molida en laboratorio a un tamaño < 40 mesh. 3.- Molido grueso en molino de marfil con un tamaño > 2-3 mm.

Figura 6 – Variación del color con el tiempo de muestras de pimentón molido sin semilla, de la variedad Yokavil (EE Encalilla-INTA)



1. En sobre de polietileno transparente de 120 μm (PE-120) cerrado, bolsa negra exterior y temperatura ambiente (RT). 2.- PE-120 sin bolsa negra, en cajón cerrado y RT. 3.- PE-120 sin bolsa negra, a la luz y RT. 4.- Idem 1 y en heladera (3-4°C) 5.- Idem 2 en heladera

secado (Wierna Sánchez Iturbe, 2014). Las diferencias de color resultan también importantes en la variedad Encalilla Alargado, observándose un valor de 149 ASTA para los pimientos de La Rioja contra 301 ASTA para los procedentes de la Estación Experimental INTA-Encalilla. Un factor que también influye en el color del pimentón (fruto molido) es su contenido porcentual de semilla. Ésta aporta material que actúa como diluyente del color desarrollado

en cáscara. El contenido de semilla en el fruto es notablemente dependiente de las condiciones de cultivo. Los frutos obtenidos de cultivos con buena fertilización y riego desarrollan mayor cantidad porcentual de cáscara que aquellos frutos sometidos a estrés hídrico y/o a pobres condiciones de fertilización.

3 - Variación del color con la madurez del fruto. En la figura 4 se muestra la variación del color con el grado de madurez alcanzado por el fruto al momento de su recolección. Por el color y el grado de deshidratación alcanzado, es posible clasificar los frutos en la planta en: a) frutos verdes, en los cuales sólo se han desarrollado los precursores de los carotenoides rojos y amarillos, además de presentar una importante concentración de clorofilas y b) frutos coloreados, entre los cuales podemos diferenciar frutos en estadio "pintón" como frutos totalmente desarrollados con sólo algunas partes verdes; frutos "turgentes" como frutos totalmente rojos y turgentes; y frutos "pansíos" que son aquellos frutos totalmente rojos y parcialmente deshidratados (H=70-75% aproximadamente).

Al momento de la cosecha, es práctica común que la selección de los frutos se realice sólo por su color y no por el grado de deshidratación alcanzado en la planta. Esto conduce a la recolección de una gran cantidad de frutos inmaduros ("turgente" o "pintón"). Estos frutos, aunque luego continúen el proceso de maduración durante el secado, no alcanzan la concentración final de pigmentos que se logra cuando el fruto es recogido en su estadio "pansío".

Durante el pasaje del estadio "pintón" al "pansío" se completa el proceso de biosíntesis de carotenoides y se produce la pérdida de agua (secado). Esta transición está acompañada por un fuerte aumento en el contenido total de carotenoides, por un aumento de la relación entre xantófilas rojas y xantófilas amarillas (R) y una inactivación de los procesos metabólicos como consecuencia de la pérdida de agua (Wierna Sánchez Iturbe, 2013, 2014; Hornero-Méndez Dámaso, 2000). Es así que la recolección de frutos en estadios alejados de su maduración óptima conduce a menores contenidos de pigmentos en el producto final, con una baja relación de rojos a amarillos. Debe tenerse en cuenta, además, que altos valores de R mejoran la calidad del fruto, ya que aumentan la capacidad de tinción y fundamentalmente mejoran la sensación visual.

4 – Efecto de la molienda en la calidad del pimentón. En la figura 5 se muestra la variación del color en cáscara de cinco variedades de pimiento para pimentón como consecuencia de la molienda. Puede observarse que las etapas de molienda en piedra para reducir el tamaño desde una molienda gruesa (2–3 mm aprox.) a valores de 0,5 mm y 0,2 mm sucesivamente, no producen una modificación importante del color, el que resulta comparable al valor de color determinado sobre la misma muestra molida en laboratorio. El menor valor de color observado sobre la muestra correspondiente a molido grueso (>2–3 mm) es consecuencia de una deficiente extracción por el tamaño de partícula.

Efecto de las condiciones de almacenamiento durante la comercialización

La figura 6 presenta la influencia de las condiciones de almacenamiento sobre muestras de pimentón, molidas sin semilla, de la variedad Yokavil. Puede observarse que la temperatura de almacenamiento es el factor más influyente en la pérdida de color en muestras de pimentón envasado. Las muestras guardadas en bolsas de polietileno (120 µm) (PE-120) selladas y conservadas a una temperatura de entre 3 a 4°C evidenciaron una pérdida de color del orden del 16% al cabo de 180 días, mientras que las muestras conservadas a temperatura ambiente (RT) perdieron casi un 50% de su color al cabo del mismo tiempo.

La protección a la luz no provocó un cambio significativo comparado con aquellas sin protección. Este comportamiento es razonable si se considera que el efecto de la radiación afecta sólo la capa expuesta y no a la totalidad de la muestra.

La pérdida de color de muestras conservadas en heladera fue mucho mayor durante los primeros 90 días después de la molienda, haciéndose menos abrupta para los meses sucesivos. Este comportamiento está relacionado con el agotamiento del oxígeno existente al momento de su envasado y probablemente pueda ser minimizado si las muestras se envasan en atmósfera controlada. Pérez-Gálvez *et al.* (2004) reportaron un comportamiento similar, determinando una pérdida de color del 59% al cabo de 18 meses para muestras de pimentón de la variedad Jaranda conservadas en bolsa de plástico en la oscuridad y a temperatura ambiente. De lo expuesto surge que la temperatura de almacenamiento es uno de los factores más importante a considerar durante la conservación de muestras de pimentón. Debería legislarse acerca del período de validez del producto luego de envasado, ya que al cabo de dos años, éste pierde más del 60% de su color original. Sin embargo, es importante realizar estudios más detallados sobre las condiciones de almacenamiento para determinar la forma óptima de conservación el producto.

Conclusiones

Entre los años 2013 y 2014, alrededor del 40% de las muestras analizadas, comercializadas en la ciudad de Salta se encontraban adulteradas por el agregado de rocú (*Bixa orellana*).

De las muestras sin adulterar sólo una presentó un valor de color acorde con la denominación de su envase, lo que demuestra la ausencia de controles para dar cumplimiento a lo exigido por el CAA.

Se encontró que las condiciones de cultivo, la selección del varietal y el grado de maduración del fruto al momento de la cosecha son variables importantes para lograr una adecuada calidad de frutos.

La temperatura y el tiempo de almacenamiento después de la molienda son los factores más importantes durante la etapa de comercialización.

Debería limitarse la validez del producto luego de su envasado a un período no superior a los doce meses y en el envase agregar la frase "conservar preferentemente en frío".

Existen varietales de *Capsicum* de calidad adecuada para dar cumplimiento a los requerimientos del CAA en lo que se refiere su denominación como "Pimentón Extra". A partir de estos varietales, y luego de un exhaustivo trabajo de caracterización, identificación de semillas, control de buenas prácticas de cultivo e industrialización, se podría obtener un producto con particularidades propias de la Región de los Valles Calchaquíes.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado con el financiamiento del INIQUI-CONICET y de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNSa. Los autores agradecen a personal de la Estación Experimental de INTA – Encalilla Tucumán por la provisión de los frutos durante los años 2011 a 2014.

Bibliografía

- AOAC International, 2002. – William Horwitz (Eds.), – Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International, Vol. II, 43 Spices and Other Condiments, 43. 1. 02 Color Extractable in Spices. 17th Ed. Gaithersburg, Maryland.
- Araújo Vilar D. de, Araújo Vilar M. S. de, Lima e Moura T.F.A. de, Nervo Raffin F., Oliveira M. R. de, Oliveira Franco C.F. de, Filgueiras de Athay de-Filho P., Formiga Melo Diniz F. M. de, and Barbosa-Filho J. M. – 2014 – Traditional Uses, Chemical Constituents, and Biological Activities of *Bixa orellana* L.: A Review – The Scientific World Journal – Volume 2014–11 pages (<http://dx.doi.org/10.1155/2014/857292>).
- Bonini, N.A.; Davies L. E., Pacheco C.; Chavarria, J.; Lacci F. – 2007 – Evaluación de la Calidad de Pimiento para Pimentón – XI Congreso CYTAL y 2° Simposio Internacional de Nuevas Tecnologías–Buenos Aires.
- CAA – ANMAT– CAP XVI – Art 1233 – Resolución Conjunta SPRel y SAGPyA N°92/2008 y N° 355/2008.
- Cukier A.– 1996 – Adulterantes y materias extrañas en condimentos. B. ANMAT Vol.IV (N°2).
- Hornero-Méndez D., Gómez-Ladrón de Guevara R. and Mínguez-Mosquera M.I. 2000 – Carotenoid biosynthesis changes in five red pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars during ripening. Cultivar selection for breeding – J. Agric. Food Chem., 48, 3857–3864.
- Lacci F.– 2005.–Mejora de la producción y comercialización del pimiento para pimentón. – Grupo PROZONO – II Seminario Regional Amaicha del Valle.
- Mínguez-Mosquera, M.I., Jaren-Galan, M.A., Garrido-Fernandez, J., – 1994 – Influence of the industrial drying processes of pepper fruits (*Capsicum annuum* cv Bola) for paprika on the carotenoid content. J. Agric. Food Chem. 42 (5), 1190–1193.
- Pérez-Gálvez Antonio, Mínguez-Mosquera M^a I., Garrido-Fernández J., Lozano-Ruiz M^a M. y Montero de Espinosa V.– 2004 – Correlación entre unidades ASTA y la concentración de carotenoides en pimentones. Predicción de la estabilidad del color durante el almacenamiento. Grasas y Aceites Vol. 55. Fasc. 3, 213–218.
- Wierna Sánchez Iturbe R. V.; Nazareno M. A.; Bonini N. A. – 2013 – Variación en la cantidad y el perfil de carotenoides en tres variedades de *Capsicum annuum* de la región de los Valles Calchaquíes–XIV Congreso de Ciencia y Tecnología de los Alimentos.
- Wierna Sánchez Iturbe R.V.; Nazareno M. A.; Bonini N.A. 2014 Efecto del proceso de secado sobre los pigmentos presentes en frutos de *Capsicum*. V Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos – Córdoba – Argentina.