

Artículo Original

**CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA Y TECNOLÓGICA DE
HARINAS DE SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH (SORGO)**

**PHYSICOCHEMICAL AND TECHNOLOGICAL CHARACTERIZATION OF
SORGHUM BICOLOR (L.) MOENCH (SORGHUM) FLOURS**

María Elisa Jorge Rodríguez¹ <https://orcid.org/0000-0002-1786-9840>
Yanelis Saucedo Hernández^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-5146-5164>
Miguel Ángel Alba de Armas¹ <https://orcid.org/0000-0002-4183-789X>
Laura Estupiñán Pérez² <https://orcid.org/0009-0005-5184-0581>
Ana Lurdes Prendes Rodríguez¹ <https://orcid.org/0009-0002-5672-8175>
Orlando Miguel Saucedo Castillo³ <https://orcid.org/0000-0003-1743-5265>

¹ Departamento de Farmacia. Facultad de Química y Farmacia. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Centro de Bioactivos Químicos (CBQ). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

³ Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Junio 11, 2024; Revisado: Junio 28, 2024; Aceptado: Julio 8, 2024

RESUMEN

Introducción:

Sorghum bicolor (L.) Moench es el quinto cereal de mayor importancia en el mundo. Por su composición química es recomendable en la alimentación humana, en especial de personas celíacas, al no contener gluten. Las harinas de sorgo del Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, no disponen de estudios físicoquímicos y tecnológicos para su empleo en la alimentación humana.

Objetivo:

Comprobar que las harinas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cumplen con los requerimientos físicoquímicos y tecnológicos exigidos a los productos nutricionales.



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Yanelis Saucedo, Email: ysaucedo@uclv.edu.cu



Materiales y Métodos:

Se determinaron las densidades (aparente, aparente por asentamiento y real), porosidad, análisis de distribución del tamaño de partícula, fluidez e higroscopicidad. Se evaluaron cualitativamente los extractos mediante Cromatografía de Capa Delgada y tamizaje fitoquímico.

Resultados y Discusión:

Las densidades de todas las harinas coincidieron con lo descrito en lo normado. Las harinas de los cultivares 21 y 74 presentaron una distribución más uniforme del tamaño de partícula y un menor porcentaje de polvo fino. Los cultivares 19 y 20 fueron ligeramente higroscópicos. Se identificaron en los extractos acuosos y etanólicos: cumarinas, alcaloides, fenoles, taninos y flavonoides. El análisis cromatográfico evidenció cumarinas y flavonoides.

Conclusiones:

El cultivar 21 fue integralmente el de mejores propiedades tecnológicas. En todos los cultivares se identificaron cumarinas y flavonoides mediante técnicas cualitativas. Los resultados contribuyen a la certificación de las harinas, según exigencias internacionales y la norma Codex, para su uso en la alimentación humana.

Palabras clave: certificación de harinas; cultivares de sorgo; cumarinas; flavonoides.

ABSTRACT

Introduction:

Sorghum bicolor (L.) Moench is the fifth most important cereal in the world. Due to its chemical composition, it is recommended for human consumption, especially for people with celiac disease, as it does not contain gluten. Sorghum flours from the Agricultural Research Center of the Universidad Central “Marta Abreu” of Las Villas do not have physicochemical and technological studies for their use in human nutrition.

Objective:

To check that flours of sorghum cultivars (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) meet the physicochemical and technological requirements demanded for nutritional products.

Materials and Methods:

Densities (apparent, apparent by settling and real), porosity, particle size distribution analysis, fluidity and hygroscopicity were determined. The extracts were qualitatively evaluated by Thin Layer Chromatography and phytochemical screening.

Results and Discussion:

The densities of all flours coincided with what was described in the standard. The flours of cultivars 21 and 74 presented a more uniform distribution of particle size and a lower percentage of fine dust. Cultivars 19 and 20 were slightly hygroscopic. The following were identified in the aqueous and ethanolic extracts: coumarins, alkaloids, phenols, tannins and flavonoids. Chromatographic analysis revealed coumarins and flavonoids.

Conclusions:

Cultivar 21 was integrally the one with the best technological properties. Coumarins and flavonoids were identified in all cultivars using qualitative techniques. The results contribute to the certification of flours, according to international requirements and the

Codex standard, for use in human nutrition.

Keywords: flour certification; sorghum cultivars; coumarins; flavonoids.

1. INTRODUCCIÓN

Los cereales constituyen un recurso natural valioso, siendo una de las fuentes de alimentos más importante del mundo, tanto para el consumo humano como animal. Presentan efectos beneficiosos para la salud, pues se asocian con un menor riesgo de contraer enfermedad coronaria, diabetes, obesidad, trastornos gastrointestinales y cáncer. Cereales como el trigo contienen gluten, proteína compleja con dificultades para digerirse y péptidos tóxicos grandes de difícil absorción a través del intestino delgado. El grano de sorgo tiene ventajas sobre el de maíz, ya que representa un sustrato muy pobre para el desarrollo y producción de aflatoxinas, requiriendo muy pocos insumos para su crecimiento y desarrollo (Thilakarathna y col., 2022).

Sorghum bicolor (L.) Moench (sorgo) presenta buena adaptabilidad y rendimientos aceptables, por lo que se le ha denominado “el cereal del siglo XXI”. Este cultivo tiene gran importancia a escala mundial, ya que está comprobado que puede sustituir cereales como el trigo y el maíz en la mayoría de los usos de estos, tanto en la alimentación humana como en la producción de forraje o grano para la ceba de animales, y también en la industria (De Morais, (2016); Espitia y col., (2022)). Al presentar un alto contenido en fibra dietética, proteínas y almidón, es benéfico para preparar los alimentos de personas con problemas de diabetes u obesas. La inclusión de sorgo en la dieta puede contribuir a mantener el índice glucémico (Brito, 2017)

Los compuestos fenólicos del sorgo pueden contribuir a lo anterior, porque modulan la absorción de carbohidratos y los taninos pueden reducir la actividad de la enzima α -amilasa y pueden interactuar con el almidón, formando almidón resistente, que no se digiere. En consecuencia, hay una reducción de la respuesta glucémica posprandial y las fibras dietéticas llegan intactas al intestino y, por tanto, el vaciado gástrico es más lento, reduciendo la velocidad de digestión y absorción de los carbohidratos (Brito, 2017).

El sorgo no contiene gluten, siendo útil en la alimentación de pacientes celíacos ((De Morais, (2016); Espitia y col., (2022); Rodrigues, (2021)). De acuerdo con cifras recientes en Cuba existen alrededor de 900 personas diagnosticadas con celiacía, sin embargo se estima que pueden existir otras que permanecen asintomáticas, siendo el sorgo una alternativa viable en la alimentación de estos pacientes (Díaz, 2024). El sorgo como cereal, constituye una alternativa para reducir costos en la alimentación sin perder el contenido nutricional; ya que el trigo y el sorgo son muy similares (Thilakarathna y col., 2022).

El Ministerio de la Agricultura de la República de Cuba, ha realizado esfuerzos considerables con el objetivo de generalizar diferentes genotipos de sorgos, destacándose los graníferos, forrajeros y de doble propósito, con la finalidad de desarrollar alternativas productivas que contribuyan a garantizar la seguridad alimentaria de la población e incrementar el consumo de proteína de origen animal (Saucedo y col., 2017).

La Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), ha desarrollado

investigaciones sobre el cultivo de sorgo para elaborar productos dirigidos a la alimentación humana (fideos, espaguetis, panes, dulces, entre otros) (Ruiz., 2013; Ramírez y col., 2021).

Los cultivares (cv. S19, cv. S20, cv. S21, cv. S74), provenientes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UCLV), carecen de estudios físicoquímicos y tecnológicos que avalen su empleo en la alimentación humana. Dicha evaluación debe ser realizada siguiendo las metodologías descritas en normas internacionales (FAO, 2023). Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de la investigación es comprobar que las harinas de cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cumplen con los requerimientos físicoquímicos y tecnológicos exigidos a los productos nutricionales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el período comprendido entre mayo de 2022 y septiembre de 2023, en el Departamento de Farmacia, perteneciente a la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba.

Se evaluaron cuatro cultivares del sorgo (cv. S19, cv. S20, cv. S21, cv. S74), procedentes de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México. Se trabajó con los granos de estos cultivares que pertenecen al Banco de Germoplasma de la UCLV. Se desarrollaron cinco réplicas en todos los procedimientos experimentales desarrollados.

2.1. Obtención de las harinas de sorgo

Los granos de sorgo se lavaron manualmente con agua potable, para dejarlos libre de impurezas y se realizó su secado en estufa a 65°C (24 h, hasta un 10% de humedad residual). La molienda se realizó en un molino de cuchillas (Retsh GMBH, Alemania). El material molido fue tamizado mediante un tamiz de abertura de malla de 500 µm. (FAO, 2023).

2.2. Caracterización físicoquímica y tecnológica de las harinas de sorgo

2.2.1. Análisis de la distribución del tamaño de partículas

Este estudio se realizó por el método del tamizado (Ramírez y col., 2020), donde se pesaron 50 g de cada harina de los cultivares de sorgo, empleando tamices de 600, 500, 425, 355, 250, 212, 150, 106 µm y el colector.

2.2.2 Densidad aparente (da), aparente por asentamiento (daa), real (dr)

Las densidades aparente (da), aparente por asentamiento (daa) y real (dr) se determinaron por los métodos de la probeta y el picnómetro respectivamente según la British Pharmacopoeia, (2020).

2.2.3. Porosidad

Este parámetro fue determinado según la ecuación de Martin (1), (Salinas, 2022).

$$e = \left(1 - \frac{da}{dr}\right) * 100 \quad (1)$$

2.2.4. Índices de compresibilidad (de Carr y de Hausner)

Estos índices se determinaron según las expresiones referidas por (Ramírez y col., 2020) (2 y 3).

$$\text{Índice de Carr} = \frac{[(D_{aa} - D_a)]}{D_{aa}} * 100 \quad (2)$$

$$\text{Índice de Hausner} = \frac{D_{aa}}{D_a} \quad (3)$$

2.2.5. Ángulo de reposo y velocidad de flujo

Ambas propiedades se realizaron según las metodologías descritas en la literatura (Ramírez y col., 2020). El ángulo de reposo se determinó por trigonometría a una masa de polvo sobre una superficie horizontal luego de fluir a través de un embudo. La velocidad de flujo tiene en cuenta para su cálculo la masa del polvo evaluada y tiempo que demoró en fluir.

2.2.6. Evaluación de la higroscopicidad de las harinas de los cultivares de sorgo

Se pesaron 100 mg de las harinas de cada cultivar de sorgo y se sometió a un ambiente de 25 °C (controlado en estufa) y 80 % de humedad relativa por 24 h. Transcurrido este tiempo, se evaluó el porcentaje de ganancia en peso de la muestra en estudio. El ambiente de humedad se consiguió preparando una disolución saturada de sulfato de sodio, la cual se colocó en una desecadora de laboratorio con la muestra (Flores, 2016).

2.3. Caracterización cualitativa de las harinas de los cultivares de sorgo

2.3.1. Obtención de los extractos

Se obtuvieron dos extractos, uno acuoso y otro etanólico. Para ello, se pesó 1 gramo de la harina de cada cultivar y se realizó una extracción con 10 mL de etanol 97% ó agua respectivamente, a temperatura ambiente, con agitación en zaranda durante 24 h. Se filtraron los extractos obtenidos.

2.3.2. Tamizaje fitoquímico de los extractos

Se realizó el tamizaje fitoquímico, mediante los ensayos descritos por Miranda y Cuéllar para cada extracto (Gómez y col., 2023).

2.4. Determinación cualitativa de los compuestos de interés en los extractos

Se realizó mediante Cromatografía en Capa Delgada (CCD), a través del siguiente procedimiento:

Condiciones cromatográficas: Se empleó como fase estacionaria sílica gel GF-60. Cada extracto se evaluó empleando las fases móviles n – butanol, ácido acético, agua en la proporción (40:10:50), diclorometano, metanol (98:2), acetato de etilo, diclorometano en tres proporciones diferentes (20:80), (60:40), (50:50) y cloroformo, metanol, agua (75:23:2).

Preparación de las disoluciones de referencia: Se prepararon tres patrones de flavonoides (quercetina, hesperidina, rutina) y benzopirona (cumarina). Se pesaron 250

mg de cada patrón, se disolvió en metanol y se llevó a un matraz de 5 mL, completándose dicho volumen con metanol.

Se desarrolló la evaluación cromatográfica en CCD con vistas a identificar estructuras flavonoides y cumarinas presentes en los extractos.

Procedimiento experimental: Se aplicó con una microjeringuilla en la placa de dimensiones 10x10 cm, 25 µL de cada extracto, 5 µL de quercetina y rutina y 2,5 µL de cumarina y hesperidina, se realizó el desarrollo cromatográfico en la cámara para cromatografía saturada con los vapores del sistema de disolventes utilizado hasta que el frente de la fase móvil alcanzó 8 cm de la placa. Luego, se retiró la placa de la cámara y se dejó secar completamente. Las placas se examinaron a la luz UV a 254 nm.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

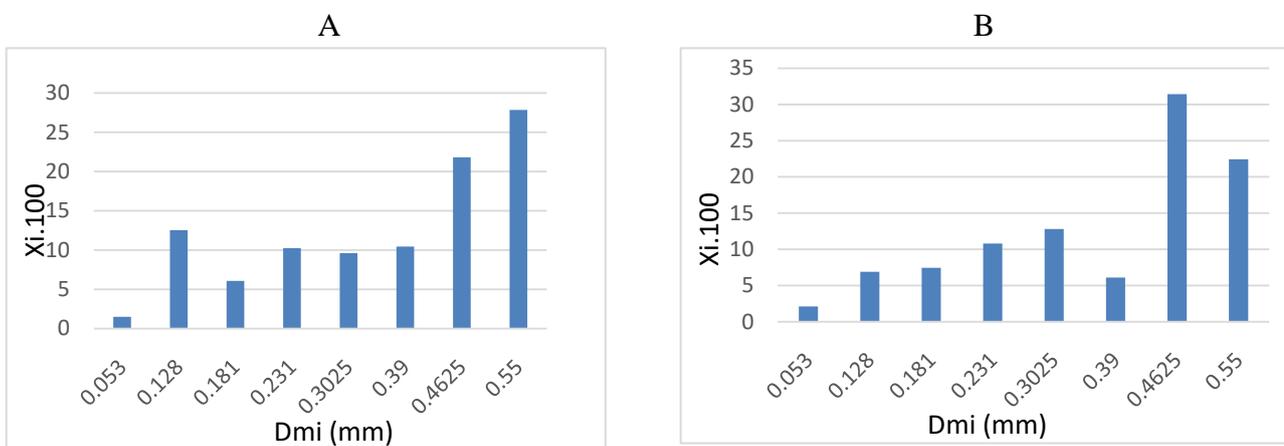
3.1. Obtención de las harinas de sorgo

Se obtuvieron harinas para todos los cultivares con un tamaño de partículas menor de 1000 µm. Todas las harinas se tamizaron por un tamiz de 500 µm con vistas a obtener un tamaño de partícula reglamentado de acuerdo a normas internacionales (FAO, 2023).

3.2. Caracterización fisicoquímica y tecnológica de las harinas de sorgo

3.2.1. Análisis de distribución del tamaño de partículas de los cultivares de sorgo

El diámetro promedio de partículas de las harinas de los cuatro cultivares de sorgo fue 0,412 mm, diámetro inferior a 0,5 mm que es lo exigido por la norma Codex para la harina de sorgo (FAO, 2023). Como se observa en la Figura 1, los cv. S21 y cv. S74 tienen una distribución más uniforme o cercana al comportamiento normal que los restantes. La heterogeneidad en los polvos no es conveniente en las industrias alimentarias porque impide uniformidad en el contenido de los productos (FAO, 2023). Las harinas de los cultivares de sorgo, presentaron un porcentaje de polvo fino (menor o igual a 15%) (cv. S19: 14,03%; cv. S21: 15% y cv. S74: 14,03%), a excepción del cv. S20 con 53,8%. Un exceso de polvo fino puede influir negativamente en la fluidez de las harinas, por lo que tener valores aceptables del mismo, indica que no va a ocurrir estratificación de la masa de sólido y no se afectará la homogeneidad del producto alimenticio que los contenga (Ramírez y col., (2020) y British Pharmacopoeia, (2020).



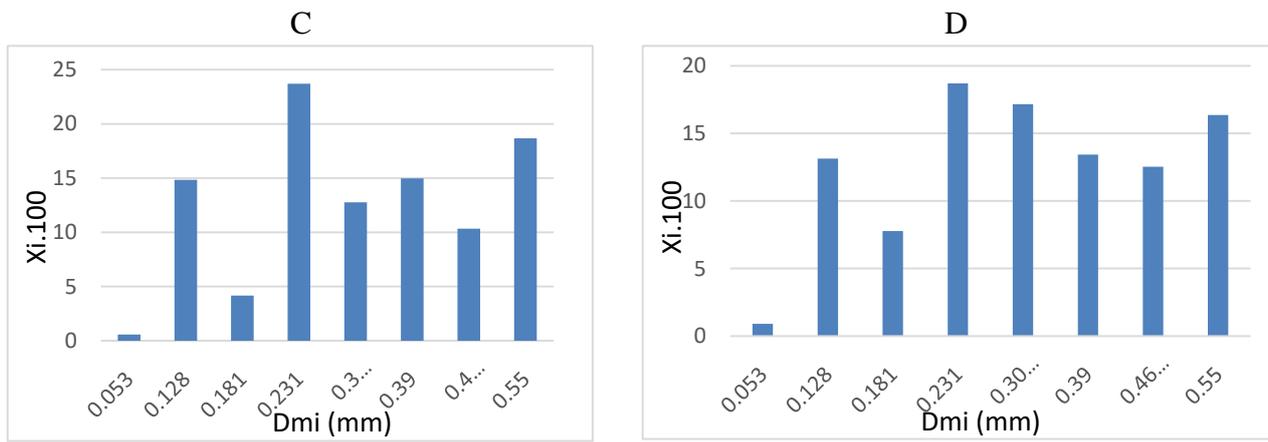


Figura 1. Distribución del tamaño de partículas de las harinas de los cultivares de sorgo.
A: cv. S19, B: cv. S20, C: cv. S21 y D: cv. S74.

3.2.2. Propiedades fisicoquímicas y tecnológicas de las harinas de los cultivares de sorgo

En la Tabla 1 se muestran los resultados promedios de la determinación de las propiedades fisicoquímicas y tecnológicas de las harinas de los cuatro cultivares de sorgo evaluados.

Tabla 1. Resultados promedios obtenidos en la determinación de las propiedades fisicoquímicas y tecnológicas de las harinas de los cultivares de sorgo

Cultivar	<i>da</i> (g cm ⁻³) <i>X±DE</i>	<i>daa</i> (g.cm ⁻³) <i>X±DE</i>	<i>dr</i> (g.cm ⁻³) <i>X±DE</i>	Porosidad	Índice de Carr	Índice de Hausner
cv. S19	0,47±0,005	0,53±0,011	1,38±0,005	65,7±0,014	11,2±0,013	1,13±0,016
cv. S20	0,47±0,005	0,67±0,02	1,36±0,015	65,8±0,015	30,5±0,014	1,44±0,005
cv. S21	0,47±0,004	0,54±0,001	1,22±0,012	61,4±0,003	13,3±0,03	1,15±0,018
cv. S74	0,43±0,012	0,66±0,020	1,31±0,013	66,7±0,002	34,1±0,03	1,52±0,017

Leyenda: DE: Desviación estándar.

Densidad aparente (*da*), densidad aparente por asentamiento (*daa*), densidad real (*dr*).

Como puede observarse en la Tabla 1, los valores de la densidad aparente por asentamiento de la harina de los cultivares de sorgo son ligeramente superiores a la densidad aparente, resultado obvio si se tiene en cuenta que el volumen aparente por asentamiento debe ser menor que el volumen aparente. Los resultados obtenidos de ambas densidades son similares a los descritos por Moreno, (2016) en la determinación de las propiedades de flujo de la harina de maíz, trigo y frijol y los reportados por Gómez (2016) en la caracterización granulométrica de cereales claros y oscuros.

La densidad real de cada cultivar de sorgo es aproximadamente el doble de la aparente, siendo mayor que 1 g.cm⁻³ en cada cultivar, lo cual es óptimo para el desarrollo de productos sólidos, porque mientras mayor sea la densidad, mayor debería ser la fluidez. De igual manera, los resultados son similares a los valores descritos por Moreno (2016) para la harina de maíz y trigo. Los valores de porosidad de los cuatro cultivares de sorgo, expresados como medida de rugosidad superficial son altos, lo cual podría influir

en las propiedades de flujo, pues sólidos pulverulentos con elevada rugosidad superficial, manifiestan mayor rozamiento o fricción entre sus partículas y con las superficies con las que entran en contacto y fluyen menos. Los valores obtenidos, tanto del índice de Carr como el de Hausner en los cuatro cultivares de sorgo, coincidieron con los descritos por Moreno (2016) en la determinación de las propiedades de flujo de la harina de maíz, trigo y frijol y los descritos por Gómez (2016) en la caracterización granulométrica de cereales claros y oscuros.

En cuanto al índice de Carr, como se puede observar en la Tabla 1, los cv. S19 y cv. S21 son los únicos que, de acuerdo con lo establecido por Salinas (2022), presentan buenas propiedades de flujo (menor del 25% de compresibilidad).

Al evaluar los resultados obtenidos para los índices de Hausner de las harinas integrales de sorgo evaluadas, se evidencia que los cv. S19 y cv. S21 son los únicos que presentan buenas propiedades de flujo (menor de 1,25) (Ramírez y col., 2020) y Salinas, (2022), presentando el cv. S19 muy buenas propiedades de flujo. La velocidad de flujo y el ángulo de reposo no pudieron ser determinados, pues las harinas no fluyeron, lo cual se podría justificar por la forma irregular de las partículas en la masa de polvo.

Un análisis integral de los resultados obtenidos, permitió evaluar las propiedades de flujo de los cv. S19 y cv. S21 como adecuadas y de los cv. S20 y cv. S74 como muy deficientes.

Los resultados deficientes en cuanto a las propiedades de flujo de los cv. S20 y cv. S74, no invalidan sus usos en la industria alimentaria, pues las mismas pueden ser mejoradas empleando alternativas, como el uso de lubricantes o antiaglomerantes para que fluyan adecuadamente por las tolvas alimentadoras e impedir la formación de grumos de harina, destacando los estearatos de (aluminio, magnesio, cinc), el dióxido de silicio y sus derivados, el silicato de aluminio, los almidones, el fosfato tricálcico y la celulosa microcristalina (Salinas, 2022).

3.2.3. Evaluación de la higroscopicidad de las harinas de los cultivares de sorgo

Al someter los cuatro cultivares a 25°C y 80 % de humedad relativa por 24 h, se obtuvo una ganancia en peso que se observa en la Tabla 2. En el caso del cv. S19 y el cv. S20 fueron superiores al 15 %, clasificándose como ligeramente higroscópicos. Sin embargo, los cv. S21 y cv. S74 no se clasifican como higroscópicos, pues sus valores fueron inferiores al 15 % (Tabla 2). Que los polvos sean higroscópicos influye negativamente en su fluidez, pues captan más humedad del ambiente, las fuerzas de cohesión entre partículas tenderán a ser mayores, afectando indirectamente la velocidad de dispersión del producto (Flores, 2016).

Tabla 2. Resultados promedio del porcentaje de higroscopicidad de las harinas obtenidas de los cultivares de sorgo cv. S19, cv. S20, cv. S21, cv. S74

<i>Cultivares</i>	<i>Higroscopicidad (%) ± DE</i>	<i>CV (%)</i>
cv. S19	16,266 ±0,251	1,547
cv. S20	15,473±0,064	0,415
cv. S21	14,486±0,032	0,221
cv. S74	7,251±0,043	0,601

Leyenda: DE: Desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

Para mejorar los problemas de higroscopicidad de la harina para su futuro uso en la industria alimentaria, se propone el uso de adsorbentes como el carbonato de magnesio, aerosil, bentonita, caolín, lactosa, almidón (Salinas, 2022). Debe conservarse en empaques adecuados y en lugares de baja humedad relativa (Moreno, 2016). También, después de la cosecha, es necesario realizar un secado del grano que esté dentro de los valores de 10 a 12 % de humedad, eso se logra industrialmente en los secaderos y los campesinos midiendo artesanalmente una muestra de los granos que están secando al sol con un determinador de humedad portátil. Se puede recurrir a la granulación, que mejora las propiedades de flujo y es útil para sustancias higroscópicas, pues los gránulos podrán absorber algo de humedad y retener su capacidad de fluir debido a su tamaño mayor (Ramírez y col., (2020); Salinas, (2022).

3.3. Tamizaje fitoquímico de los extractos

El tamizaje fitoquímico del extracto etanólico y acuoso por maceración de los cuatro cultivares de sorgo, permitió evaluar cualitativamente la composición de los mismos (Tabla 3).

Tabla 3. Tamizaje fitoquímico de los extractos obtenidos de los cultivares de sorgo (cv. S19, cv. S20, cv. S21, cv. S74)

<i>Ensayo</i>	<i>Metabolito</i>	<i>Etanólico</i>	<i>Acuoso</i>
Dragendorff	Alcaloides	++	++
Liebermann-Burchard	Triterpenos y/o esteroides	+	+
Shinoda	Flavonoides	+	+
Kedde	Glicósidos cardiotónicos	-	-
Fehling	Azúcares reductores	+	+
Cloruro Férrico	Fenoles y/o taninos	+	+
Baljet	Cumarinas	+	++
Borntrager	Quinonas	-	-
Ninhidrina	Aminoácidos libres	(no exigido)	-

Leyenda: ++ (ensayo muy positivo), + (ensayo positivo), - (ensayo negativo), (no exigido) no exigido el ensayo para este extracto.

Los resultados tuvieron el mismo comportamiento en los cuatro cultivares de sorgo. Se identificó en los extractos evaluados con evidencia positiva, la presencia de alcaloides (en ambos extractos) y cumarinas (extracto acuoso). Con evidencia positiva, se detectaron adicionalmente fenoles, taninos, flavonoides, triterpenos, esteroides, azúcares reductores y almidón.

3.4. Determinación cualitativa de los compuestos fenólicos mediante Cromatografía de capa delgada

Se seleccionó la fase móvil acetato de etilo-diclorometano (50:50), que mostró una mejor resolución cromatográfica de los compuestos de interés. Se identificó la quercetina en el cv. S19 a un Rf de 0,57. En los cv. S20, cv. S21 y cv. S74, aparecen manchas coincidentes con el patrón de cumarina a un valor de Rf de 0,79. Se detectaron otras manchas no identificadas en cv. S19 y cv. S20 a un valor de Rf de 0,41. De forma

adicional en el cv. S21 se detectó una mancha a un Rf de 0,35 y en el cv. S74 otra a un Rf de 0,63, no coincidentes con ningún patrón de análisis empleado, siendo de interés en futuras investigaciones para la identificación de otros compuestos fenólicos (Figura 2). La presencia de estructuras de flavonoides coincide con lo descrito en la literatura para otros cultivares de sorgo (Rodríguez, 2021).

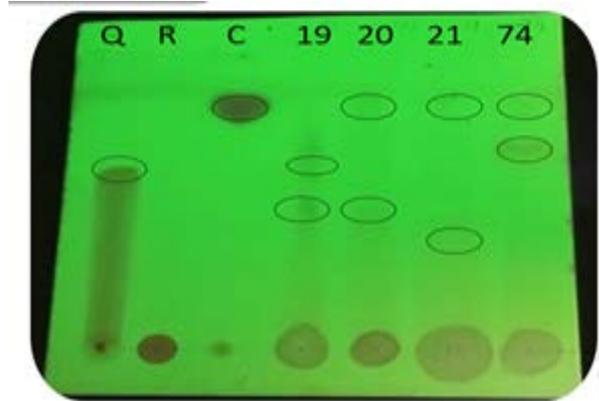


Figura 2. Desarrollo cromatográfico en capa delgada con el empleo de la fase móvil acetato de etilo-diclorometano (50:50), Q: Quercetina, R: Rutina, C: Cumarina, cultivares de sorgo: cv. S19, cv. S20, cv. S21 y cv. S74

4. CONCLUSIONES

1. El cv. S21 es integralmente el de mejores propiedades tecnológicas, posee un adecuado comportamiento reológico y mayor uniformidad de tamaño de partículas.
2. Los cv. S19 y cv. S21 presentan los mejores resultados integrales de acuerdo con los parámetros evaluados en la investigación, seguidos por los cv. S74 y cv. S20, lo cual avala sus usos en la alimentación y salud humana.
3. Las harinas de los cultivares de sorgo (cv. S19, cv. S20, cv. S21 y cv. S74), según técnicas cualitativas, presentan flavonoides y cumarinas, metabolitos de interés para uso nutricional.

REFERENCIAS

- British Pharmacopoeia., 10th Edition, Londres, Inglaterra, 2020. <https://www.pharmacopoeia.com/download/2020>
- Brito, S., Sorghum can contribute to glycemic control. Embrapa Maize and Sorghum., Food security, nutrition and health, 2017. <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/26031580/sorghum-can-contribute-to-glycemic-control>
- De Morais, L., Silva, S., Duarte, H.S., & Pinheiro, H.M., Sorghum (*Sorghum bicolor* L.): nutrients, bioactive compounds, and potential impact on human health., Critical Review in Food Science and Nutrition, Vol. 57, No. 2, 2016, pp. 372-390. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.887057>
- Espitia, P., Chávez, M.L., Ascacio, J.A., Dávila, D., Flores, A., & Silva, T., Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) as a potential source of bioactive substances and their biological properties., Critical Review in Food Science and Nutrition, Vol. 62, No. 8, 2022, pp. 2269-2280. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1852389>

- FAO., Acerca del Codex., c2022, 2023, pp. 1-4. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B173-1989%252FCXS_173s.pdf
- Flores, E., Propuesta de un ingrediente farmacéutico activo herbario gastrorresistente a partir de la *Portulaca olerácea* L, para su uso en formulaciones sólidas., Tesis presentada en opción al título de Licenciado en Ciencias Farmacéuticas en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, 2016. <https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/501ea249-73ac-4456-b379-de554061db75/content>
- Gómez, J., Caracterización granulométrica de un producto comercial en polvo (suplemento dietario) y evaluación de la capacidad de dispersión en agua., Tesis presentada en opción al título de Licenciado en Ciencias Farmacéuticas en Universidad Instituto Colombiano de Estudios Superiores de Incolda (ICESI), Colombia, 2016. https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/81963/1/TG01475.pdf
- Gómez, M., Jorge, M.E., Saucedo, Y., Mollineda, A., y Castañeda, I., Caracterización farmacognóstica y fitoquímica de las hojas de *Ravenia spectabilis* que crece en Cuba., Centro Azúcar, Vol. 50, No. 3, 2023, e1028. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/760
- Díaz, W., El tratamiento del celíaco es vivir sin gluten toda la vida., Periódico Granma, Cuba., 26 de mayo 2024, pp. 1-2. <https://www.granma.cu/cuba/2024-05-26/el-tratamiento-del-celiaco-es-vivir-sin-gluten-toda-la-vida-26-05-2024-23-05-17>
- Moreno, A., Evaluación de propiedades físicas y de flujo en harina de maíz, trigo y frijol de forma individual y en mezcla., Tesis presentada en opción al título de Ingeniero en Alimentos en Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2016. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000741666/3/0741666.pdf>
- Ramírez, I.O., Ramírez, S., Benítez, D., y Remedios, D., Obtención de un excipiente de polvo de cáscara de huevo como diluyente para fabricación de tabletas., Tesis presentada en opción al título de Licenciado Químico Farmacéutico biológico en Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2020. <https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000804720/3/0804720.pdf>
- Ramírez, B., Montano, B., y Sánchez, D., Estabilidad oxidativa del contenido de compuestos fenólicos durante el almacenamiento del salvado de sorgo (*Sorghum bicolor* (L). Moench extrudido., Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, Vol. 24, 2021, pp. 1-10. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-888X2021000100101
- Rodrigues, L., Análise química, atividade antioxidante de pães sem glúten de sorgo de diferentes genótipos e seus efeitos glicêmicos em humanos., Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Nutrición humana en Universidade de Brasília, Brasil, 2021.
-

http://icts.unb.br/jspui/bitstream/10482/43133/1/2021_LorenzaRodriguesdosReisGallo.pdf

Ruiz, B.I., Evaluación de variedades de sorgo, cultivadas en la estación experimental de la UCLV, para su uso en la elaboración de alimentos destinados a pacientes celíacos., Tesis presentada en opción al título de Máster en Desarrollo de medicamentos de origen natural en Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, 2013. <https://dspace.uclv.edu.cu/server/api/core/bitstreams/6af7a729-0cca-4119-839e-92ee865a2685/content>

Salinas, R., Desarrollo farmacéutico de un polvo seco multiparticulado inhalable a base de NLC-vinorelbina como potencial tratamiento para cáncer pulmonar., Tesis presentada en opción al título de Máster en Farmacia en Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México, 2022. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2655/SACRRB01T.pdf?sequence=1>

Saucedo, O, Fernández L.E., Quiñones, R., Rodríguez, G., y Moya, A., Las aves granívoras y el cultivo del sorgo en la provincia de Villa Clara, Cuba., Centro Agrícola, Vol. 4, No. 2, 2017, pp. 36-43. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v44n2/cag05217.pdf>

Thilakarathna, R.C.N., Madhusankha, G.D.M.P., & Navaratne, S.B., Potential food applications of sorghum (*Sorghum bicolor*) and rapid screening methods of nutritional traits by spectroscopic platforms., Journal Food Science, Vol. 87, 2022, pp. 36-51. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdfdirect/10.1111/1750-3841.16008>

CONFLICTO DE INTERÉS.

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- Dr.C. María Elisa Jorge Rodríguez. Conceptualización, investigación, metodología, supervisión, redacción- revisión y edición.
 - Dr.C. Yanelis Saucedo Hernández. Conceptualización, investigación, metodología, supervisión, redacción- revisión y edición.
 - M.Sc. Miguel Ángel Alba de Armas. Conceptualización, investigación, metodología, supervisión, redacción- revisión y edición.
 - Lic. Laura Estupiñán Pérez. Investigación, metodología, redacción- revisión y edición.
 - Lic. Ana Lurdes Prendes Rodríguez. Investigación.
 - Dr.C. Orlando Miguel Saucedo Castillo. Investigación, supervisión, redacción- revisión y edición.
-