

ASOCIACIÓN ENTRE EL COLOR DE LA PERIDERMIS DE LA PAPA CON CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA INDUSTRIAL

Relationship between potato skin color and characteristics of industrial importance

Mario Alejandro Andreu¹ *, Arione da Silva Pereira²

ABSTRACT

The skin color of potato (*Solanum tuberosum* L.) is a trait of easy evaluation, which could be used as a genetic marker in breeding programs, provided its association with other characteristics, mainly tuber quality traits, were confirmed. The objective of this study was to identify the degree of association between potato skin color with tuber dry matter content and chips color. Clones from six biparental crosses among six commercial cultivars with yellow and red skin and six potato commercial varieties were evaluated for two years. Results showed that genotypes differed for both tuber dry matter content and chip color. Tests indicated no significant association of tuber skin color with tuber dry matter content and chip color. It was concluded that potato skin color has no association with tuber quality traits and should not be considered as a morphological marker for selection of superior genotypes for tuber quality traits.

Key words: *Solanum tuberosum*, breeding, industry, industrial quality.

RESUMEN

El color de la peridermis de los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) es una característica de fácil evaluación, que podría ser usada en los programas de mejoramiento como marcador morfológico, una vez comprobada su asociación con otras características, principalmente las de calidad industrial. Con el objetivo de identificar el grado de asociación entre el color de la peridermis de los tubérculos de papa con la cantidad de materia seca y con el color de los chips, durante dos años se analizaron clones pertenecientes a seis cruzamientos biparentales entre variedades de peridermis colorada y amarilla y seis variedades comerciales. Por los resultados, los genotipos se diferenciaban en los promedios de las dos características mencionadas, comprobándose variabilidad en las mismas. Pruebas adicionales indicaron la ausencia de una asociación significativa entre el color de la peridermis de los tubérculos de papa con los contenidos de materia seca y el color de los chips. Se concluye, por tanto, que el color de la peridermis de los tubérculos de papa no está asociada a la calidad para el procesamiento industrial y, por consiguiente, no puede ser considerada como un marcador morfológico en la selección de genotipos superiores relacionados a estas características.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, mejoramiento, industria, calidad industrial.

¹ Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Lavras, Minas Gerais, Brasil. Caixa Postal 37, CEP: 37200-000. Dirección actual: Avda. 25 de mayo 54 (3357), San Javier, Misiones, Argentina. E-mail: marioandreu@ig.com.br *Autor para correspondencia.

² Embrapa Clima Temperado, BR 392 Km 78, Caixa Postal 403, 96001-970 Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil.

E-mail: arione@cpact.embrapa.br

Recibido: 17 de octubre de 2005. Aceptado: 12 de diciembre de 2005.

INTRODUCCIÓN

El color de la peridermis (piel) de los tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) y su distribución entre las diferentes variedades y cultivares silvestres, presentan un alto valor para la identificación fenotípica y clasificación de las papas. Se distinguen dos tipos principales, las de peridermis amarilla y las de peridermis colorada. Por peridermis amarilla se entiende el color resultante de la expresión directa del color de la pulpa, debido a que la peridermis en este caso es incolora o transparente, y varía desde el crema al pardo claro, pasando por el amarillo. Dentro del grupo de peridermis colorada se describe una variación de tonalidades, desde el rosa pálido al púrpura intenso (casi negro) y todas sus tonalidades intermedias. Esta variación se debe, por un lado, al grado de concentración de pigmentos rojos y, por otro lado, a la introducción del azul púrpura, que es una característica hereditaria que convierte el rojo antocianínico a una tonalidad púrpura (Contreras, 2001).

La pigmentación del tubérculo es una consecuencia directa de la interacción de tres alelos dominantes, en la cual una expresión recesiva determina la ausencia de pigmentación en la peridermis. Los alelos B, I y F controlan la expresión de los pigmentos antocianínicos en los tubérculos de papa, pero son los alelos B e I los responsables por los pigmentos de antocianinas en la peridermis de los tubérculos (De Jeong y Burns, 1993).

El color de la piel de los tubérculos podría ser considerado un marcador morfológico de fácil acceso y de importancia si estuviera íntimamente ligado a características de interés para los mejoradores. Diferentes estudios buscaron establecer el grado de asociación del color de la peridermis con características de calidad culinaria de los tubérculos de papa. Por medio de un levantamiento estadístico hecho con diferentes variedades de papa a lo largo de casi 40 años, en Estados Unidos, Douches *et al.* (1996) verificaron que las diferentes variedades de papa son destinadas para diferentes usos culinarios de acuerdo con el color de la piel. Según estos autores, las variedades de peridermis colorada generalmente poseen bajos contenidos de materia seca (peso específico inferior a 1,070) y, por lo tanto, serían principalmente empleadas para consumo fresco. Al contrario, las variedades de peridermis amarilla serían recomendadas para el procesamien-

to, por los altos contenidos de materia seca (pesos específicos superiores a 1,080) y las bajas concentraciones de azúcares reductores. Estos resultados indicarían que habría algún tipo de asociación entre el color de la peridermis de las diferentes variedades de papa y la calidad para el procesamiento, a pesar que existen opiniones contrarias.

Según Kalazich (2003), Stevick (2003), y la University of Nebraska (2003), el color de la peridermis del tubérculo no determina la calidad intrínseca de cada variedad, y los agrupamientos realizados para establecer los diferentes usos culinarios serían basados en los contenidos de materia seca, concentraciones de azúcares reductores, y principalmente, por la preferencia del consumidor por la calidad y no por el color de la piel.

Debido a la falta de antecedentes concretos en la literatura especializada en relación a la posible asociación entre características de calidad culinaria con el color de la peridermis de papa, el objetivo de este experimento fue determinar el grado de asociación entre el color de la peridermis de los tubérculos de papa con el contenido de materia seca y con el color de la fritura en forma de "chips".

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante los años 2000 y 2001, se evaluaron clones provenientes de los cruzamientos biparentales entre las variedades de peridermis amarilla y colorada Agria x Baronesa, Rioja x Macaca, Pérola x Asterix, Monte Bonito x Asterix, Lady Rosetta x Macaca y C-1226-35-80 x Asterix. Los experimentos se condujeron en la sede de la Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria Clima Templado (EMBRAPA - CPACT), localizada en el municipio de Pelotas (31°52' lat. Sur y 51°21' long. Oeste), Río Grande do Sul, Brasil. En las evaluaciones se incluyeron seis variedades comerciales: Pérola, Atlantic y Monte Bonito, de peridermis amarilla, y Macaca, Asterix y Baronesa, de peridermis colorada. Cada familia se representó por 12 clones, seis de peridermis amarilla y seis de peridermis colorada. Todos provenían de multiplicaciones en campo, por dos generaciones, para obtener un número suficiente de tubérculos para los análisis de materia seca (MS), y de color de fritura.

La materia seca se determinó por medio de secado de los tubérculos cortados en pedazos pequeños

(5 g) en estufa, con circulación de aire a 70°C, hasta llegar a peso constante, y se calculó por la fórmula $MS (\%) = (\text{Peso final} / \text{Peso inicial}) \times 100$.

Para determinar el color de los “chips”, se usaron muestras provenientes de tres tubérculos, de tamaño uniforme, medianos ($\phi > 45$ mm) y sanos. Ocho láminas finas (2-3 mm) se cortaron en la sección media de cada uno de los tubérculos, se lavaron en agua tibia, secaron en papel-toalla y frieron posteriormente en aceite hidrogenado a 180°C aproximadamente por 3 min. En la determinación del color de los “chips”, se empleó una evaluación subjetiva, según lo recomendado por Gould y Plimpton, (1985) y Douches *et al.* (1996), la cual se basa en la comparación del color obtenido a través de la fritura con aquellos predeterminados en una tabla de cinco puntos (1:claro; 5:oscuro), de la Snack Food Association (SFA).

El diseño experimental en las dos épocas del estudio fue de bloques completos al azar, con tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianza de las características, contenido de MS y color de los “chips”, para cada año de experimentación, utilizando el programa estadístico “SISVAR” (Ferreira, 1999). Posteriormente, cuando se verificó la homogeneidad de los cuadrados medios de los residuos, se realizó un nuevo análisis de varianza conjunto relativo a las dos características, considerando los 78 genotipos analizados en los dos años. Cuando hubo efecto significativo de los tratamientos en las variables, se utilizó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad (Pimentel Gomes, 1990) para la comparación de las medias. También se calcularon los coeficientes de variación y la asociación entre los contenidos de MS y el color de los “chips” con el color de la peridermis de los tubérculos, a través de la prueba de chi-cuadrado, por medio de tablas de contingencia 2 x 2, al 5% de probabilidad.

El criterio de clasificación de los genotipos en dos grupos para el análisis de χ^2 , se basó en los patrones para la estimativa de productos de calidad recomendados por la industria y citados por algunos autores. En relación al contenido de MS, se consideró la mediana de los datos (20,0%), número próximo a los sugeridos por Melo (1999) y Love (2000) para la obtención de productos con fritura de buena calidad. En relación al color de los chips, unidades $\geq 3,0$ y $\leq 2,5$ se utilizaron en la discriminación de los grupos, según sugieren Douches *et al.* (1996) y Gould y Plimpton (1985).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se desprende del análisis de varianza conjunta que, cuando es considerada la interacción por año en la característica color de los chips, no se detectó diferencia significativa, indicando que no ocurrieron variaciones importantes de esta característica tanto dentro como entre los clones y en la variedades comerciales, durante los dos años de evaluación. En cuanto a la MS, hubo un efecto significativo de la interacción genotipos x año. Esa diferencia de comportamiento se manifestó tanto dentro como entre los grupos con diferentes colores de peridermis, indicando que la MS es una característica afectada por varios factores, como fecha de plantación, humedad del suelo, época de cosecha y edad fisiológica de los tubérculos, entre otros, y que estos factores ejercen una influencia semejante sobre los diferentes genotipos de papa, independiente del color de la peridermis, contribuyendo a incrementar la variabilidad de los contenidos de MS de un año a otro.

Cuando se verificó a través del análisis de varianza conjunta el efecto significativo de los tratamientos, tanto de los contenidos de MS como del color de los “chips”, se prosiguió al desdoblamiento de los datos para evaluar la significancia tanto dentro como entre los grupos de tubérculos con diferentes colores de peridermis. Se observaron diferencias significativas en los contenidos de MS y de color de los chips solamente dentro de los grupos con peridermis amarilla y colorada, indicando variabilidad para ambas características en los grupos evaluados. Se estableció entonces, un límite más discriminatorio de los genotipos, por medio de una prueba de medias para los dos grupos. En el Cuadro 1 se presentan las medias de cada genotipo para las características consideradas, diferenciadas por la prueba de Tukey ($P < 0,05$), coeficientes de variación (CV) y promedio general, en relación a las familias clonales y a las variedades comerciales.

La media general de MS de los genotipos fue de 19,36%, y los contenidos medios variaron entre 15,9 y 22,2% (Cuadro 1). Estos resultados son normales en papas comerciales y comparables con otros trabajos; Gould (1988) informó que la MS varió entre 18,0 y 21,5% en cinco variedades comerciales americanas, y Akeley *et al.* (1968) encontraron en diferentes ambientes y años, contenidos de 22,9% en la variedad Lenape y de 17,7 y 18,4% en Kathadin y Kennebec, respectivamente. Estos resultados son

Cuadro 1. Color de peridermis, contenido de materia seca (MS) y color de los “chips” de familias clonales y variedades comerciales de papa. Pelotas, Brasil, 2001.**Table 1. Peridermis color, dry matter (MS) content and chips color of clonal families and commercial potato varieties. Pelotas, Brasil, 2001.**

Genotipos	Color de la peridermis	MS (%)	Color de los chips ²
Monte Bonito x Asterix	Amarilla	15,97 a ¹	4,58 e
C-1226-35-80 x Asterix	Colorada	16,21 a	3,33 a
Pérola x Asterix	Colorada	17,13 a	3,58 b
Monte Bonito x Asterix	Colorada	18,03 b	4,25 d
C-1226-35-80 x Asterix	Amarilla	18,45 c	3,50 b
Pérola x Asterix	Amarilla	19,18 d	3,92 c
Agria x Baronesa	Colorada	19,49 d	3,50 b
Agria x Baronesa	Amarilla	19,50 d	2,67 a
Macaca	Colorada	19,51 d	3,83 c
Rioja x Macaca	Amarilla	19,51 d	2,33 a
Baronesa	Colorada	19,66 d	3,08 a
Asterix	Colorada	19,69 d	3,75 c
Rioja x Macaca	Colorada	19,85 d	2,43 a
Monte Bonito	Amarilla	20,22 d	3,92 c
Lady Rosetta x Macaca	Colorada	20,88 e	2,92 a
Pérola	Amarilla	21,44 e	3,00 a
Atlantic	Amarilla	21,64 f	3,16 a
Lady Rosetta x Macaca	Amarilla	22,27 g	2,58 a
CV (%)		5,79	14,68
Media general		19,36	3,35

¹ Valores seguidos por las mismas letras en cada columna no se diferencian significativamente por la prueba de Tukey, al 5% de probabilidad.

² Escala subjetiva de color de chips: 1: claro; 5: oscuro (Snack Food Association).

parecidos a los obtenidos por Douches *et al.* (1996), quienes observaron variaciones en los contenidos de MS y en el color de los “chips” entre variedades comerciales en EE.UU., de acuerdo con el color de la peridermis.

En relación al color de los chips, los tubérculos evaluados presentaron valores fuera de los patrones indicados para industrialización ($\leq 2,5$) según lo especificado por Gould y Plimtom (1985) y Douches *et al.* (1996) a excepción de los tubérculos derivados del cruzamiento de las variedades Rioja x Macaca que presentaron valores medios para el color de chips aceptables (2,33 y 2,43, respectivamente).

El CV de la MS se mostró bajo y dentro de los valores esperados para esta característica, indicando la alta precisión experimental de esta metodología de evaluación. En el caso del CV respecto al color de los chips, la estimación fue de buena precisión y la variabilidad puede ser explicada por las diferentes respuestas a la fritura, derivadas de las eventuales diferencias genéticas intrínsecas.

Del análisis conjunto se desprende, que la ausencia de diferencia significativa entre los genotipos de peridermis amarilla y colorada indica que no existen diferencias en la calidad culinaria de los genotipos, y que tanto la MS como el color de los “chips” se comportaron independientemente del color de la piel de los tubérculos de papa.

Para verificar lo anterior, se establecieron dos grupos con las medias individuales obtenidas de los contenidos de MS y del color de los “chips” de todos los genotipos evaluados en cada año. La MS de los grupos se separó en base a la mediana de los datos (20%) (datos no presentados). Una vez verificado que los valores medios de los contenidos de MS próximos a la mediana no diferían estadísticamente entre sí (prueba de Tukey, $\alpha = 0,05$), se estableció un límite de valores más discriminatorio de los dos grupos, eliminándose las medias semejantes, o sea, valores iguales o mayores a 20,0% estarían relacionados a los mayores contenidos de MS, y los iguales o menores a 19,9% tendrían relación con los menores contenidos de MS. Las medias de

20,0 y 19,9% diferían estadísticamente entre sí y se encontraban equidistantes de la mediana.

Por la prueba de chi-cuadrado, la asociación entre los contenidos de MS de los genotipos y el color de la peridermis de los tubérculos de papa presentaron un resultado de $\chi^2 = 0,22$, no significativo ($\chi^2_{(0,05;1)} = 3,84$) (Cuadro 2). En la asociación del color de los chips de los genotipos con el color de la peridermis de los tubérculos, el resultado obtenido fue de $\chi^2 = 0,33$, también no significativo (Cuadro 3).

No se encontró ninguna referencia que apoye o rechace la metodología empleada, por lo tanto, ante los resultados obtenidos y a la expectativa de nuevas investigaciones que ratifiquen las conclusiones de este trabajo, se puede indicar que las inferencias hechas por Gould y Plimpton (1985), Stevick (2003) y la University of Nebraska (2003) son aceptables y, por lo tanto, el color de la peridermis de los tubérculos no afecta ninguna característica relacionada con el procesamiento de la papa.

Cuadro 2. Número de genotipos de papa con contenidos medios de materia seca $\geq 20,0$ y $\leq 19,9\%$ y sus distribuciones de acuerdo con el color de la peridermis de la papa. Pelotas, Brasil 2001.

Table 2. Potato genotypes number with dry matter mean content ≥ 20.0 and $\leq 19.9\%$ and their allocations according to potato skin color. Pelotas, Brasil 2001.

	Materia seca				Total
	Peridermis colorada		Peridermis amarilla		
	Observado	Esperado	Observado	Esperado	
Materia seca $\geq 20,04\%$	10	9,35	8	8,65	18
Materia seca $\leq 19,96\%$	17	17,65	17	16,35	34
Total	27	27	25	25	52

Cuadro 3. Número de genotipos de papa con valores medios de color de chips $\geq 3,0$ y $\leq 2,5$ y sus distribuciones de acuerdo con el color de la peridermis. Pelotas, Brasil 2001.

Table 3. Genotype number of potatoes with color chips average $\geq 3,0$ and $\leq 2,5$ and theirs allocations according to of potato skin color. Pelotas, Brasil 2001.

	Color de los chips				Total
	Peridermis colorada		Peridermis amarilla		
	Observado	Esperado	Observado	Esperado	
Color de los chips $\geq 3,0$	21	20,22	18	18,78	39
Color de los chips $\leq 2,5$	7	7,78	8	7,22	15
Total	28	28	26	26	54

Escala subjetiva de color de chips: 1: claro; 5: oscuro (Snack Food Association).

CONCLUSIÓN

A través de estos resultados, puede concluirse que el color de la peridermis de los tubérculos de papa no está asociada con los contenidos de materia seca y el color de la fritura de los "chips", descartándose el uso de esta característica como criterio de selección de genotipos de papa con mejor calidad culinaria.

RECONOCIMIENTOS

A todo el personal técnico y de apoyo de la EM-BRAPA Clima Temperado, por la ayuda en la conducción del trabajo, y al Dr. César A.B.P. Pinto, por sus valiosas opiniones.

LITERATURA CITADA

- Akeley, R.V., W.R. Mills, C.E. Cunningham, and J. Watts. 1968. Lenape: a new potato variety high in solids and chipping quality. *Am. Potato J.* 45:142-145.
- Contreras, A. Botánica de la papa. 2001. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Disponible en <http://www.agrarias.uach.cl/webpapa/mitos.html> Leído el 17 de marzo de 2003.
- De Jeong, H., and V.J. Burns. 1993. Inheritance of tuber shape in cultivated diploid potatoes. *Am. Potato J.* 70:267-282.
- Douches, D.S., D. Maas, R.W. Jastrzebski, and R.W. Chase. 1996. Assessment of potato breeding progress in the USA over the last century. *Crop Sci.* 36:1544-1552.
- Ferreira, D.F. 1999. SISVAR 4. 5. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil. Disponible en <http://www.ufla.br> Leído el 20 de marzo de 2003.
- Gould, W.A. 1988. Quality of potatoes for chip manufacture. p. 10-20. *In* Proceedings of Symposium on Potato Quality Industry Needs for Growth. Fort Collins, Colorado, USA. August 1988. Potato Association of America, Fort Collins, Colorado, USA.
- Gould, W.A., and S.L. Plimpton. 1985. Quality evaluation of potatoes cultivars for processing. 205 p. North Carolina Regional Research Publications, Grand Forks, North Carolina, USA.
- Kalazich, J. 2003. Agroindustria de la papa en Chile. *Revista del Campo Online Chile*, 1 agosto 2001. Disponible en <http://www.agroindustrias.org/1-08-01agropapachile.html> Leído el 17 de marzo de 2003.
- Love, S.L. 2000. Important quality characteristics in breeding processing potatoes. p. 261-266. *In* World Potato Congress, September 2000. Amsterdam, The Netherlands.
- Melo, P.E. 1999. Cultivares de batata potencialmente úteis para processamento na forma de fritura no Brasil e manejo para obtenção de tubérculos adequados. *Informe Agropecuário* 20(147):112-119.
- Pimentel Gomes, F. 1990. Curso de estatística experimental. 468 p. 13 ed. Nobel, São Paulo, Brasil.
- Stevick, C. 2003. Biotechnology, potato products in the new millenium. Traducción de Jorge Luis Alonso G. (ed.). *Boletín de la papa* 3(1). 15 de enero de 2001. Disponible en <http://www.redepapa.org/boletintreintauno.html> Leído el 17 de marzo de 2003.
- University of Nebraska. 2003. Potato varieties. Cooperative extension. Available at <http://hortparadise.unl.edu/Newsrelease/News/PotatoesII.htm> Accessed 17 march 2003.