

El Color del Sorgo Granífero y su Relación con el Valor de Comercialización y con su Valor Nutritivo.

Kay Porter, Director de Investigación de Sorgo.
Pioneer Hi-Bred International, Inc.

(Traducción: Ing.Agr. Alberto Chessa)

I. Antecedentes

Las primeras variedades de sorgo tenían una gran variación de colores. Algunas de ellas tales como la Hegari eran de color “blanco tiza”. Otras como Martin and Wheatland tenían un grano de color rojo tenue y algunas tenían semillas de color marrón oscuro. Con el desarrollo de los híbridos de sorgo, un aún más amplio rango de colores se hizo posible dado que padres de diferentes colores fueron cruzados para hacer tales híbridos. Hoy en día, los productores escuchan descripciones tales como blanco, amarillo, crema, hetero-amarillo, hetero-blanco, bronce, anaranjado, rojo oscuro, rojo-marrón, blanco-marrón, amarillo limón, blanco tiza, rojo intenso, blanco perla etc. Tiene el color del grano alguna relación con el rendimiento de dicho híbrido ? Influencia el color del grano el valor nutritivo o el valor de comercialización de un cultivo de sorgo ? Cual es la realidad ? Cual es la ficción ? Este artículo intenta clarificar algunos de los puntos que, a menudo, son causa de confusión cuando se discute con relación al color de los granos del sorgo .

II. Composición química del sorgo.

El grano de sorgo está compuesto por tres partes diferentes: el pericarpio (la cubierta exterior), el germen (embrión) y el endosperma (tejido de almacenamiento). La proporción relativa de cada uno, varía algo con el híbrido y con las condiciones ambientales bajo las cuales se produjo el grano (ej: bajo condiciones de estrés hídrico habrá una mayor proporción de embrión con relación al endosperma, etc.). La tabla 1 muestra la composición típica de los granos de sorgo.

Tabla 1. Composición química del sorgo y sus partes anatómicas.

COMPONENTE	GRANO ENTERO %	ENDOSPERMA %	EMBRION %	PERICARPIO %
Grano entero	100	84.2	9.4	6.5
Rango		81.7-86.5	8.0-10.9	4.3-8.7
Proteína	12.3	10.5	18.4	6.0
Rango	11.5-12.3	8.7-13.0	17.8-19.2	5.2-7.6
Proteína total	100	80.9	14.9	4.0
Grasa	3.6	0.6	28.1	4.9
Rango	---	0.4-0.8	26.9-30.6	3.7-6.0
Grasa total	100	13.2	76.2	10.6
Almidón	73.8	82.5	13.4	34.6
Rango	72.3-75.1	81.3-83.0	---	---
Almidón total	100	94.4	1.8	3.8
Cenizas	1.6	0.4	10.4	2.0
Rango	1.6-1.7	0.3-0.4	---	---
Cenizas total	100	20.6	68.6	10.8

⁼ Data from Haikerwal and Mathieson (1971), Hubbard et al (1950), Jambunathan and Mertz (1973) and Taylor and Schussler (1986)

III. Color del grano.

Varios factores influyen el color del grano del sorgo cuando se lo visualiza. Dentro de estos factores están la genética del color del pericarpio, el espesor del pericarpio, la presencia o ausencia de la testa, color y espesor de la testa presente, y el color del endosperma (véase Rooney y Miller , 1981).

El espesor del pericarpio varía de 8 a 160 μm . Dicho espesor influye en el color del grano que puede ir desde matices del blanco hasta matices del color rosa, anaranjado, rojo y también marrón. En híbridos con el pericarpio muy delgado, la cubierta del grano es casi transparente, y el grano tendrá una apariencia brillante o perlada (translúcido). Si el pericarpio es grueso, el grano es opaco y el mismo va a tener una apariencia apagada sin lustre aunque el color puede variar del blanco al rojo y al marrón. Algunos híbridos, con el pericarpio grueso, poseen una capa de células llamada testa (que es la cubierta seminal que está inmediatamente ubicada debajo del pericarpio) que contiene taninos condensados. Los híbridos con taninos (prácticamente no cultivados en USA, menos del 2% del total de híbridos sembrados), son a menudo llamados resistentes a los pájaros, porque estos últimos, si pueden elegir, prefieren no comer a los híbridos taninosos. Dentro de estos híbridos taninosos, el contenido de tanino dentro del grano varía de acuerdo al grosor de la testa . La misma puede tener de 8 a 40 μm de espesor. Si la testa está presente, el híbrido va a tener taninos. Si la testa está ausente, el híbrido no tendrá taninos, independientemente del color que tenga el grano.

En híbridos con el pericarpio delgado o transparente, uno puede ver a través del mismo al endosperma. El color del endosperma puede ser blanco o amarillo. El color del grano, de estos híbridos, proviene de la combinación del color del pericarpio con el color del endosperma. Por ejemplo, un híbrido con pericarpio rojo, tendrá un grano de color rojo si el endosperma es de color blanco. El color de grano bronce, proviene de un híbrido con pericarpio rojo y con endosperma de color amarillo. Es decir, el color bronce es una consecuencia de la posibilidad de ver el endosperma amarillo a través del pericarpio rojo. Si el pericarpio es grueso y opaco, uno no puede ver el endosperma a través de la cubierta del grano. En tales híbridos, el color del grano está determinado totalmente por el color del pericarpio, excepción hecha para el caso de los híbridos taninosos.

Otros dos simples genes, el " intensificador " y el " difusor " están involucrados también en la determinación del color del grano. El gen intensificador afecta la intensidad del color del pericarpio. Híbridos de color rojo o anaranjado brillantes, contienen al gen intensificador. La presencia del gen difusor, para el caso de los que contienen testa o sea que contienen taninos, hace que estos presenten un grano de color marrón. Ha habido una difusión de los taninos hacia el pericarpio, produciendo tal coloración. En ausencia del gen difusor, algunos híbridos taninosos con un pericarpio blanco grueso, tienen granos de aspecto blanco a causa de que la testa está enmascarada. Son los llamados blancos marrones. (Rooney et al 1981, Serna-Saldivar et al 1995).

La tabla 2 muestra las características de los granos y los colores resultantes de las mismas.

Tabla 2. Características del grano y colores resultantes.

Color Pericarp	Espesor Pericarp	Color Endosperm	Testa Taninos	Gene Intensifica	Gene Difusor	Color del grano
Blanco	Grueso	Blanco	Ausente	Ausente	Ausente	Blanco opaco
Blanco	Delgado	Blanco	Ausente	Ausente	Ausente	Blanco perlado
Blanco	Grueso	Blanco	Presente	Ausente	Ausente	Blanco tiza
Blanco	Grueso	Blanco	Presente	Ausente	Presente	Marrón
Blanco	Delgado	Amarillo	Ausente	Ausente	Ausente	Amarillo
Blanco	Grueso	Amarillo	Ausente	Ausente	Ausente	Blanco
Rojo	Grueso	Blanco	Ausente	Ausente	Ausente	Rojo claro
Rojo	Grueso	Blanco	Ausente	Presente	Ausente	Rojo brillante
Rojo	Grueso	Amarillo	Ausente	Presente	Ausente	Rojo brillante
Rojo	Delgado	Amarillo	Ausente	Ausente	Ausente	Bronce
Rojo	Grueso	Amarillo	Presente	Ausente	Presente	Marrón
Rojo	Delgado	Amarillo	Ausente	Presente	Ausente	Anaranjado brillante/bronce
Rojo	Grueso	Blanco	Presente	Presente	Presente	Marrón intenso/Rojo marrón
Amarillo	Delgado	Blanco	Ausente	Ausente	Ausente	Amarillo limón
Amarillo	Grueso	Amarillo	Ausente	Ausente	Ausente	Amarillo limón

IV. Clases de sorgo granífero y graduación de los estándares

A. En los Estados Unidos de N.A. el estándar de comercialización presenta cuatro clases, las cuales están definidas en base a la presencia o no de la testa y/o en el color del pericarpio. Existen clases similares para otros cultivos (ej.: trigo rojo duro, trigo rojo blando, etc.). El Servicio Federal de Inspección de Granos (FGIS) redefinió las clases de sorgo en 1993, con el objeto de eliminar confusiones. Antes de esa fecha, el sorgo era clasificado como "Sorgo amarillo " y "Sorgo Marrón ". Las cuatro clases establecidas por la FGIS 1993, son las siguientes:

1. **Sorgo** - Sorgo sin taninos debido a la ausencia de la testa. Contiene menos del 98% de sorgo de color blanco y no más del 3% de sorgos con taninos. El color del pericarpio de esta clase puede ser blanco, amarillo, rosa, anaranjado, rojo o bronce.
2. **Sorgo taninoso** - Sorgo que contienen taninos debido a la presencia de la testa. Contiene no más del 10% de sorgos sin taninos. El color del pericarpio de esta clase es usualmente marrón, pero puede ser también blanco, amarillo-rosado, anaranjado, rojo o bronce.
3. **Sorgo blanco** - Sorgo sin taninos debido a la ausencia de testa. No contiene más del 2% de sorgos de otras clases. El color del pericarpio es blanco translúcido e

incluye sorgos que contengan manchas que no cubran más del 25% de la superficie del grano.

4. **Sorgo mezclado** - Sorgo que no reúne ninguno de los requerimientos de las clases anteriores.
- B. Los sorgos de todas las clases en USA, deben cumplir con los estándares de comercialización establecidos por la FGIS, si es que se desea vender dichos granos. Algunos, erróneamente han pensado que el color del grano influencia la graduación de los granos. En la mayoría de los países productores de sorgo (U.S., Méjico, Argentina y Australia) no es este el caso. Los mayores factores considerados en la comercialización de los sorgos son: el peso hectolítrico, el porcentaje de granos dañados, la cantidad de granos rotos o materias extrañas, y finalmente el número de semillas de especies diferentes al sorgo (usualmente malezas) u otras partículas extrañas como vidrios o piedras. (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Requerimientos y grados de comercialización del sorgo en U.S.A.

Factores de graduación	Grados, U.S. Números			
	1	2	3	4
Peso hectolítrico mínimo (libras/bushel)	57.0	55.0	53.0	51.0
Porcentaje límite máximo				
Granos dañados				
Calor	0.2	0.5	1.0	3.0
Total	2.0	5.0	10.0	15.0
Granos rotos/Materias extrañas (%)				
Total	1.5	2.5	3.5	4.5
Total	4.0	7.0	10.0	13.0
Cuenta límite máxima				
Suciedad animal	9	9	9	9
Semillas de Ricino	1	1	1	1
Semillas de Crotalaria	2	2	2	2
Semillas de Xantuna pensylvanicum	7	7	7	7
Vidrios	1	1	1	1
Piedras	3	3	3	3
Substancias desconocidas	3	3	3	3

⁼ Fuente: Federal Grain Inspection Service, U.S. Department of Agriculture, 1993

V. Valor nutritivo del sorgo.

Numerosos estudios de varias instituciones, a través de los últimos 20 años, han demostrado que el valor nutritivo del sorgo granífero es equivalente a un 95-98% del valor del maíz. El objetivo, al usar el grano de sorgo, varía con el tipo de animal a ser alimentado. En animales rumiantes, tales como: ganado vacuno, ovinos y caprinos, el sorgo es usado primariamente como fuente de hidratos de carbono (energía) y la proteína es suplementada en la forma de alfalfa, soja, etc. Para los no rumiantes, tales como los porcinos, aves y peces, el sorgo es también visto como una fuente de energía pero asimismo la calidad y cantidad de sus proteínas también es considerada importante. Las dietas basadas en el sorgo, pueden suplir hasta un tercio de la proteína cruda necesitada por los pollitos y hasta la mitad de la proteína requerida para el crecimiento de los

lechones. El contenido de vitaminas del maíz y el sorgo es similar, pero el sorgo posee una concentración un poco mayor de la mayoría de los minerales. Se han conducido un gran número de ensayos con la finalidad de identificar los factores que inciden en el valor nutritivo del sorgo, tanto para rumiantes como para los que no lo son.. (Ver la revisión de Bramel-Cox et al 1995).

VI. Factores que NO tienen influencia en el valor nutritivo del sorgo.

Al principio, un gran número de ensayos fueron conducidos para comparar el valor nutritivo de los híbridos con diferente color de grano. Los resultados de estos ensayos fueron un tanto variables e inconsistentes. Estudios posteriores, mostraron que las diferencias de rendimiento estaban probablemente asociadas con las diferencias en los tipos de endosperma y de textura más que en las diferencias del color del pericarpio. Sullivan y Douglas (1989) concluyeron que " el color de la cubierta del grano de sorgo (rojo, bronce, amarillo, crema o blanco) tiene muy poca o ninguna correlación con el valor nutritivo, de acuerdo a los estudios de investigación realizados en la Universidad de Nebraska y en otras localidades ".

Si tomamos como referencia la Tabla 1, es obvio que el pericarpio, por si solo, no puede tener un impacto sobre el valor nutritivo del grano en gran proporción, dado que es un pequeño componente (6,5%) del grano de sorgo. El pericarpio, también presenta un muy pequeño porcentaje en la disponibilidad de nutrientes: proteína total 4.0%, grasas 10.6%, almidón 3.8% y cenizas 10.8%. El valor nutritivo es solamente afectado cuando el pericarpio tiene adjunto, una testa conteniendo taninos condensados.

VII. Factores que SI afectan el valor nutritivo del sorgo.

Hay varios factores que afectan el valor nutritivo del sorgo. Entre ellos están el tipo de endosperma y la textura, el almidón y la proteína digestible, presencia de taninos condensados, peso hectolítrico, el ambiente en el cual ha crecido el híbrido, y los métodos de procesamiento del grano previos a su consumo. (Ver la revisión hecha por Bramel-Cox et al 1995).

A. Tipo de endosperma y textura.

Los híbridos con un endosperma ceroso (el almidón es 100% amilopectina) han mostrado ser más digestibles y poseer un mejoramiento en el rango de ganancia y en la eficiencia alimentacia cuando se los compara con los sorgos normales. Hay muy pocos híbridos verdaderamente cerosos disponibles comercialmente.. Los híbridos hetero-cerosos (uno o dos genes cerosos recesivos solamente) han mostrado resultados diversos en los ensayos de alimentación de ganado. Dentro de los híbridos de endosperma normal (25% amilosa, 75% amilopectina), los estudios han mostrado que la textura intermedia de los híbridos supera en rendimiento a los híbridos de endosperma harinoso o corneo duro, cuando se comparan sobre la base de materia seca y energía digestible o sobre la base del rendimiento del animal (cerdos). (Hancock et al 1992, Hibberd et al 1978, Noland et al 1977).

B. Digestibilidad de la proteína y del almidón.

El almidón, en el endosperma del grano de sorgo, está rodeado por una densa y dura capa que resiste tanto la digestión física como la enzimática. En adición a esto, los granos de almidón del endosperma, están embebidos en una densa y pesada matriz de proteína. Estos dos factores, ambos, contribuyen a una baja digestibilidad de la proteína y el almidón del sorgo. Por esta razón, los métodos de procesamiento del grano (ej: el molido, producción de copos con vapor, etc.), permiten exponer los gránulos del almidón y la matriz proteica al proceso digestivo, ayudando así a resolver el problema.

C. Presencia de taninos.

Casi todos los ensayos, de alimentación con sorgo, en no rumiantes (aves y porcinos) demuestran claramente, que los taninos condensados tienen un impacto negativo en el rendimiento y en la ganancia de peso de los animales. El efecto de los taninos condensados, en la dieta de los rumiantes, es menos negativa, pero aún probablemente no es tan buena como la que no contiene taninos condensados. **La investigación ha demostrado que los taninos condensados se ligan a una porción de la proteína del grano, convirtiéndola en no digestible, y limitando así la disponibilidad de proteínas en los híbridos taninosos.**

Asimismo, los taninos condensados, inhiben el normal metabolismo de los nutrientes digeridos y absorbidos, especialmente las proteínas (Ejeta et al 1989).

D. Peso hectolítrico.

Ensayos de alimentación, realizados en la Universidad del Estado de Kansas, han mostrado que la ganancia diaria y la eficiencia en la alimentación de los cerdos a los que se alimentó con granos de sorgo de bajo peso hectolítrico, fue inferior a la de aquellos alimentados con granos de alto peso hectolítrico. Los pollos parrilleros, fueron aún más sensibles a los granos de bajo peso hectolítrico. Sin embargo, este factor, no afectó el valor nutritivo de los granos de sorgo de bajo peso hectolítrico, cuando estos fueron usados para alimentar a los rumiantes (vacunos, ovinos) (Hancock et al 1992).

E. El medio ambiente donde el sorgo es cultivado.

Existe poca información sobre los efectos de específicas condiciones ambientales en la calidad de los nutrientes del grano de sorgo. Es sabido que las mismas pueden modificar las proporciones relativas de los constituyentes del grano de sorgo. Bajo condiciones de estrés de sequía, puede producirse el encogimiento del endosperma y de esa manera los granos quedar con una mayor proporción de embrión. Los granos provenientes de áreas de cultivo bajo estrés, a menudo, pueden poseer un porcentaje

mayor de proteínas que aquellos producidos en óptimos ambientes. Luce et al (1988) tomaron muestras de sorgos cultivados en diferentes partes de Oklahoma. La proteína cruda varió de 10.9% a 16.5%. La interacción del genotipo del híbrido con las condiciones ambientales del área de cultivo a la cual es expuesto, puede tener un mayor impacto en el valor nutritivo del sorgo. Quizás debido a que es cultivado en un número mayor de ambientes que el maíz, el valor nutritivo del sorgo muestra mayores variaciones que las de dicho cereal. Es necesario seguir trabajando para poder documentar la relación existente entre las condiciones ambientales durante el cultivo, y el valor nutritivo resultante del grano de sorgo.

F. Métodos de procesamiento del grano.

El procesamiento del grano de sorgo, puede mejorar su valor nutritivo. La mayoría de los métodos de procesamiento rompen el grano de sorgo, ya sea mecánicamente aplastándolo, moliéndolo, o haciendo uso del calor. De esta manera, lo que se logra es exponer la mayor superficie posible del almidón y de las proteínas a la acción de las enzimas durante el proceso de digestión del animal. . Por regla general, en la medida que el tamaño de las partículas a ser digeridas disminuye, el valor nutritivo aumenta. Los pollos y los porcinos utilizan el sorgo más eficientemente si está molido. Para el caso del ganado de carne o lechero, parece que se aprovechan mejor el grano de sorgo si es procesado con calor al vapor. Este último procesamiento, mejora la utilización del grano de un 12 a 15% en el ganado vacuno, y en el caso del ganado lechero aumenta la producción de leche como así también el contenido en proteínas de la misma (Ver la revisión de Hancock et al 1992).

VIII. Resumen

El color del grano está determinado por el color y el grosor del pericarpio, el color del endosperma, por la presencia o ausencia de la testa u otros genes modificadores del color.

El sorgo ha sido clasificado por la FGIS en USA, en cuatro clases basándose en el color del pericarpio y en la presencia o ausencia de taninos condensados. El color del grano no es tomado en cuenta en la graduación para los fines de la comercialización.

El color del grano (blanco, crema, amarillo, bronce o rojo) no está asociado con su valor nutritivo en el 98% del sorgo cultivado en los Estados Unidos de Norteamérica (es menor al 2% el total producido de sorgo con taninos condensados en dicho país).

Diversos factores, tales como el tipo y textura del endosperma, la digestibilidad del almidón y de la proteína, el peso hectolítrico y las condiciones ambientales del medio donde se cultiva el sorgo, son importantes y han mostrado que influyen el rendimiento y la capacidad alimenticia de los animales, a través de los ensayos de investigación realizados.

Aunque se considera que el sorgo, en promedio, tiene un 95% del valor nutritivo del maíz, es posible mejorar dicho valor haciendo uso de los métodos de procesamiento del grano tales como el partido, molido, inflado con calor vapor.

Es necesario realizar investigaciones adicionales sobre nuevos métodos de procesamiento del grano, y también es importante obtener mejor información referente al efecto de las condiciones ambientales durante el período del cultivo como así el efecto que tiene el manejo del cultivo sobre el valor nutritivo de los híbridos de sorgo granífero.

Referencias bibliográficas

- BRAMEL-COX, P.J., KUMAR, K.A., HANCOCK, J.D. and ANDREWS, D.J. 1995. Sorghum and millets for forage and feed. Sorghum and Millet Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, MN.
- BUTLER, L.G. 1978. p.190. Tannins in sorghum grain: problems, solutions and opportunities. Proc. 33rd Ann. Corn and Sorg. Res. Conf. ASTA. Washington, DC.
- FGIS. 1993. Official United States Standards for Grain. Federal Grain Insp. Serv., U.S. Dept. Of Agric. Washington, D.C.
- HAIKERWAL, M. and MATHIESON, A.R. 1971. Protein content and amino acid composition of sorghum grain. Cereal Chem. 48:690-699.
- HANCOCK, J.D. and BRAMEL-COX, P.J. 1992. p.13. Use of sorghum grain for feeding livestock and poultry. Nebraska Grain Sorg. Devp. and Util. and Mkt. Board.
- HIBBERD, C.A., SCHEMM, R. WAGNER, D.C. 1978. Influence of endosperm type on the nutritive value of grain sorghum and corn. p. 77. Oklahoma State Univ. Anim. Sci. Res. Rep.
- HUBBARD, J.E., HALL, H.H. and EARLE, F.R. 1950. Composition of component parts of the sorghum kernel. Cereal Chem. 51:825-829.
- JAMBUNATHAN, E.M. and MERTZ, E.T. 1973. Relationship between tannin level, rot growth and distribution of protein in sorghum. J. Agric. Food Chem. 21:692-696.
- LUCE, W.G., MAXWELL, C.V., HAWKINS, S.E., WEIBEL, D.W., WOLTMAN, M.D. and BULGERIN, L.E. 1988. Nutrient composition of 15 varieties of Oklahoma sorghum grain. p. 241. Oklahoma State Univ. Anim. Sci. Res. Rep.
- NOLAND, P.R. CAMPBELL, D.R., SHARP, R.N. and JOHNSON, Z.B. 1977. Influence of pericarp and endosperm color and type on digestibility of grain sorghum by pigs. Anim. Feed Sci. Technol. 2:219.
- ROONEY, L.W. and MILLER, F.R. 1981. Variation in the structure and kernel characteristics of sorghum. Proc. International Symposium on Sorghum Grain Quality. ICRISAT, Patancheru, India.
- SERNA-SALDIVAR, S., and ROONEY, L.W. 1995. Structure and Chemistry of sorghum and millets. Sorghum and Millets - Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Of Cereal Chem. St. Paul, MN.
- SHIPMAN, D.R. and EUSTROM, M.H. 1995. Quality evaluation and trading standards. Sorghum and Millets - Chemistry and Technology. Amer. Assoc. Of Cereal Chem. St. Paul, MN.

SULLIVAN, T.W., and DOUGLAS, J.H. 1989. Nutritional value of sorghum grain for poultry. Grain Sorghum Feeding Information for Poultry - Neb. Grain Sorghum Devp., Util. and Mkt. Board. 1995 edition.

TAYLOR, J.R.N., and SCHUSSLER, L. 1986. The protein composition of the different anatomical parts of sorghum grain. *J. Cereal Sci.* 4:361-369.