

Composición química y valor nutritivo del maicillo (sorgo) dulce

Ricardo Bressani, Brenda Rodas, Elsa Gudiel & Claudia Lezama

Centro de Estudios en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala

RESUMEN: El presente documento describe los resultados de análisis químicos de 6 variedades de maicillo dulce (*Sorghum bicolor*) y de una variedad control. La composición química de los materiales analizados identifica la variabilidad entre muestras que provenían de Estados Unidos de Norte América, así como de dos parcelas del área tropical de Guatemala, Santa Lucía Cotzumalguapa y Cocalas Patulul, Guatemala. Los niveles de proteína variaron entre 9 a 14%, el contenido de aceite varió entre 2.5 a 5.5% con un perfil de ácidos grasos similares a los del aceite de maíz. Las fracciones encontradas en la proteína son las albúminas, las globulinas, la prolamina y las glutelinas con una cantidad variable de proteína residual. Los datos muestran altos niveles de pigmentos (taninos) aún en las fracciones proteicas. La evaluación de la digestibilidad y eficiencia proteica (PER) de la proteína dieron valores altos en los granos de maicillo sin color y valores más bajos en los maicillos con color. El índice de eficiencia proteica (PER) depende del nivel de proteína en la dieta, el cual se ajusta de 9.0 -9.5. A este nivel la disponibilidad y la cantidad son determinantes en la biodisponibilidad de los aminoácidos esenciales. El estudio también contiene información de la composición química de la planta completa de cada variedad. Los valores obtenidos muestran el potencial de estos materiales en la alimentación de rumiantes.

PALABRAS CLAVE: maicillo dulce (*sorghum bicolor*), composición química, valor nutritivo, composición química de la planta completa.

Chemical composition and nutritive value of sweet sorghum

ABSTRACT: This paper describes the results of chemical analysis of 6 varieties of sweet sorghum (*Sorghum bicolor*) and a control variety. The chemical composition results show the variability between samples that came from the United States, as well as from two tropical sites in Guatemala, Santa Lucía Cotzumalguapa and Cocalas Patulul. Protein levels ranged from 9 to 14%, oil content ranged from 2.5 to 5.5% with a fatty acid profile similar to those of corn oil. The protein fractions found were albumin, globulin, prolamin and glutelin with a varying amount of residual

protein. Data show high levels of pigments (tannins) associated with protein fractions. The protein digestibility and the protein efficiency ratio (PER) were higher in colorless grain sorghum and lower values in the colored ones. The protein efficiency ratio (PER) depends on the level of protein in the diet, which is adjusted to 9.0 -9.5. At this level the availability and quantity are crucial to the bioavailability of essential amino acids. The study also contains information on the chemical composition of the whole plant from each variety. The values obtained show the potential of these materials as a ruminant feed.

KEYWORDS: sweet sorghum (*Sorghum bicolor*), chemical composition, nutritional value, chemical composition of the whole plant.

Introducción

El maicillo o sorgo, se cree tiene su origen en África Oriental, India y China (Journal Central European Agriculture, Bressani y Gonzaga 1962b, Bressani 1985, Tuna y Bressani 1992). Hoy día se cultiva en Europa, África y las Américas. Este cereal, tiene en la actualidad una importancia tan grande como lo es para el maíz, el trigo, y el arroz, tanto para los programas de producción como de alimentación y nutrición.

Existen muchas variedades diferentes de sorgo que asignan aplicaciones específicas. Hay variedades que son productoras de grano, otras que son forrajeras y las que poseen tallos azucarados, mientras que otras producen abundante materia verde.

El grano es redondo, pequeño y 100 granos pesan 43 gramos en promedio. El grano está formado de 87 % de endospermo, 9 % de germen y 4 % de cáscara (Journal Central European Agriculture, FAO 1995). Las variedades de sorgo se desarrollan bien en regiones secas, superiores al maíz. El mayor enemigo son los pájaros que consumen el grano en estado tierno, sin embargo algunas variedades producen taninos que le dan protección efectiva de los pájaros.

La producción de maicillo en el país con muestras criollas era relativamente baja hacia 1980, año en que principió a desarrollarse variedades mejoradas en rendimiento e híbridos (FAO 1995). Varios estudios informan sobre las características químicas del sorgo, Bressani et al, (1962a, 1962b, 1985), por ejemplo, reportan la composición química y los aminoácidos esenciales de 25 muestras importadas del grano de sorgo y de 2 variedades nativas cosechadas en Guatemala en 1958. En dicho estudio, diez variedades y 13 híbridos de semillas importadas y una muestra nativa fueron sembradas en un lugar y para propósito comparativo, se sembró una muestra nativa en un lugar diferente. Valores promedio obtenidos de las variedades e híbridos respectivamente fueron: proteína 9.4 y 8.9 %; grasa, 3.7 y 3.4 %; fibra cruda, 2.5 y 2.6 %; ceniza, 2.64 y 2.61 %; calcio, 18.51 y 18.23 mg %; fósforo 481 y 519 mg %; tiamina, 0.30 y 0.22 mg %; riboflavina, 0.23 y 0.15 mg % y niacina, 2.78 y 2.96 mg %, expresado en base a 14 % de humedad. Las dos muestras nativas tuvieron en promedio un alto contenido de proteína, tiamina y niacina y un bajo contenido de ceniza, calcio, fósforo y riboflavina. Diferencias significativas en la composición de aminoácidos esenciales fueron encontradas entre las 25 muestras, reflejando una variabilidad genética en el material importado estudiado. Sin embargo, la similitud en la composición química del grano de sorgo al maíz indica que el grano de sorgo puede reemplazar al maíz sin cambiar el valor nutritivo de la dieta significativamente.

En otro estudio se tuvo como propósito establecer si existía una relación entre las características físicas del grano de sorgo y la capacidad de reventado (Tuna y Bressani 1992). Se estudiaron 11 variedades de sorgo (Tuna y Bressani 1992) y se caracterizaron por color, grosor del pericarpio, presencia de testa, color del endospermo, peso de 100 granos y número de granos en 40 gramos, densidad y textura. Antes de someter las muestras al proceso de reventado se estandarizó el método de expansión con respecto a la carga experimental del grano, lo que permitió seleccionar cargas de 62g. Asimismo, se estudió el efecto de la humedad a través de tiempo de remojo, y se logró establecer que 45 minutos daba la mejor expansión. Se encontraron diferencias estadísticas significativas en las características físicas entre las 11 variedades, así como en el cambio de volumen, granos reventados y porcentaje de granos reventados que fluctuó entre 7.42% y 89.29%. Se encontró que el volumen inicial del grano estaba correlacionado negativamente con el volumen final, el cambio en volumen y el porcentaje de granos reventado.

El volumen inicial presentó una correlación significativamente positiva con el cambio en volumen y por ciento de granos reventados, no así con los granos no reventados que dio una correlación negativa. Las variables de expansión estaban correlacionadas significativamente con el número de grano en 40 granos, con la textura del endospermo y la densidad del grano. Se concluyó que aunque la estructura física del grano juega un papel en su expansión, otros factores como la composición química podrían también ser importantes.

La producción de tortilla a base de dos híbridos mejorados de sorgo cultivados en Honduras fueron estudiados (Serna-Saldivar et al 1993). Dos híbridos mejorados de sorgo (*Sorghum bicolor* L Moench) y el sorgo criollo original (*Landrace*) cultivados en Honduras fueron nixtamalizados a fin de producir tortillas. Los

granos de sorgo criollo original tuvieron una densidad más baja y fueron más suaves que los granos de sorgo híbridos mejorados. Los sorgos híbridos mejorados provenían de plantas de color claro y contenían glumas de color marrón claro, mientras que el sorgo criollo original provenía de plantas de color morado y contenía glumas de color negro. Los sorgos suaves fueron cocidos por menos tiempo que los sorgos duros. El grano cocido o nixtamal con una humedad de 53-55% fue procesado en tortillas. Los híbridos mejorados de sorgo produjeron tortillas comparables a las tortillas de maíz *Sureño* (sorgo utilizado como control). El sorgo criollo original produjo tortillas oscuras de calidad no aceptable. La masa y tortillas producidas a partir de sorgo criollo original se fueron oscureciendo durante el proceso especialmente durante el horneado de las tortillas. La composición química de los sorgos y sus respectivas tortillas fue similar en todos los casos. Los sorgos híbridos cultivados en Honduras provocaron un notable mejoramiento en el color de la planta, glumas y pericarpio. Este mejoramiento fue luego observado en la calidad de las tortillas.

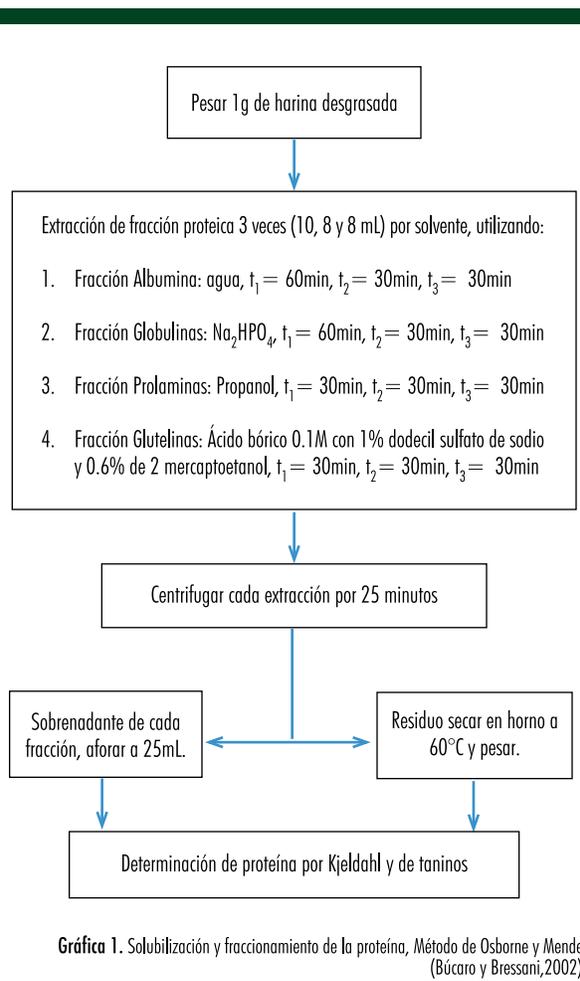
Además de las aplicaciones presentadas, se propusieron también las harinas precocidas de maicillo o procesadas por extrusión o por tecnologías de cocción, como ingrediente de alimentos complementarios (AOAC 1984), así como otros alimentos que incluían mezclas de harinas de cereales y preparaciones populares de países como Nigeria.

Como ya se indicara anteriormente, la familia del maicillo ofrece una variedad amplia del producto como lo es el grano de sorgo, el follaje verde, un tallo con azúcar y alimento para rumiantes. Las variedades de sorgo de tallo azucarado son también productores de semilla que puede utilizarse en el tipo de aplicación ya descrita. El resto de la planta con o sin grano puede dar origen a un producto seco rico en energía para uso en alimentación animal.

Materiales y métodos

Materiales

Para fines de este estudio se trabajó con grano de seis variedades de sorgo dulce provenientes del Estado de Kentucky, EEUU. Estos materiales fueron sembrados en dos localidades de la costa sur de Guatemala, Santa Lucía Cotzumalguapa y Cocal, Patulul. Cada variedad fue sembrada en parcelas experimentales con 6 repeticiones para las variedades de Santa Lucía Cotzumalguapa y tres replicas para las variedades de Patulul. Para fines comparativos se incluyó en las muestras un maicillo criollo y también tres variedades adicionales de sorgo dulce sembradas en las localidades ya indicadas. El grano de cada variedad, fue cosechado, limpiado y enviado al los laboratorios del Campo Central de la (UVG), para su análisis químico proximal. Además del análisis químico de todas las réplicas, se seleccionó una cantidad de aproximadamente 4 kg para fines del análisis biológico de calidad nutritiva.



Métodos

Análisis químico proximal

Las muestras de granos provenientes de cada variedad y de cada localidad, fueron molidas con un molino de martillos, para que pasaran en una malla de 60 para fines del análisis químico proximal que incluyó humedad, proteína, extracto etéreo, cenizas, fibra dietética y carbohidratos por diferencia. Todos los análisis se basaron en los métodos oficiales propuestos por la AOAC (AOAC, 1984). En las muestras también se determinaron el contenido de ácidos grasos por cromatografía de gases y minerales en las cenizas por espectrometría de

absorción atómica (AOAC, 1984). Las muestras sin grasa, se analizaron para dar la fibra dietética siguiendo el método propuesto por SIGMA. El contenido de taninos por el método descrito en la AOAC (AOAC, 1984).

Los métodos anteriormente citados, se aplicaron a los granos de los maicillos así como también a la planta íntegra de cada variedad. En este último caso, cuatro plantas de cada variedad fueron cortadas en trozos de aproximadamente una pulgada y deshidratados al ambiente. Luego fueron molidas con un molino de martillos.

La proteína de la semilla de las ocho variedades fue analizada para caracterizar su distribución dentro del grano en albúminas, globulinas, prolaminas, glutelinas y residuo. El método usado fue el propuesto por Osborne y Mendel (Búcaro y Bressani, 2002) para cereales, descrito en la Gráfica 1.

Evaluación biológica de la proteína del maicillo

Se prepararon dietas con un nivel de proteína final del 9%. Cada dieta fue suplementada con una mezcla de minerales (4%), una mezcla vitamínica completa (1%) y 5% de aceite vegetal. El experimento se llevó a cabo con grupos de 8 ratas de raza WISTAR, 4 hembras y 4 machos. Las ratas contaban con 22 a 24 días de edad y el experimento duró 28 días. En el curso de la tercera semana, se recolectó la materia fecal de cada animal macho por un período de cinco días las cuales fueron analizadas por su contenido de nitrógeno (AOAC, 1984).

Resultados y discusión

Las variedades estudiadas fueron: Umbrella, Dale, Della, M81E, Sugar Drip, HH8015, Pampa E, Pampa Tanol 1, Pampa Tanol 2, Icta Mictlán, Top 76-6 Criollo. Las primeras 9 variedades se clasificaron como rojas y las tres finales como blancas, esto debido al color físico del grano.

Los resultados de la composición química proximal de seis variedades de sorgo dulce se encuentran en el Cuadro 1.

Los resultados de la composición química proximal de las variedades de sorgo dulce en los dos sitios diferentes se encuentran en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 1. Composición química de variedades de sorgo dulce, % peso

| Varietades | Humedad | Cenizas | Proteína | Grasa | Fibra |
|------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| Top 76-6 | 9.11 ± 0.07 | 1.50 ± 0.02 | 12.55 ± 0.28 | 3.86 ± 0.48 | 1.98 ± 0.00 |
| Della | 8.22 ± 0.03 | 1.20 ± 0.08 | 12.51 ± 0.81 | 3.94 ± 0.42 | 0.88 ± 0.02 |
| Dale | 7.14 ± 0.12 | 1.53 ± 0.02 | 13.62 ± 0.36 | 3.55 ± 0.09 | 1.65 ± 0.08 |
| M81E | 10.37 ± 0.15 | 2.10 ± 0.03 | 11.17 ± 0.02 | 3.43 ± 0.05 | 3.87 ± 0.04 |
| Sugar Drip | 10.94 ± 0.19 | 1.86 ± 0.15 | 11.57 ± 0.02 | 2.91 ± 0.46 | 1.60 ± 0.12 |
| Umbrella | 7.84 ± 0.55 | 1.73 ± 0.05 | 12.53 ± 0.11 | 3.62 ± 0.04 | 2.54 ± 0.00 |

Los resultados de la composición química proximal de tres variedades de sorgo dulce y un sorgo criollo se encuentran en el Cuadro 4.

En términos generales, los resultados de los análisis químicos son bastante similares entre las mismas variedades de las dos áreas de cultivo. Por ejemplo el contenido de proteína varió entre 9.6 a 14.38 % para todas las variedades y para todas las localidades estudiadas, posicionándose en los valores más altos a las variedades Dale y M81E.

En el Cuadro 5, se presenta el resultado del fraccionamiento de proteínas de la harina del grano de sorgo de 8 distintas variedades de la localidad de Patulul. Se observa que el contenido de la fracción de glutelina fue mucho más elevado en todas las variedades, en promedio fluctuó en un rango de 44.83 % y 65.56 % de la proteína extraída. Jambunathan et al (1984) (sorgo y mijo perla), indicaron que las glutelinas era la mayor fracción proteica en el sorgo y representaban un 60-

80% de las proteínas extraídas. Al residuo después del fraccionamiento se le determinó el contenido de proteína, y en el mismo cuadro se puede observar que en todas las variedades se obtuvo un resultado relativamente alto lo cual demuestra que la mayor parte de proteínas no fueron solubilizadas.

En cada fracción proteica también se determinó el contenido de taninos, estos compuestos polifenólicos interfieren en la biodisponibilidad de los aminoácidos presentes en la proteína por lo que resulta de interés su determinación. Los resultados se presentan en el Cuadro 6. Se observa que la mayor cantidad extraída fue en la fracción de las glutelinas, seguida de la fracción de albumina. El resultado anterior indica que los taninos de una forma están ligados con las glutelinas, pero también nos muestra que existe una solubilidad con el agua, por lo que se puede tratar la muestra con una serie de lavados de agua para disminuir el porcentaje de taninos en la fracción de las glutelinas.

Cuadro 2. Composición Química de variedades de sorgo Santa Lucía Cotzumalguapa, % peso

| Variedades | Proteína (%) | humedad (%) | Grasa (%) | Cenizas (%) | Fibra cruda (%) | Carbohidratos (%) |
|---------------|--------------|-------------|-----------|-------------|-----------------|-------------------|
| Icta Mictlán | 11.38±0.74 | 6.8±0.80 | 3.39±0.34 | 1.71±0.12 | 2.58±0.50 | 74.14±0.50 |
| Top 76-6 | 13.27±0.70 | 7.16±0.77 | 4.41±0.31 | 1.77±0.37 | 1.11±0.39 | 72.28±0.39 |
| Della | 13.72±1.08 | 6.5±0.88 | 2.92±0.03 | 2.08±0.34 | 2.78±0.44 | 72.00±0.55 |
| Dale | 14.38±0.20 | 5.92±0.38 | 3.4±0.22 | 2.35±0.47 | 1.40±0.34 | 72.55±0.32 |
| M81E | 14.34±0.22 | 7.85±1.23 | 3.77±0.11 | 2.14±0.45 | 3.21±0.55 | 68.69±0.51 |
| Umbrella | 12.42±0.97 | 6.5±0.63 | 3.8±0.13 | 2.27±0.22 | 6.13±0.66 | 68.88±0.52 |
| Hibrido H8015 | 13.07±1.53 | 8.04±0.73 | 2.6±0.20 | 1.39±0.20 | 2.39±0.25 | 72.51±0.58 |
| Sugar Drip | 12.33±1.21 | 7.82±0.62 | 3.1±0.27 | 1.76±0.14 | 2.20±0.41 | 72.79±0.28 |

Cuadro 3. Composición química de variedades de sorgo Cocaleas Patulul, % peso

| Variedades | Humedad | Proteína | Grasa | Cenizas | Fibra Cruda | Carbohidratos |
|--------------|-----------|------------|-----------|-----------|-------------|---------------|
| M81E | 6.6 ± 0.8 | 12.8 ± 0.6 | 3.5 ± 0.1 | 2.0 ± 0.1 | 3.0 ± 0.4 | 72.1±0.4 |
| Della | 6.4 ± 0.7 | 12.0 ± 0.6 | 3.4 ± 0.2 | 1.6 ± 0.1 | 2.0 ± 0.1 | 74.6±0.34 |
| Umbrella | 6.7 ± 0.7 | 12.5 ± 0.8 | 3.9 ± 0.2 | 1.5 ± 0.2 | 3.7 ± 0.5 | 71.7±0.48 |
| Hybrid H8015 | 6.5 ± 1.2 | 10.8 ± 0.9 | 2.6 ± 0.1 | 1.0 ± 0.1 | 2.6 ± 0.3 | 76.5±0.52 |
| Sugar Drip | 6.1 ± 0.7 | 11.9 ± 0.7 | 3.1 ± 0.4 | 1.8 ± 0.1 | 2.2 ± 0.3 | 74.9±0.44 |
| Top 76-6 | 6.6 ± 0.5 | 12.1 ± 0.1 | 3.7 ± 0.2 | 1.9 ± 0.0 | 2.5 ± 0.2 | 73.2±0.2 |
| ICTA Mictlan | 6.6 ± 0.6 | 11.1 ± 0.4 | 2.8 ± 0.0 | 1.8 ± 0.1 | 2.6 ± 0.2 | 75.1±0.26 |
| Dale | 5.8 ± 0.3 | 12.4 ± 0.3 | 3.5 ± 0.3 | 1.7 ± 0.0 | 1.9 ± 0.3 | 74.7±0.24 |

Cuadro 4. Composición Química de variedades de sorgo Jalapa y Texas, EEUU, % peso

| Variedades | Humedad | Proteína | Grasa | Cenizas | Fibra Cruda | Carbohidratos |
|---------------|------------|------------|-----------|-----------|-------------|---------------|
| Sorgo Criollo | 5.7 ± 0.0 | 9.6 ± 0.0 | 3.5 ± 0.1 | 1.3 ± 0.1 | 1.2 ± 0.9 | 78.64±0.22 |
| Pampa E | 10.2 ± 0.2 | 12.6 ± 0.5 | 3.3 ± 0.0 | 2.1 ± 0.3 | 2.6 ± 0.3 | 69.02±0.26 |
| Pampa tanol 1 | 12.6 ± 2.3 | 11.5 ± 0.3 | 4.0 ± 0.1 | 1.8 ± 0.0 | 2.6 ± 0.3 | 67.50±0.6 |
| Pampa tanol 2 | 10.6 ± 0.6 | 11.6 ± 0.4 | 3.7 ± 0.3 | 2.0 ± 0.3 | 2.7 ± 0.1 | 69.40±0.34 |

Cuadro 5. Fraccionamiento de proteínas de la harina de sorgo Cocales Patulul

| Variedades | Fracción | % Proteína extraída | |
|---------------|-----------|---------------------|-------|
| M81-E | Albúmina | 1.83 | |
| Sugar Drip | | 2.67 | |
| Umbrella | | 2.12 | |
| Della | | 2.28 | |
| Dale | | 3.40 | |
| Icta micltlan | | 8.72 | |
| Top76-6 | | 7.96 | |
| Hibrido H8-15 | | 5.28 | |
| M81-E | | Globulina | 2.37 |
| Sugar drip | | | 0.44 |
| Umbrella | 1.02 | | |
| Della | 0.44 | | |
| Dale | 2.10 | | |
| Icta Micltlan | 2.63 | | |
| Top76-6 | 2.17 | | |
| Hibrido H8-15 | 1.73 | | |
| M81-E | Prolamina | | 9.56 |
| Sugar drip | | | 5.92 |
| Umbrella | | 7.91 | |
| Della | | 8.92 | |
| Dale | | 12.87 | |
| Icta Micltlan | | 11.16 | |
| Top76-6 | | 8.33 | |
| Hibrido H8-15 | | 14.82 | |
| M81-E | | Glutelinas | 45.77 |
| Sugar Drip | | | 48.04 |
| Umbrella | 44.83 | | |
| Della | 65.56 | | |
| Dale | 55.42 | | |
| Icta Micltlan | 51.94 | | |
| Top76-6 | 51.81 | | |
| Hibrido H8-15 | 61.86 | | |
| M81-E | Residuo | | 28.69 |
| Sugar Drip | | | 27.73 |
| Umbrella | | 27.40 | |
| Della | | 25.57 | |
| Dale | | 12.91 | |
| Icta Micltlan | | 12.78 | |
| Top76-6 | | 14.96 | |
| Hibrido H8-15 | | 13.02 | |

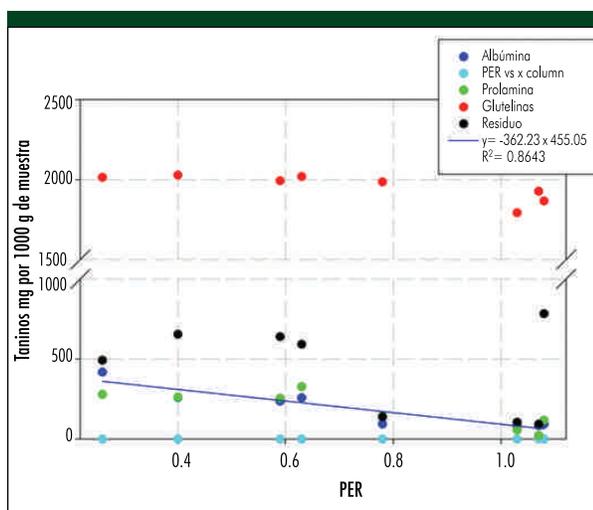
Cuadro 6. Taninos en cada fracción protéica

| Variedades | Fracción | Taninos mg/100g | |
|---------------|-----------|-----------------|---------|
| M81-E | Albúmina | 418.33 | |
| Sugar Drip | | 258.27 | |
| Umbrella | | 236.44 | |
| Della | | 257.50 | |
| Dale | | 94.45 | |
| Icta Micltlan | | 82.69 | |
| Top76-6 | | 83.37 | |
| Hibrido H8-15 | | 93.96 | |
| M81-E | | Globulina | 83.41 |
| Sugar Drip | | | 48.19 |
| Umbrella | 27.12 | | |
| Della | 34.60 | | |
| Dale | 11.91 | | |
| Icta Micltlan | 23.09 | | |
| Top76-6 | 18.64 | | |
| Hibrido H8-15 | 22.26 | | |
| M81-E | Prolamina | | 279.03 |
| Sugar Dri | | | 261.67 |
| Umbrella | | 254.91 | |
| Della | | 326.97 | |
| Dale | | 145.87 | |
| Icta Micltlan | | 56.22 | |
| Top76-6 | | 22.77 | |
| Hibrido H8-15 | | 116.73 | |
| M81-E | | Glutelinas | 2013.85 |
| Sugar Drip | | | 2028.21 |
| Umbrella | 1992.54 | | |
| Della | 2018.50 | | |
| Dale | 1985.97 | | |
| Icta Micltlan | 1792.25 | | |
| Top76-6 | 1926.65 | | |
| Hibrido H8-15 | 1865.72 | | |
| M81-E | Residuo | | 492.47 |
| Sugar Drip | | | 655.02 |
| Umbrella | | 639.94 | |
| Della | | 592.50 | |
| Dale | | 138.49 | |
| Icta Micltlan | | 104.35 | |
| Top76-6 | | 92.69 | |
| Hibrido H8-15 | | 783.02 | |

Cuadro 7. Eficiencia proteica (PER) y digestibilidad en dietas a base de sorgo dulce

| DIETA | Aumento en peso (g) | Eficiencia proteica (PER) | Primera digestibilidad (%) | Segunda digestibilidad (%) | Taninos mg/100g |
|----------------|---------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| 1 umbrella | 14.63 ± 4.27 | 0.59 ± 0.10 | 75.33 | 60.06 | 6006.24 ± 489.77 |
| 2 della | 15.63 ± 4.03 | 0.63 ± 0.10 | 44.62 | 54.37 | 5129.42 ± 347.98 |
| 3 dale | 20.13 ± 5.96 | 0.78 ± 0.13 | 66.34 | 84.22 | 2729.11 ± 629.62 |
| 4 M81E | 6.5 ± 7.63 | 0.26 ± 0.29 | 40.76 | 45.30 | 6159.69 ± 845.92 |
| 5 sugar drip | 8 ± 3.93 | 0.4 ± 0.19 | 45.22 | 45.03 | 4581.4 ± 427.54 |
| 6 top 76-6 | 23.38 ± 2.26 | 1.07 ± 0.08 | 81.6 | 83.23 | 416.49 ± 174.82 |
| 7 ICTA mictlán | 25.13 ± 5.91 | 1.03 ± 0.13 | 78.48 | 85.31 | 1096.03 ± 135.84 |
| 8 HH8015 | 23.75 ± 3.81 | 1.08 ± 0.12 | 74.84 | 80.86 | 2564.71 ± 719.18 |
| 9 control | 130 ± 23.47 | 2.44 ± 0.27 | 84.49 | 87.61 | 0 ± 0.00 |
| 10 DLN* | -9.33 | -8.23 | 0 | 0 | 0 |

*DLN = dieta libre de nitrógeno



Gráfica 2. Porcentaje de taninos en la fracción proteica en función del PER

El nivel de utilización de la proteína y su digestibilidad se evaluó biológicamente empleando ratas. El Cuadro 7, resume los resultados de los ensayos biológicos a las 8 variedades provenientes de Santa Lucía Cotzumalguapa. Los parámetros medidos en el ensayo fueron: el aumento en peso (g), el alimento ingerido (g), la relación de eficiencia proteica (PER) y la digestibilidad (%). Un grupo de ratas alimentadas con una dieta conteniendo proteína de alta calidad y sin adición de harina de sorgo, fue utilizado como parámetro de comparación. Las variedades Top 76-6, Icta Mictlán y el híbrido HH8015 reportaron los valores más altos en eficiencia proteica 1.07, 1.03 y 1.08 respectivamente, que es la mitad del valor obtenido como control 2.44. En el resto de variedades varió de 0.26 a 0.78, siendo el valor más bajo para la variedad M81E y el valor más alto para la variedad Dale. Cabe mencionar que la variedad M81E se sitúa como una de las variedades con el contenido más alto de proteína, sin embargo el resultado de los estudios biológicos demuestra que su eficiencia proteica (PER) es la más baja. Llama la atención que las variedades

Cuadro 8. Contenido de ácidos grasos en variedades de sorgo Sta. Lucía Cotzumalguapa, % peso

| Variedad | Acido palmítico | Acido oleico | Acido linoleico | Acido linolénico |
|------------|-----------------|--------------|-----------------|------------------|
| Dale | 18.51 | 14.36 | 44.78 | - |
| Della | 15.15 | 13.54 | 47.13 | - |
| H8015 | 17.21 | 34.90 | 47.88 | - |
| Micltan | 17.77 | 41.67 | 38.54 | - |
| M81E | 16.50 | 40.10 | 43.40 | - |
| Sugar Drip | 13.52 | 37.72 | 42.44 | 2.01 |
| Top 76-6 | 17.14 | 29.68 | 51.52 | - |
| Umbrella | 13.35 | 34.68 | 48.61 | 1.74 |
| Maíz | 6.00 | 35.00 | 52.00 | - |

Icta Mictlán, Top 76-6 y el híbrido HH8015, reportaron cantidades más bajas de proteína pero niveles muy superiores de PER.

La digestibilidad obtenida en el alimento control, fue del 85% por lo que la digestibilidad esperada después de la aplicación de las dietas a base de sorgo, se espera que sea alrededor de este valor. De los resultados reportados en el Cuadro 7, se establece una correlación entre los valores de PER para las variedades Top 76-6, ICTA Mictlán y HH8015 y la digestibilidad siendo estos del orden de 83.23, 85.31 y 80.86% respectivamente, de los cuales la variedad Top 76-6 se encuentra en una posición muy cercana al valor indicado como control.

A estas variedades, se les une la Dale con una digestibilidad del 84 %, seguida de la variedad Umbrella con un 60 % de digestibilidad, el resto de variedades promedia de 40 a 50%.

La Gráfica 2 muestra que el PER aumenta al disminuir el contenido de taninos en cada fracción proteica.

Otro nutriente no menos importante que la proteína es el aceite contenido en el grano de sorgo. Un promedio de 3% se detectó en todas las variedades, siendo la variedad Top 76-6 la que reportó valores más altos (4%). El perfil de ácidos grasos, Cuadro 8, obtenido de la grasa del grano de sorgo, permite establecer una comparación entre el aceite de maíz y el aceite de grano de sorgo. Su similitud permite posicionar al aceite de sorgo como potencial para el consumo humano. Su contenido de ácidos grasos insaturados, deja margen a su utilización como aceite comestible, sin embargo se hace necesario un estudio más detallado de sus características fisicoquímicas y

organolépticas para ser considerado totalmente apto para el consumo humano. Las variedades Top-76-6 e ICTA Mictlán perfilan los valores más altos en ácidos grasos insaturados oleico y linoléico respectivamente.

El contenido de minerales que se obtiene de analizar las cenizas del grano molido de sorgo, representa en promedio, el 2 % del valor centesimal reportado. No se detecta variación entre localidades y variedades. Ocho minerales fueron analizados y los resultados están expuestos en la Cuadro 9. Minerales como el hierro, calcio y zinc son de importancia en Guatemala. Estudios previos de estos minerales en el maíz, comprobaron que un balance adecuado de estos minerales, favorece la disponibilidad de los mismos y siendo este grano tan parecido en sus propiedades nutricionales al sorgo, podría ser también un indicativo de biodisponibilidad. Otros minerales como el potasio, magnesio y fósforo, también se encuentran en cantidades apreciables.

Una característica no menos importante del grano de sorgo, es su contenido de carbohidratos, que representan el 70 % del grano. El carbohidrato principal que determina las propiedades físicas del grano, es el almidón, cuya capacidad gelificante lo hace adecuado como agente espesante.

Análisis químico del forraje

El Cuadro 10 presenta el resumen del fraccionamiento de las 8 muestras de forraje de sorgo. El fraccionamiento consistió en la determinación de porcentaje fibra detergente ácido, porcentaje de fibra detergente neutro y porcentaje de lignina,

Cuadro 9. Contenido de minerales en variedades de sorgo Sta. Lucía Cotzumalguapa, (mg/100 g de harina)

| Variedades | Zn | Na | Fe | Ca | Cu | K | Mg | Mn |
|--------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|--------------|------------|-----------|
| Sugar Drip | 3.83±1 | 12.00±3.86 | 4.04±0.84 | 4.10±0.21 | 1.12±0.31 | 230.86±11.39 | 20.55±0.17 | 1.36±0.12 |
| HH8015 | 2.69±0.28 | 4.14±0.65 | 2.54±0.33 | 7.34±3.57 | 0.52±0.15 | 240.68±10.43 | 20.95±0.34 | 1.33±0.16 |
| Umbrella | 3.47±0.14 | 2.89±1.07 | 5.41±0.8 | 5.02±0.28 | 1.56±0.22 | 259.53±7.78 | 20.69±0.2 | 1.45±0.15 |
| Della | 3.51±0.26 | 2.79±0.38 | 7.87±5.29 | 7.36±3.18 | 0.90±0.31 | 223.91±4.84 | 20.74±0.21 | 1.37±0.25 |
| Dale | 3.77±0.12 | 2.81±1.15 | 5.93±0.79 | 4.56±0.71 | 0.90±0.22 | 200.88±12.91 | 20.66±0.06 | 1.29±0.24 |
| M81E | 3.56±0.2 | 3.85±1.53 | 7.69±7.64 | 11.77±4.1 | 1.02±0.18 | 234.70±21.28 | 21.46±0.25 | 1.81±0.34 |
| Top 76-6 | 3.15±0.16 | 3.81±0.9 | 3.81±1.56 | 8.04±2.55 | 0.68±0.15 | 223.91±14.42 | 20.93±0.26 | 1.59±0.12 |
| Icta Mictlán | 2.59±0.12 | 6.16±1.11 | 3.58±0.73 | 8.25±0.81 | 0.74±0.2 | 259.12±30.12 | 20.49±0.06 | 1.11±0.09 |

Cuadro 10. Análisis de los polímeros de 8 variedades de sorgo (Patulul)

| Muestra | % Fibra detergente ácido | % Fibra detergente neutro | % de lignina |
|------------|--------------------------|---------------------------|----------------|
| Dale | 33.52% ± 0.16% | 49.88% ± 0.06% | 15.96% ± 0.40% |
| M81E | 39.25% ± 0.31% | 54.09% ± 0.18% | 25.67% ± 0.13% |
| Della | 38.84% ± 0.12% | 54.90% ± 0.14% | 5.33% ± 0.21% |
| Sugar Drip | 34.44% ± 0.22% | 55.59% ± 0.08% | 4.79% ± 0.45% |
| Umbrella | 33.54% ± 0.10% | 51.95% ± 0.17% | 4.32% ± 0.08% |
| Top 76-6 | 37.70% ± 0.10% | 56.82% ± 0.26% | 5.24% ± 0.14% |
| HF | 40.06% ± 0.30% | 61.24% ± 0.26% | 4.89% ± 0.07% |
| Mictlan | 39.34% ± 0.66% | 56.76% ± 0.35% | 4.91% ± 0.09% |

estos análisis fueron determinados para evaluar la calidad del forraje de las 8 variedades.

Con respecto a la presencia de lignina las variedades Dale y M81E son las que presentaron mayor porcentaje 15.96% y 25.67% respectivamente. Estos porcentajes altos en lignina, hacen a estas variedades buenas ayudantes en la limpieza del tracto gastrointestinal de los animales, ya que no retienen tanta agua y disminuyen el tiempo de retención de materia en el intestino grueso y eliminan las heces con mayor rapidez.

Conclusiones

- La composición química de las variedades de sorgo azucarado son similares a la composición química de otras variedades de maicillo. Sin embargo algunas variedades se caracterizan por contener niveles relativamente altos (14%) de proteínas, en comparación del 9% en variedades comunes de este cereal.
- La similitud de la composición química se encontró también en los contenidos de minerales en las cenizas y en el contenido de aceites en la fracción grasa de este grano.
- Se encontró que algunas variedades de las ocho que se analizaron contenían niveles relativamente altos de polifenoles sobre todo aquellas variedades de color rojo en la cáscara.
- La calidad proteica de las variedades de sorgo azucarado fue variada con valores bajos para las variedades con niveles altos en polifenoles.
- Se encontró una relación negativa entre el porcentaje de polifenol y la digestibilidad de la proteína, por consiguiente el menor valor del índice de eficiencia proteica.
- El fraccionamiento de la proteína demostró la presencia de 5 fracciones proteicas en el grano y posiblemente la que contribuye al valor proteico del grano son las glutelinas, las cuales se encontraban en mayores proporciones. Sin embargo se encontró también que las glutelinas contenían niveles altos de polifenoles.

Agradecimientos

Al Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) quien por medio del programa *Food for Progress* financió la ejecución del presente estudio (Contrato OGSM: FCC-520-2010/026-00).

Bibliografía

- AOAC (1984) Official Methods of Analysis 14 th Ed.
- Bressani, R (1957) *Composición química del maicillo y del teosinte* Temas Nutricionales para el Agricultor. INCAP, Guatemala
- Bressani R (1985). *El sorgo en alimentación humana*. 4º. Reunión Anual de la Comisión Latinoamericana de Investigaciones de Sorgo (CLAIS). INCAP, Guatemala

- Bressani R, Gonzaga L (1962) *Mezclas de proteínas vegetales para consumo humano*. Arch Latinoamer Nutr. **12** (2) 345-47
- Bressani R, Ríos B (1962). *The chemical and essential amino acid. Composition of twentyfive selection of grain sorghum* Cereal Chemistry. **39** (1) 50-58
- Búcaro ME, Bressani.R (2002) *Distribución de la proteína en fracciones físicas de la molienda y tamizado del grano de amaranto*. Arch Latinoamer Nutr **52** (2) 167-171
- Jambunathan R, Mertz ET (1973) *Relationship between tannin levels, rat growth and distribution of protein in sorghum* J Agric Fd Chem **21**: 692-696
- Jambunathan R, Mertz ET, Axtell JD (1975) *Fractionation of soluble proteins of high lysine and normal sorghum grain* Cereal Chem **52**: 119-121
- Podkowka Z, Podkowka L (2011) *Chemical composition and quality of sweet sorghum and maize silages* J Central European Agric **12**: 294-303
- Serna-Saldivar SO, Gómez F, Meckenstock D, Cossette C, Rooney LW (1993) *The tortilla making properties of two improved maicillo cultivars from Honduras*. Arch Latinoamer Nutr **43** (4) 299-303
- Tuna E, Bressani R (1992) *Relación entre algunas características físicas de variedades de sorgo (Sorghum vulgare) y su capacidad de reventado* Arch Latinoamer Nutr. **42** (3) 275-82
- Tuna E, Bressani R (1992) *Composición química de once variedades de sorgo (Sorghum vulgare) antes y después del reventado del grano* Arch Latinoamer Nutr **42** (3) pp 291-300