Caracterización Química En Pulpa De Ahuyama (*Cucurbita Moschata Duch*.), Garbanzo (*Cicer Arietinum L*.), Frijol Caupí (*Vigna Unguiculata L.)* Y Grano De Habichuela (*Phaseolus Vulgaris*) Como Materias Primas Potenciales En Productos Deshidratados

Gloria Magyori Pérez Rosas

Proyecto de investigación

Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD

Escuela De Ciencias Básicas Tecnología E Ingeniería- ECTB

Febrero 2021

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico a Dios, por haberme brindado la vida, la salud y la sabiduría para seguir adelante.

A mi madre en el cielo, esto es para ti, mi viejita del alma, a mi padre por creer en mí, a mis hermanas por ser mi luz, mi guía y fortaleza en los momentos difíciles de la vida.

A mis amigos por su confianza, cariño sincero y apoyo incondicional.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por guiar cada paso de mi vida.

A la universidad nacional abierta y a distancia UNAD, a todo el personal docente y administrativo, por brindarme la oportunidad de instruirme como profesional.

Agradezco de manera muy especial, a la doctora Magda Piedad Valdés Restrepo, por ser mí asesora en este trabajo de investigación, por su confianza, paciencia, apoyo y orientación profesional, ha sido una persona invaluable para el desarrollo de este trabajo.

Resumen

El presente trabajo tiene como fin caracterizar de forma químicamente cuatro materias primas no convencionales para determinar su posible incorporación en un alimento deshidratado lo cual se llevó a cabo a través de un análisis bromatológico con tres repeticiones por variable y materia prima, se realizará un diseño experimental completamente al azar y para el análisis estadístico un análisis de varianza por cada variable.

Palabras clave: Variable, análisis, materias primas no convencionales.

Abstract

The present work aims to chemically characterize four unconventional raw materials to determine their possible incorporation into a dehydrated food, which was carried out through a bromatological analysis with three repetitions per variable and raw material, an experimental design will be carried out completely randomized and for statistical analysis an analysis of variance for each variable.

Keywords: Variable, analysis, unconventional raw materials.

Tabla de Contenido

Agradecimientos 3

Resumen 4

Introducción 9

Justificación 11

Objetivos 13

Objetivo general: 13

Objetivos específicos 13

Planteamiento del Problema 14

Marco Teórico 17

Generalidades de la ahuyama_ zapallo (*Cucurbita moschata Duchesne*) 17

Aporte Nutricional 17

Caracterización química 20

Tabla 1. Caracterización química de la Ahuyama cruda, pulpa sin semillas por cada 100 gramos. 22

Tabla 1. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018). Tabla de alimentos colombianos. 23

Generalidades de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) 24

Aporte Nutricional 25

Usos y producción 25

Caracterización química 26

Tabla 2. Caracterización química de la habichuela, semillas por cada 100 gramos. 27

Generalidades garbanzo (*Cicer arietinum* L.) 29

Aporte Nutricional 29

Usos y producción 30

Generalidades del Frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.) 35
Aporte Nutricional 35
Usos y producción 37
Caracterización química 37
Tabla 4. Caracterización química del Frijol caupí crudo, semillas por cada 100 gramos. 38
Materiales y Métodos 40
Localización 40
Materias primas 40
Variables a evaluadas 40
Trabajo de Laboratorio 41
Selección y acondicionamiento de materias primas 41
Pruebas de Laboratorio 42
Diseño Experimental 45
Análisis Estadístico 45
Resultados y Discusión 46
Análisis de Varianza para la variable humedad (Ahuyama, frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo). 46
Tabla 5. *Análisis de Varianza para la variable humedad (Ahuyama, frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo).* 48
Análisis de Varianza para la variable cenizas (Ahuyama, frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo). 51
Análisis de Varianza para la variable grasa (Ahuyama, frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo). 56
Conclusiones 67
Referencias Bibliográficas 69

Lista de Tablas

Tabla 1.Caracterización química pulpa de ahuyama 23

Tabla 2. Caracterización química semillas de habichuela 28

Tabla 3. Caracterización química semilla de garbanzo 34

Tabla 4. Caracterización química semilla frijol cauí 39

Tabla 5. Análisis de Varianza para la variable humedad 49

Tabla 6. Análisis de Varianza para la variable ceniza 55

Tabla 7. Análisis de Varianza para la variable grasa 59

Tabla 8. Análisis de Varianza para la variable proteína 64

Lista de graficas

Grafica 1. Porcentaje de humedad en pulpa de ahuyama, caupí, garbanzo y grano de habichuela 50

Grafica 2. Porcentaje de cenizas en pulpa de ahuyama, caupí, garbanzo y grano de habichuela 56

Grafica 3. Porcentaje de grasa en pulpa de ahuyama, caupí, garbanzo y grano de habichuela 60

Grafica 4. Porcentaje de proteina en pulpa de ahuyama, caupí, garbanzo y grano de habichuela…….. 65

Introducción

Actualmente, la alimentación humana depende en un 93% de productos de origen vegetal y en solo un 7%, de productos de origen animal. A pesar que la alimentación humana tiene una alta dependencia de los productos de origen vegetal, son solo tres especies las que suministran el 66% de las calorías y proteínas a la población mundial, las cuales son el maíz, el trigo y el arroz. Teniendo en cuenta el limitado uso presentado anteriormente fuera poco, la comida de la humanidad está sustentada en una base sumamente estrecha de especies vegetales: solamente en 20 de 250.000 especies reportadas (Vallejo y Estrada, 2013). A lo largo del tiempo las legumbres y leguminosas se han erigido como cultivos de gran importancia en la alimentación mundial, esto ya que por sus propiedades alimenticias y la versatilidad de sus usos industriales pueden ser introducidas en múltiples ámbitos. Las legumbres se caracterizan por su elevado contenido proteico, muy superior al de los cereales. El contenido proteico presenta una gran variabilidad (20% en guisante y 38-40% en altramuz y soja), siendo dependiente de la especie, genotipo y factores medioambientales. Las globulinas, proteínas de reserva de los cotiledones que son sintetizadas durante el periodo de formación de la semilla para ser posteriormente utilizadas como fuente de energía, carbono y nitrógeno a lo largo de proceso de germinación y crecimiento de la plántula, son los principales constituyentes proteicos de las leguminosas (65-80% del total proteico). Las albúminas, aunque cuantitativamente menos importantes que las globulinas (15-25 % del total de proteínas) juegan un papel biológico destacado en las semillas de las legumbres ya que están constituidas fundamentalmente por enzimas y proteínas citoplasmáticas funcionales. En esta fracción proteica quedan englobadas proteínas tales como las lectinas, inhibidores de amilasa y proteasas, entre otras, con potencial nutracéutico (Duranti,

2006).

En el mundo, la carencia de micronutrientes, conocida también como “hambre oculta”, es un desafío nutricional que enfrenta América Latina y el Caribe, pues Según la FAO (2016) 2,000 millones de personas padecen carencias de uno o más micronutrientes. El hambre, entonces, puede ser matizada con un uso inteligente de los recursos con las cuales la humanidad cuenta. Así, desde el punto de vista nutricional, las leguminosas como garbanzo, frijol caupí, y la habichuela poseen un alto contenido de proteína cruda y en fibra, ricas en nutrientes, vitaminas y minerales, poseen antioxidantes que contrarresta el envejecimiento natural. Contienen el doble de cantidad de proteína que los cereales de grano entero, el triple que el arroz y abundan en minerales como el hierro, el potasio, el magnesio y el zinc, alto contenido en vitaminas del grupo B y contribuye a estabilizar los niveles de glucemia. (Flores y Montoya, 2018).

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue caracterizar químicamente cuatro materias primas (ahuyama, garbanzo, frijol caupí y grano de habichuela), para determinar su posible incorporación en un alimento deshidratado. Para ello, se plantea un análisis bromatológico (materia seca, proteína, cenizas y grasa) con tres repeticiones por variable y materia prima, se realizará un diseño experimental completamente al azar y para el análisis estadístico un análisis de varianza por cada variable. Los resultados de este estudio pretenden contribuir con una base científica sobre el aporte nutricional que pueden brindar materias primas alimentarias no convencionales como lo son la ahuyama, garbanzo, frijol caupí y grano de habichuela y su posible inclusión en productos deshidratados. Se busca crear un prototipo de dieta balanceada que se convierta en una alternativa para suplir el requerimiento nutricional y abordar la problemática de la inseguridad alimentaria mediante un enfoque inclusivo y equitativo de materias primas no convencionales.

Justificación

Aunque Colombia es biodiverso en materias primas alimentarias, la disponibilidad de alimentos no implica que todos las personas puedan acceder a ellos, debido, a las desigualdades de ingresos, instalaciones de almacenamiento y servicios públicos; como si esto no fuera suficiente, en un contexto global, el mundo está acelerado, el factor tiempo predomina y los productos procesados son una buena alternativa, sin embargo, muchos de estos contienen exceso de azúcar, sal y conservantes, lo que conlleva a dietas menos saludables y la prevalencia de sobre peso y desnutrición (FAO, 2017). La carencia de micronutrientes, conocida también como "hambre oculta", es un desafío nutricional que enfrenta América Latina y el Caribe. Así mismo, más de 700 formas de carotenoides están presentes en los pigmentos de color amarillo y rojo de las hortalizas, como la ahuyama (Stahl y Sies, 2003).

El sector de alimentos es altamente competitivo, siendo necesario una oferta variada de productos pero con calidad nutricional, bajo este contexto, se requiere la identificación de estándares nutricionales, los cuales permiten suplir deficiencias, esa alternativa puede ser la ahuyama, además de sus bondades nutricionales, es una hortaliza excepcional ya que se puede almacenar por periodos prolongados, es una fuente nutricional no convencional, en la cual se requiere explorar la transformación de la pulpa en harina integral, que responda a los requerimientos agroindustriales como inclusión en productos alimentarios y balanceados que conserven las características organolépticas con el mínimo de fluctuaciones.

Desde el punto de vista nutricional, las leguminosas como garbanzo, frijol caupí, y la habichuela poseen un alto contenido de proteína cruda y fibra. Ricas en nutrientes, vitaminas y minerales son también un excelente antioxidante que contrarresta el envejecimiento natural.

Contienen el doble de cantidad de proteína que los cereales de grano entero, el triple que el arroz y abundan en minerales como el hierro, el potasio, el magnesio y el zinc. También posee alto contenido en vitaminas del grupo B y contribuye a estabilizar los niveles de glucemia. (Flores y Montoya, 2018). Según la FAO 2,000 millones de personas padecen carencias de uno o más micronutrientes.

Por esta razón, con este trabajo de investigación, se pretende contribuir con una base científica sobre el aporte nutricional que pueden brindar materias primas alimentarias no convencionales como lo son la ahuyama, garbanzo, frijol caupí y grano de habichuela y su posible inclusión en productos deshidratados.

Objetivos

Objetivo general:

Caracterizar químicamente cuatro (4) materias primas (ahuyama, garbanzo, frijol caupí y grano de habichuela), para determinar su posible incorporación en un alimento deshidratado.

Objetivos específicos

1. Evaluar mediante pruebas bromatológicas (materia seca, cenizas, proteína y extracto etéreo) la calidad las 4 materias primas (ahuyama, garbanzo, frijol caupí y grano de habichuela).

2. Identificar el potencial de cada materia prima tal que permita evidenciar su posible incorporación en un alimento deshidratado.

Planteamiento del Problema

Hay un desequilibrio entre el sobrepeso y la inseguridad alimentaria, esto se ve reflejado en el costo de los alimentos (FAO, FIDA, UNICEF, PMA y OMS, 2018), cuando escasean los recursos monetarios, las personas eligen alimentos económicos, a menudo, con alta densidad calórica y un bajo contenido de nutrientes; los alimentos con altos contenidos de grasas y azucares son de bajo costo comparados con alimentos frescos como hortalizas, verduras, frutas y legumbres, por tanto, la inseguridad alimentaria da lugar a dietas con alto contenido calórico, escasa diversidad y bajo contenido de nutrientes y fibras (Popkin *et al.*, 2018).

Por tanto, se debe buscar fuentes alimenticias no convencionales, competitivas y sostenibles que amplíen la brecha de posibilidades en la alimentación teniendo en cuenta la gran variabilidad de especies en el mundo, una alternativa de una materia prima no convencional es la ahuyama, por sus bondades nutricionales ha ido ganando espacio como producto fresco en la canasta familiar.

El cultivo de ahuyama ha cobrado un alto interés, es una hortaliza apetecida por sus cualidades para el consumo en fresco, fuente nutricional y materia prima para la agroindustria (harinas y deshidratados) (Ortiz *et al*., 2013), lo cual se manifiesta en el incremento del área mundial cultivada para el periodo 2007 a 2016 en 14% (FAOSTAT, 2018).

Para poder utilizar la biomasa integral del fruto de ahuyama en procesos agroindustriales para consumo humano, se requiere disponer de genotipos que contengan como mínimo 20% de materia seca en el fruto, valores altos de materia seca operables desde la perspectiva agroindustrial. Bajo esta premisa, el cultivar Unapal-Abanico-75, es el único en Colombia con alto contenido de materia seca entre 20 y 25%, sin embargo, se requiere explorar la transformación de la pulpa en harina integral, que responda a los requerimientos agroindustriales como inclusión en productos alimentarios. Por sus bondades, la inclusión de ahuyama y fuentes proteicas como legumbres, las cuales, gracias a su alto contenido de proteínas, fibra y bajo contenido en grasa, se están convirtiendo en el sustituto ideal para las proteínas de origen animal, siendo a su vez una fuente accesible a todo tipo de consumidor por su bajo costo (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO, 2016). Entre las diversas legumbres que contribuyen al aporte de nutrientes se encuentra el garbanzo (*Cicer arietinum* L), rico en proteínas, en almidón, fibra y lípidos (más que otras legumbres), convirtiéndolo en un alimento muy valioso desde el punto de vista nutricional (Aguilar Raymundo, V.G; Vélez Ruiz, 2013).

Además, la habichuela posee un alto contenido de proteínas, vitaminas y minerales. Estas son una buena fuente de fibra, la cual ayuda a disminuir el colesterol malo y debido a que remueve las toxinas puede ayudar a prevenir el cáncer al colon. Las habichuelas son también una rica fuente de minerales, entre los que tenemos: magnesio, hierro, cobre y manganeso. Las habichuelas son una rica fuente de vitamina C, vitamina K, vitamina A (contienen beta-caroteno) y riboflavina (vitamina B2). Tanto la beta-caroteno como la vitamina C contienen propiedades

desinflamantes, por lo cual ayudan a reducir los síntomas de ciertas enfermedades como el asma, la artritis y el reumatismo.

Las habichuelas son también una buena fuente de riboflavina, la cual ayuda a generar energía y se piensa que es debido a esta función que la riboflavina ayuda a reducir la frecuencia de las migrañas.

Sin dejar de lado el fríjol caupí (*Vigna unguiculata L. (Walp*) el cual es una leguminosa utilizada como fuente de proteína, calorías, fibra, minerales y vitaminas (Kabas et al.,2007) especialmente en los estratos de bajos ingresos económicos por su bajo costo de producción y acceso económico - social (Sinha y Kawatra, 2003; Santos et al., 2007; Frota et al., 2008); ocupa el segundo lugar después de los cereales como fuente de carbohidratos y proteínas en la dieta humana (Gupta et al., 2010).

De este modo se busca crear un alimento funcional o dieta balanceada que se convierta en una alternativa para suplir el requerimiento nutricional y abordar la problemática de la inseguridad alimentaria mediante un enfoque inclusivo y equitativo de materias primas no convencionales.

Marco Teórico

Generalidades de la ahuyama_ zapallo (*Cucurbita moschata Duchesne*)

La familia *Curcurbitaceae* cuenta, aproximadamente, con más de 118 géneros y 825 especies. Entre estos, el género *Cucurbita* es uno de los más notables, incluyendo de 20 a 27 especies (JEFREY, 1990 citado en Rodríguez R, Valdés R & Ortíz G, 2018). Estudios y restos arqueológicos sugieren que las especies domesticadas del género *Cucurbita* son unas de las más antiguas surgidas en América, cuyo origen se estima fue en el centro-sur de México, hace cerca de 7.000 años (Gonzales Rojas, 2018), y en los Andes centrales. Lo anterior se puede interpretar como un indicio claro del uso, desde la antigüedad, de la ahuyama como elemento básico de la alimentación de diversas regiones.

Dentro del género *Cucurbita* existen 5 especies domesticadas notables. Según Whitaker (1981, citado en Rodríguez R, Valdés R & Ortíz G, 2018), estas son: *Cucurbita argyrosperma Huber*, *C. ficifolia Bouché*, *C. maxima Duchesne*, *C. pepo L. y C. moschata*, las cuales fueron domesticadas en América y han sido cultivadas a lo largo del tiempo. Asimismo, *C. moschata* es la más extendida en América tropical, desde México hasta el Perú.

Aporte Nutricional

El aporte nutricional más destacado es su alto contenido de carotenos, como B-Caroteno (provitamina A), los cuales tienen la propiedad de bloquear en el organismo el accionar de los radicales libres, que pueden generar daño, pudiendo acelerar el proceso de envejecimiento celular o provocar diversas patologías (Departamento de agricultura y alimentación, 2016). Asimismo, se caracterizan por ser fuente de ácido ascórbico (vitamina C), carbohidratos, minerales (Calcio, Hierro, Fósforo), fibra y aminoácidos como tiamina y niacina (Tobar, 2010 citado en Ubaque Pinzón, 2016), lo cual los hace ideales para el consumo humano.

En este orden de ideas, específicamente en la pulpa de ahuyama *Cucurbita moschata* Duchesne ex Poiret "las más recientes publicaciones en el tema reportan contenidos promedio de humedad entre 79.00% - 94.23%, carbohidratos entre 75.21%-77.38%, proteína entre 0.97% - 14,5%, grasa entre 0.07% - 0.16%, fibra cruda entre 0.56% - 1.56%, cenizas entre 0.57% - 0.89% y carotenos totales entre 234,21 µg/g - 535 µg/g" (Ubaque Pinzón, 2016).

Adicionalmente, no solo el fruto cuenta con aporte nutricional importante, pues las semillas de este que varían de 300 a 700 semillas (Ortiz, 2015 citado en Ubaque Pinzón, 2016), cuentan con un aporte alto en proteína, almidón y con contenidos de aceite, que van desde el 30% al 50% según la especie (Ubaque Pinzón, 2016), el cual es rico en ácidos grasos poliinsaturados, destacándose el linoleico (43- 56%) y el oleico (24-38%), tocoferoles beta y gamma (vitamina E) y carotenoides: luteolina y beta-caroteno. Según Rodríguez R, Valdés R & Ortíz G, (2018), una variedad no mejorada de zapallo *C moschata* puede producir en promedio 400 kg de semilla/ha con un rendimiento de 200 litros de extracto etéreo por hectárea que

sobresale por su calidad para uso comestible, medicinal y agroindustrial.

Usos y producción de la ahuyama (*Cucurbita moschata*) en la actualidad

La producción del cultivo de ahuyama ha ido creciendo a través del tiempo, así como su importancia. En el año 2010, en Colombia, el área sembrada de ahuyama *Cucurbita moschata* duch ex poiret fue de 2800 ha y se presentaron 65.000 ton de producción (Faostat, 2013 citado en Ubaque Pinzón, 2016). En tales años, la producción mejoró moderadamente pues pasó de 16,6 ton/ha a 17,1 ton/ha, e incluso en 2011 existen reportes de producción de 19,8 ton/ha.

Esta producción considerable es óptima si se tiene en cuenta que la ahuyama se consume ampliamente y debido a su versatilidad puede ser usada de manera directa en (sopas, cremas, dulces, purés, jugos, pastelería y compotas; y de manera indirecta, usada como materia prima para la agroindustria en harinas, aceites y deshidratados.

Lo anterior, teniendo en cuenta que existe un alto volumen de producción (en el caso del zapallo UNAPAL ABANICO-75 es de 4 a 5 frutos por planta, y 6-5 kg por fruto, lo que equivale a una producción de 29-32 kg por planta) y existe un mercado con gran potencial de exportación, especialmente a países europeos. Asimismo, debido a su contenido de materia seca (26%) sus usos pueden ser amplios. Por otro lado, actualmente la semilla de auyama es reconocida por su concentración de aceite (extracto etéreo) dado que “el extracto etéreo es sinónimo de energía y la

energía es, básicamente, la capacidad para realizar un trabajo" (Rodríguez R, Valdés R & Ortíz G, 2018). Así, en Grecia, el aceite se destaca como fuente alternativa para la producción de biodiesel.

Asimismo, existen trabajos sobre la composición nutricional de la harina de auyama que concluyen que "su valor radica en su alto contenido de carbohidratos, fibra y almidón, cualidades que le permitirían encontrar aplicaciones adecuadas en la industria de procesamiento de alimentos para el desarrollo de nuevos productos" (Saeleaw y Schleining, 2011 citado en Ubaque Pinzón 2016).

Caracterización química

La pulpa del fruto de zapallo *Cucurbita moschata Duch*., presenta proteína cruda (PC) entre 4.4 a 14.5% y digestibilidad de la materia seca (MS) superior al 80% (Maynard et al., 2004). Asimismo, presenta carotenoides, en base seca, entre 120 a 280 µg/g (Neumark, 1970) y en base fresca, entre 24 y 84 µg/g (Rodríguez-Amaya, 1999); sin embargo, el contenido de humedad ronda el 90% en la pulpa del fruto (Neumark, 1970; Ortiz, 2006) y esto lo hace un alimento perecedero con los nutrientes diluidos, que se debe deshidratar para reducir el deterioro en postcosecha (González & Prado, 2003) y convertirlo en materia seca y estable sin menoscabo del valor biológico y retención efectiva de los carotenoides: α-caroteno, β-caroteno y luteína (Nascimento, 2006).

Según la tabla 1 de alimentos Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF, 2018) los aportes nutricionales del zapallo son:

Tabla 1. Caracterización química de la Ahuyama cruda, pulpa sin semillas por cada 100 gramos.

Análisis Proximal	
Humedad (g)	92,7
Energía (Kcal)	30
Energía (k J)	126
Proteína (g)	0,8
Lípidos (g)	0,2
Carbohidratos totales (g)	5,8
Carbohidratos disponibles (g)	4,7
Fibra dietaría (g)	1,1
Cenizas (g)	0,6
Minerales	
Calcio (mg)	20
Hierro (mg)	0,8
Sodio (mg)	1
Fosforo (mg)	34
Zinc (mg)	0,2
Magnesio (mg)	12
Potasio (mg)	340
Vitaminas	
Tiamina (mg)	0,05
Riboflavina (mg)	0,05

Niacina (mg)	0,6
Folatos (mcg)	12
Vitamina C (mg)	9
Vitamina A (ER)	1775
Parte comestible (%)	85

Tabla 1. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018). Tabla de alimentos colombianos.

Generalidades de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.)

El origen americano del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) se acepta sin el menor asomo de controversia desde finales del siglo XIX. Investigaciones arqueológicas han permitido ubicar restos en diversos sitios de Estados Unidos, México y Perú. En Perú se han encontrado restos de antigüedad de 2000 años A.P. en Huaca Piedra, de 2500 años A.P. en el valle de Nazca y ejemplos de frijoles completamente domesticados en la cueva de Guitarrero, en el callejón de Huaylas, Ancash a los cuales, según la prueba de Carbono 14, se les atribuye un rango de antigüedad que va de 7680 ± 280 a 10,000 ± 300 años. Las alubias encontradas en el callejón Huaylas, aproximadamente 30 especímenes, corresponden a frijoles de grano rojo-marrón oscuro y rojo oscuro (Flores y Montoya, 2018).

Es una de las leguminosas más importantes, si no la más importante, para la alimentación humana, dado su alto contenido de nutrientes y su versatilidad a la hora de ser cultivada, su cultivo, como el de su género, se encuentra distribuido en los trópicos, subtrópicos y regiones templadas, sobre todo América Latina y África (Sucleidis N et al., 2016). Su demanda constante en el mercado les permite a los agricultores manejar precios relativamente estables y un cultivo rentable.

Aporte Nutricional

Las diferentes clases de *Phaseolus vulgaris L*. aportan una buena cantidad de proteína, calorías, vitaminas del complejo B y minerales (Guzmán-Maldonado et al., 2002; Suárez-Martínez et al., 2016 citado en Sucleidis N et al., 2016). En la misma línea, el frijol es una buena fuente de componentes bioactivos como inhibidores de enzimas, lecitinas, etc. Adicionalmente, dentro de sus actividades biológicas están la capacidad antioxidante, la reducción de colesterol y lipoproteínas, por lo cual puede generar un efecto protector contra algunas enfermedades cardiovasculares (Suárez-Martínez et al., 2016). Asimismo, aporta fibra, la cual produce un efecto hipoglucemiante.

Usos y producción

Respeto a la producción de habichuela es notorio el gran impacto que ha tenido en la economía mundial y nacional. Según el Anuario Estadístico del Sector Agropecuario del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR (2014, citado en DANE, 2016) durante el año 2013 se obtuvo una producción total de 58.655 toneladas de habichuela, cosechadas en un área de 6.940 hectáreas. La mayor producción de esta se obtuvo en el departamento de Cundinamarca, con 29.636 toneladas, las cuales corresponden al 50,5% de la producción nacional; le siguieron los departamentos de Santander, Valle del Cauca, Huila y Boyacá, entre otros.

Una de las ventajas más significativa de la habichuela es la amplitud de usos debido a que se puede consumir la vaina y el grano, asimismo, según Hernández L (2010), sus usos pueden ser tanto en humanos como en animales, pues cuenta con un alto valor proteico. Así pues, siguiendo esta autora, dependiendo de la forma y el color de la vaina en su estado fresco, se le pueden dar diferentes usos, “ya que aparecen eco tipos con vainas de tamaño mediano a grande, forma plana, carnosas, sin hilo y de un color verde claro, que normalmente se consumen enteras o como vaina verde”.

En la misma línea, dado el porcentaje de aporte de proteína del frijol, así como su amplia variedad, este se erige como una buena fuente de alimentación en poblaciones con difícil acceso a proteína animal. Así, su consumo puede darse sobre las semillas secas extraídas de las vainas, que sufren un proceso previo de remojo "con una finalidad múltiple: ablandamiento de las cascarillas, absorción de agua e hinchamiento de los cotiledones, disminución del tiempo de cocción, comienzo de la actividad de enzimas que reducen las concentraciones de factores tóxicos o antinutritivos y comienzo de la hidrólisis de proteínas y almidón" (Perales L et al, s.f , pág. 6); pero también es posible la realización de harinas para el suplemento alimenticio de otros productos.

Caracterización química

Según la tabla 2 de alimentos (ICBF, 2018) la caracterización química de la habichuela es:

Tabla 2. Caracterización química de la habichuela, semillas por cada 100 gramos.

Análisis Proximal	
Humedad (g)	90,0
Energía (Kcal)	43
Energía (k J)	182
Proteína (g)	2,1
Lípidos (g)	0,0
Carbohidratos totales (g)	7,2
Carbohidratos disponibles (g)	4,2
Fibra dietaría (g)	3,0
Cenizas (g)	0,7
Minerales	
Calcio (mg)	40
Hierro (mg)	1,0
Sodio (mg)	6
Fosforo (mg)	39
Zinc (mg)	1,0
Yodo (mg)	0,2
Magnesio (mg)	22
Potasio (mg)	209
Vitaminas	
Tiamina (mg)	0,06

Riboflavina (mg)	0,10
Niacina (mg)	0,7
Folatos (mcg)	34
Vitamina C (mg)	10
Vitamina A (ER)	33
Parte comestible (%)	90

Tabla 2. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018). Tabla de alimentos colombianos.

Generalidades garbanzo (*Cicer arietinum* L.)

El garbanzo (*Cicer arietinum L.*) es una planta de la familia de las leguminosas, la cual fue una de las primeras cultivadas de forma doméstica. Sus frutos, que son legumbres, vienen en una vaina con uno o dos granos en su interior (Antonio & Mancera, 2002, citado en Ospina & Balta, 2018). Según Singh, Singh Sandhu & Kaur (2004, citado en Ospina & Balta, 2018) esta leguminosa es originaria del oeste de Asia y actualmente ocupa el tercer lugar entre las leguminosas de mayor producción mundial extendiéndose en el mundo. Asimismo, se conocen dos tipos de garbanzo: Kabuli y Desi; el primero, consta de vainas relativamente largas con semillas grandes de color lechoso; el segundo, es más pequeño oscuro y arrugado. Entre estos, el tamaño del mercado mundial de la variedad Desi es mayor al tamaño del mercado mundial de la variedad Kabuli. Así, se estima que la variedad Desi representaría cerca del 60% del comercio, mientras que la variedad Kabuli el 40% restante. Los principales exportadores de garbanzo Kabuli son México, India, Canadá y Estados Unidos (Peralta & Veas, 2014).

Aporte Nutricional

Los aportes nutricionales del garbanzo, que ya ha sido secado y debe presentar entre 14-16% de humedad, son reconocidos por su alto contenido de proteína, siendo esta del 22-26%; razón por la cual esta legumbre es apreciada incluso como reemplazo de la proteína animal. Adicionalmente, aporta un 5% de grasa, 66% de carbohidratos, 3% de fibra y 3% de minerales (Ospina & Balta, 2018). El garbanzo es además una de las leguminosas con mayor contenido de

oligosacáridos (Aguilar Raymundo, V.G; Vélez Ruiz, 2013). Según Flores Silva (2015, citado en Ospina & Balta, 2018) el consumo de garbanzo tiene ciertos factores a favor, uno de los más importantes es que posee una cantidad baja de elementos anti nutricionales, los cuales además disminuyen si son puestos en remojo. Esto quiere decir que cuenta con pocas sustancias naturales que inhiben de alguna manera la asimilación de los nutrientes presentes en la leguminosa, como sucede con otras de la misma categoría.

Adicionalmente, la cascarilla de garbanzo, puede tener diversos usos, tiene un aporte nutricional que incluye proteína (5.25), grasa (4.79) y ceniza (4.79) (g/100g); con algunas variaciones respecto a la ceniza en algunos estudios (Niño Medina, 2017). Asimismo, según Khan AR (2007, citado en Niño Medina 2017) la cascarilla constaba con un 22% de fibra dietaría, razón por la cual es útil su inclusión en algunos tipos de alimentos.

Usos y producción

La producción del garbanzo está entre las más importantes del mundo, junto con el guisante de campo (*pisum sativum*), el lupino (*lupinus)*, lentejas (*Lens culinaris*), habas (*Vicia fabae*), y el frijol mungo (*Vigna radiate*) (K. H. Siddique & Krishnamurthy, 2016). Dentro del mercado mundial India es, a la vez, mayor productor y mayor consumidor, seguido de Turquía, Pakistán y Australia.

A diferencia de estos países, en los cuales el consumo y la producción se ha mantenido relativamente constante, América vivió el incremento de este cultivo a partir de la década de los 80 (Ospina & Balta, 2018). De la misma manera, la ONU para la Alimentación y la Agricultura-FAO (2016) da a entender que la producción está dirigida a suplir la demanda de los países en vías de desarrollo, ya que esta se erige en una proteína más accesible y capaz de reemplazar la proteína animal y ser complemento nutricional.

En el caso colombiano, la producción de garbanzo ha tenido cierto descenso, ya que para los años 60 y 70 la producción alcanzaba las 15.000 Ton, mientras que desde los años 90 se presenta una producción de apenas 137 Ton en el año 2015 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018). No obstante, esta puede ir aumentando, teniendo en cuenta las tendencias del mercado mundial hacia la producción de comida económica, saludable y, sobre todo, libre de derivados animales.

Dado lo anterior, y el buen aporte de nutrientes de esta leguminosa, sus usos son variados: El uso del garbanzo como reemplazo de la proteína animal: Dentro del mercado mundial, alimentos vegetales con alto contenido en fibra se han abierto espacio como reemplazo de comidas que contienen proteína vegetal, siendo un reemplazo saludable de carnes, leche o queso, por ejemplo (Trujillo & Valdivieso, 2017). Asimismo, según Balta & Ospina (2018), debido al contenido de proteína y grasa que contiene esta legumbre, puede ser usada como sustituto de la cuajada que se encuentra en ciertos productos de panificación, incluyendo el pan de arroz.

El uso del garbanzo en la elaboración de embutidos, bebidas nutraceúticas y snacks saludables: En un estudio realizado por Ponce Fernández E (2019) se llegó a la conclusión de que el garbanzo tiene potencial para someterse a tratamientos térmicos con el fin de realizar nuevos productos como bebidas y embutidos. Lo anterior, dado que aspectos como la capacidad antioxidante de los extractos no disminuye con el tratamiento térmico aplicado a la harina de garbanzo y es mayor que en grano cocido, aunque este tratamiento puede afectar el contenido de proteína, fibra y grasa. Asimismo, “la capacidad de absorción y retención de agua y gelificación aumenta en función del tratamiento térmico aplicado a las harinas”.

De igual forma, el considerable contenido de proteína, alto contenido de fibra dietaría total, además de contenidos elevados de Ca, K y Mg, así como de los azúcares arabinosa, galactosa, glucosa de la cascarilla del garbanzo permite su uso en complementación de alimentos, así como la elaboración de snacks saludables (Niño Medina et al., 2017).

Caracterización química Según la tabla 3 de alimentos (ICBF, 2018) la caracterización química del garbanzo es:

Tabla 3. Caracterización química del Garbanzo crudo, semillas por cada 100 gramos

Análisis Proximal	
Humedad (g)	13,0
Energía (Kcal)	393
Energía (k J)	1656
Proteína (g)	19,9
Lípidos (g)	5,5
Carbohidratos totales (g)	58,8
Carbohidratos disponibles (g)	44,4
Fibra dietaría (g)	14,3
Cenizas (g)	2,8
Minerales	
Calcio (mg)	120
Hierro (mg)	6,4
Sodio (mg)	30
Fosforo (mg)	300
Zinc (mg)	3,1
Yodo (mg)	1,5
Magnesio (mg)	127
Potasio (mg)	1048
Vitaminas	
Tiamina (mg)	0,48

Riboflavina (mg)	0,22
Niacina (mg)	1,4
Folatos (mcg)	557
Vitamina C (mg)	4
Vitamina A (ER)	3
Parte comestible (%)	100

Tabla 3. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018). Tabla de alimentos colombianos.

Generalidades del Frijol caupí (*Vigna unguiculata* L.)

El género *Vigna,* perteneciente a la familia *Fabaceae,* comprende más de 200 especies distribuidas en el mundo; entre ellas, las más extendidas e importantes son *V. radiata, V. mungo, V. angularis, V. subterranea, V. aconitifolia, V. umbellata y V. unguiculata* (Fery 2002, citado en Morales Morales et al., 2019). Esta última, conocida comúnmente como fríjol caupí, es una leguminosa anual que tiene sus orígenes en África e India y es cultivada en regiones tropicales y subtropicales. En la misma línea, es una de las cinco leguminosas más importantes en el mundo ((Smýkal et al. 2015) dado su aporte nutricional, su accesibilidad económica y su bajo costo de producción que permite a estratos socioeconómicos más bajos acceder a una alimentación más completa.

El frijol caupí es una especie que tolera muy bien la sequía, presenta buena capacidad de fijación de nitrógeno y se adapta a diferentes sistemas de cultivo (Goncalves et al. 2016 citado en Morales Morales et al., 2019), lo cual resulta importante pues se erige como un cultivo rentable económicamente.

Aporte Nutricional

El fríjol caupí tiene un aporte nutricional que varía dependiendo de la forma de cultivar, los factores anti nutricionales, tiempo de almacenamiento y tratamiento térmico que se le dé al

grano (Frota et al., 2008 citado en Arméndiz Tatis et al. 2016). Así, el porcentaje de proteína varía entre 21,2% y 27,9% (De Paula, D, 2018), almidón del 28,3% a 36,2%, grasas de 1,3 a 1,9%, fibra de 1,7 a 3,0% y minerales de 3,2 a 3,7% (Antova et al., 2014).

La presencia de factores anti nutricionales variará dependiendo del genotipo y el ambiente en el cual permanece la leguminosa, sin embargo, están presentes por lo menos cuatro: los inhibidores de tripsina, taninos, ácidos fíticos y hemaglutinina (Oluwatosin, 1999 citado en De Paula D, 2018). Los cuales pueden llegar a afectar la absorción intestinal de los nutrientes del grano. No obstante, no existe una cantidad óptima respecto a la presencia de estos en la leguminosa, por lo cual "su importancia radica en que entre menos presencia haya en las semillas, mayor es la biodisponibilidad de minerales y proteínas para la absorción durante el consumo" (Chaparro et al., 2009, citado en De Paula, 2018). De la misma manera, estos pueden ser disminuidos a través del proceso de cocción.

De esta manera, además del alto contenido de proteína por el cual el frijol caupí es valorado, es una gran fuente de zinc y hierro. Lo cual es importante, dado que las deficiencias de estos en la dieta humana causan problemas de salud a más de 2000 millones de personas en el mundo (Amarakoon et al., 2012 & Shahzad et al., 2014 citados en Gillen Molina et al., 2016). En el mismo orden de ideas, la deficiencia de hierro afecta a más de 1600 millones de personas, convirtiéndolo en el trastorno más importante en el mundo (Molina et a. 2016).

Usos y producción

El fríjol caupí cuenta con la particularidad de que es rentable económicamente y su aporte nutricional es alto en proteína y minerales, por lo que es ideal para ser parte de una dieta económica, accesible y saludable para gran parte de la población mundial. Asimismo, su capacidad para ser cultivada en condiciones de sequía o rústicas da como resultado que pueda llegar a más personas. Así, en 2013 fueron cosechadas 11.926.786 hectáreas con un rendimiento promedio de 521 kg por ha (FAO, 2013 citado en Arméndiz-Tatis et al, 2016); de las cuales, 5.718.145 toneladas fueron cosechadas en África y Latinoamérica. En Colombia en el año 2017 el área cultivada fue de 14.000 ha, con un rendimiento promedio de 600 kg/ha, en su mayoría en la zona Caribe.

Existe amplia diversidad fenotípica entre las variedades de fríjol caupí, que influyen, junto con las condiciones ambientales y de cultivo, en el valor nutricional; teniendo que son aquellas con más contenido de proteína las que generarán mayor impacto en la nutrición humana. Lo anterior, “mejoraría significativamente la ingesta de los estratos económicos con menor capacidad para adquirir proteína animal; por lo que, el mejoramiento genético debe estar orientado no solo aumentar el porcentaje de proteína, sino la calidad y cantidad de aminoácidos esenciales” (De Paula et al., 2018).

Caracterización química

Según la tabla de alimentos (ICBF, 2018) la caracterización química del frijol caupí es:

Tabla 4. Caracterización química del Frijol caupí crudo, semillas por cada 100 gramos.

Análisis Proximal	
Humedad (g)	12,8
Energía (Kcal)	391
Energía (k J)	1647
Proteína (g)	21,6
Lípidos (g)	1,4
Carbohidratos totales (g)	60,5
Carbohidratos disponibles (g)	35,6
Fibra dietaría (g)	24,9
Cenizas (g)	3,7
Minerales	
Calcio (mg)	81
Hierro (mg)	5,7
Sodio (mg)	16
Fosforo (mg)	396
Zinc (mg)	3,5
Magnesio (mg)	178
Potasio (mg)	1123
Vitaminas	
Tiamina (mg)	0,73
Riboflavina (mg)	0,18

Niacina (mg)	2,1
Folatos (mcg)	630
Vitamina C (mg)	3
Vitamina A (ER)	2
Parte comestible (%)	100

Tabla 4. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018). Tabla de alimentos colombianos.

Materiales y Métodos

Localización

El trabajo se desarrolló en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD de las ciudades de Palmira y Pasto y la Universidad Nacional de Colombia—Sede Palmira (UNAL-Palmira).

Materias primas

Las materias primas fueron: ahuyama-cultivar Unapal Abanico-75, frijol caupí y grano de habichuela aportado por la UNAL-Palmira, y garbanzo comercial.

Variables a evaluadas

1. Contenido de humedad
2. Grasa bruta
3. Cenizas
4. Proteína bruta

Trabajo de Laboratorio

Selección y acondicionamiento de materias primas

Los frutos de ahuyama, una vez llegaron del campo, fueron lavados y desinfectados con agua potable e hipoclorito al 10%, se les realizó las medidas de rigor que debe cumplir el cultivar, peso, altura, diámetro polar, diámetro ecuatorial, espesor de pared y color.

De cada fruto se tomaron tres muestras del ecuador del fruto, se pesó en bolsa de papel, con ellas se determinó la materia seca mediante la técnica de secado en estufa a 105 ºC por 24 horas, según el método 925.09 de la AOAC (1995).

También se seleccionaron y clasificaron, los granos (frijol caupí, grano de habichuela, garbanzo) los cuales cumplieron con pruebas físicas de calidad, color, textura, y turgencia.

Pruebas de Laboratorio

Deshidratación y secado (pretratamientos)

La pulpa de ahuyama fue reducida a rodajas de aproximadamente 0.5 cms y se realizó un secado convectivo en horno a 50°C evitando la menor perdida de carotenos totales. Una vez seco el material se procedió a realizar un molinado y posterior almacenamiento en bolsas negras o bidones de cierre hermético para evitar que la luz deteriore la harina.

Para las demás materias primas (frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo), se realizó una reducción de tamaño grueso, un secado a 40 °C y un molinado hasta obtener harina en la granulometría adecuada en cada caso.

Análisis proximal o Weende

Se realizó el análisis proximal o análisis Weende, se determinó contenido de humedad, ceniza, grasa bruta y, proteína bruta.

Contenido de humedad: El contenido de materia seca se determinó de acuerdo al método 925.09 de la AOAC (1995), tomando 3 muestras de la zona ecuatorial de cada fruto y sometido a secado del material en estufa a 105°C por 24 horas. El porcentaje de MS se calculó mediante la ecuación 1.

$$\%\boldsymbol{MS} = \frac{\boldsymbol{Peso\ inicial\ de\ la\ muestra}}{\boldsymbol{Peso\ final\ de\ la\ muestra}}\ \boldsymbol{x\ 100} \qquad \text{Ecuación (1)}$$

Cenizas: Para la determinación de cenizas se siguió la norma AOAC 942.05 AOAC (1995), las muestras fueron colocadas en una mufla a 600 ºC durante 6 horas y el contenido de ceniza se determinó con la ecuación 2.

$$\boldsymbol{Ceniza}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{m_{c+c} - m_c}}{\boldsymbol{m_0}} \qquad \text{Ecuación (2)}$$

Dónde:

Mc + c: Masa del crisol y la ceniza (g)

mc: Masa del crisol vacío (g)

m0: Masa inicial de la muestra (g)

Grasa: La determinación de la grasa bruta se realizó por el método Soxhlet siguiendo la norma AOAC 920.39 AOAC (1995).

Proteína: La determinación de la proteína se realizó siguiendo el método de Kjeldhal, siguiendo el método AOAC 984.13 AOAC (2000).

Diseño Experimental

Se realizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones por variable, para cada materia prima.

Análisis Estadístico

Los datos se analizaron estadísticamente por medio de un análisis de varianza (ANOVA) empleando el Software Excel.

Resultados y Discusión

Análisis de Varianza para la variable humedad (Ahuyama, frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo).

Se analizó el contenido de humedad para las 4 materias primas a trabajar (pulpa de zapallo, grano de habichuela, frijol caupí y garbanzo). De acuerdo con la tabla 5, el F observado es menor al F tabulado, por tanto, se evidencia que no existen diferencias significativas entre los materiales para la variable humedad; en la gráfica 1, se observa el promedio de humedad de los 4 materiales, en donde la pulpa de ahuyama, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela, presentan un promedio de humedad de 87.9%, 88.6%, 88.7% y 87.9%, respectivamente. Estos valores son acordes con los siguientes autores: Pereira et al., (2020), identificó que en la pulpa de ahuyama el contenido de humedad varió de 84.6% a 95.5%, y el valor más bajo fue para la prueba F2 y el más alto para F4, respectivamente, presentándose desfavorable para la conservación de este producto, debido a su rápida descomposición. Los autores mencionan que resultados similares fueron encontrados por Moreira et al. (2020), quienes reportaron el efecto de diferentes técnicas de cocción sobre los carotenoides y la actividad antioxidante de las calabazas biofortificadas, encontraron en muestras crudas un contenido de humedad entre 80.8 y 90.5%. Con el secado, el contenido de humedad disminuye 11 veces (promedio), lo que hace que el producto sea más estable y mantiene la calidad y conservación de esta fruta. Park y col. (2001) reportaron las ventajas del secado en el proceso de calabaza, entre ellas la facilidad en la conservación del producto, la estabilidad de los componentes aromáticos a temperatura ambiente, la protección contra la degradación enzimática y oxidativa.

Por su parte, respecto al frijol caupí, en el estudio comparativo de composición química de cuatro variedades de frijol caupí, realizado por Otitoju et al (2015), se encontró que el contenido de humedad es más alto en variedades Ife marrón (14.5%) y menos en Aloka (11,50%). El contenido de humedad de las muestras fue determinado utilizando el método de horno caliente como se describe por Pearson (1976). El porcentaje de contenido de humedad es calculado a partir de la pérdida de peso de la muestra.

Por otro lado, los valores correspondientes al garbanzo que se muestran en la Figura 1 concuerdan con los datos obtenidos por otros autores (Ruiz et al., 2010; Arámbula et al., 2007; Reyes et al., 1994 citados en Hernández-Olivas, 2016).

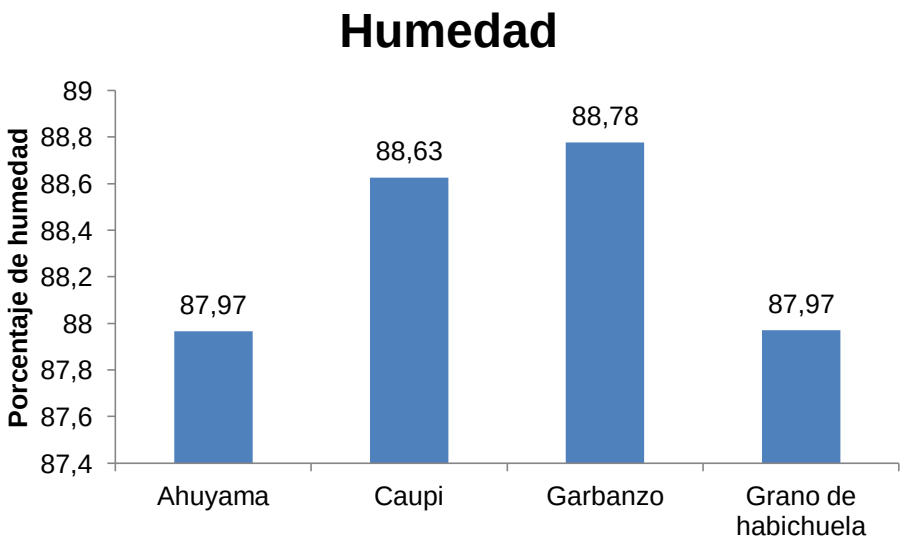
Por último, respecto al grano de habichuela, según la Tabla de Alimentos del ICBF (2018) el contenido de humedad (g) es de 90,0.

Tabla 5. *Análisis de Varianza para la variable humedad (Ahuyama, frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo).*

Fuentes de variación	**Grados de libertad (gl)**	**Suma de cuadrados (Sc)**	**Cuadrado medio (Cm)**	**F Observado**	**F requerido 5%**	**F requerido 1%**
Tratamientos	(t-1) = 3	1,64	0,549	3,43	4,07	7,59
Error	t*(r-1) = 8	1,34	0,16			
Total	11	2,99				

Fuente: Tabla 1. Archivo personal

Grafica 1. *Porcentaje de humedad en pulpa de zapallo, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela.*



Fuente: Figura 1. Archivo personal

El contenido de humedad es una de las variables más importantes para procesos agroindustriales porque esta tiene influencia en el comportamiento mecánico y la deformabilidad de los gránulos (Kibar y Ozturk, 2009, citado en Rojas & Aristizabal, 2012). Así, se encuentra que al aumentarse la humedad hay disminución de la fuerza de ruptura y un incremento de la energía y de la deformación especifica en el punto de ruptura. Kibar y Ozturk mencionan que diversos autores que han investigado la influencia de la humedad sobre el comportamiento mecánico de diferentes productos agrícolas han encontrado resultados similares; entre estos se encuentran: en soya (Glycine max), Paulsen (1978) y Henry et al. (2000); en comino (*Cuminum cyminum* Linn), Singh y Goswami (1996); y en girasol (*Helianthus annuus* L.), Gupta y Das (2000); en centeno (*Secale cereale*), Dziki y Laskowski (2005); en azafrán (*Carthamus tinctorius* L.), Baumler et al. (2006); en haba (*Vicia faba*), Altuntas y Yildiz (2007) y fríjol (*Phaseolus vulgaris*), Correa et al. (2008), Saiedirad et al., (2008).

En concordancia con lo anterior, Correa et al., (2008) observaron una reducción de la fuerza de fractura y del módulo proporcional de deformabilidad, cuando se incrementaban los contenidos de humedad en semillas de fríjol. Así, a niveles altos de humedad el grano es menos elástico y más flexible (dúctil). Por otra parte, Laskowski y Lysiak (1999 citado en Rojas & Aristizabal, 2012) evaluaron las propiedades mecánicas de algunas semillas en diferentes niveles de humedad para predecir su comportamiento en el proceso de molienda. La deformación en el punto de ruptura fue significativamente correlacionada con el consumo de energía en el proceso de molienda, siendo directamente proporcional al contenido de humedad. De otro lado, Dziki (2008) en una investigación sobre los procesos de molienda de granos de trigo, deduce que el

proceso de trituración antes de la molienda reduce considerablemente el consumo de energía, mientras que un incremento de la humedad lo aumenta (González et al., 2009).

Análisis de Varianza para la variable cenizas (Ahuyama, frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo).

Se analizó el contenido de cenizas representado en minerales para las 4 materias primas a trabajar (pulpa de zapallo, grano de habichuela, frijol caupí y garbanzo). De acuerdo con la tabla 6, el F observado es mayor al F tabulado, por tanto, se evidencia que si existen diferencias altamente significativas entre los materiales para la variable cenizas; en la gráfica 2, se observa el promedio de cenizas de los 4 materiales, en donde la pulpa de ahuyama, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela, presentan un promedio de cenizas de 12.7%, 4%, 3.2% y 5.1%, respectivamente. Estos valores son acordes con los siguientes autores: Ramírez & Villa (2015) encontraron que el contenido de cenizas en ahuyama varió de 5,8 a 9,4% para los accesos la prueba F2 y F3, respectivamente. Se verificó diferencia estadística entre las harinas, excepto para las harinas F1 y F2. El mayor contenido de lípidos se verificó en las accesiones de la prueba F3 y F4, y estos resultados pueden estar relacionados con los mayores valores de lípidos encontrados en estas accesiones, disminuyendo la fracción de cenizas.

Respecto al frijol caupí, Fernández y Sánchez (2017), encontraron que en promedio el frijol caupí contiene 4.26 % de cenizas, mientras que los resultados obtenidos en la presente

investigación resultaron ser superiores. Estos resultados superiores, se le pueden atribuir a que el ejote entero presenta mayor concentración de fibra, carbohidratos y proteína en comparación al frijol de grano.

Respecto al garbanzo, el contenido de cenizas de las variedades comerciales mostró diferencias estadísticas significativas en Costa 2004 y Blanoro de 3 y 2.8%, respectivamente. Estos resultados se pueden atribuir a la interacción de genotipo y ambiente, es decir, al tipo de cultivar y del suelo donde se desarrolla y las condiciones de manejo para su desarrollo (Silva et al., 2010); valores similares reporta Singh et al. (2004) de un 2.7 a 3.1%, mientras que Heiras-Palazuelo et al. (2013) reportan valores similares de 2.5 a 3.2% en cultivares de tipo Desi, mientras que en Blanco Sinaloa se reporta 2.9%.

Por último, las concentraciones de cenizas del grano de habichuela están entre 2,86 y 4,26 g / 100 g. Las concentraciones observadas fueron menores que las observados para las variedades cultivadas en Burundi (Barampama & Simard, 1993). Las concentraciones de composición aproximadas variaron de variedad a variedad, pero fueron similares a los valores obtenidos por Meiners, Derise, Lau, Ritchey y Murphy (1976b), The Nahry, Darwish y Tharwat (1977) y Swnason, Montoure, Mecurdy, Peterson y Bannon (1977). El hierro presente en los frijoles no es hemo, y solo está disponible de 0,8 a 5,2 mg / kg (Sgarbieri, Antunes, y Almeida, 1979; Lynch, Beard, Dassenko y Cook, 1984).

Las concentraciones de zinc en las ocho variedades variaron de un mínimo de 15,39 mg / kg (en Tabor) a 28,22 mg / kg (en Redwolaita). Estos valores son similares o ligeramente

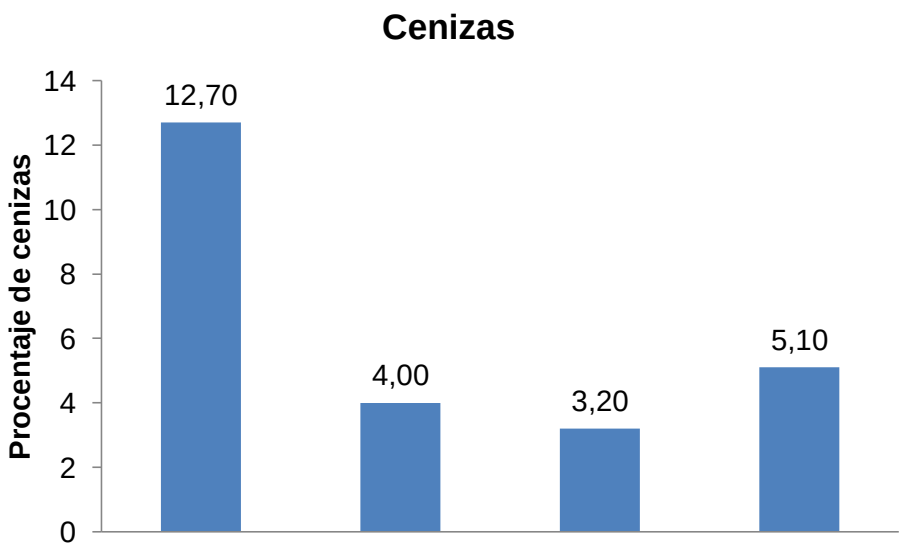
mayores que las concentraciones informadas por Meiners et al. (1976a), y son similares a los valores comparados en base seca informado por Rockland, Wolf, Hahn y Young (1979) y Agustín, Beck, Kalbfleish, Kagel y Matthews (1981). Concentraciones de zinc en los frijoles secos informadas por Barampama y Simard (1993), fueron mayores que los resultados obtenidos en la presente investigación. El zinc es un oligoelemento esencial (micronutriente) para el crecimiento y la reproducción normales y saludables. Aunque el zinc está menos disponible para la absorción de proteínas vegetales que de carnes, por lo tanto, frijoles secos son una fuente importante de zinc en la dieta (Murphy, Willis, Y Watt, 1975).

Tabla 6. *Análisis de Varianza para la variable cenizas en pulpa de ahuyama, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela.*

Fuentes de variación	**Grados de libertad (gl)**	**Suma de cuadrados (Sc)**	**Cuadrado medio (Cm)**	**F Observado**	**F requerido 5%**	**F requerido 1%**
Tratamientos	(t-1) = 3	171,9	57,29	1909,6	4,07	7,59
Error	t*(r-1) = 8	0,24	0,03			
Total	11	172,1				

Tabla 2. Archivo personal.

Grafica 2: *Porcentaje de cenizas en pulpa de ahuyama, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela.*



Fuente: Archivo personal.

El contenido de cenizas representa la cantidad de minerales presentas en la materia prima, son importantes porque realizan funciones vitales en el organismo, la ingesta de estos favorece el equilibrio y mantenimiento de las funciones corporales esenciales, la harina de ahuyama se destaca de las demás en el contenido de minerales y se convierte en una alternativa adecuada para su ingestión. Asimismo, ha sido reportado que los iones de potasio ayudan a mantener el equilibrio hídrico en el cuerpo y la composición de la sangre. Ortiz Grisales, S (2012). También se destaca la relación Na / K en el cuerpo es de gran importancia para la prevención de la hipertensión arterial.

Análisis de Varianza para la variable grasa (Ahuyama, frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo).

Se analizó el contenido de grasa para las 4 materias primas a trabajar (pulpa de ahuyama, grano de habichuela, frijol caupí y garbanzo). De acuerdo con la tabla 7, figura 3, el F observado es mayor al F tabulado, por tanto, se evidencia que si existen diferencias altamente significativas entre los materiales para la variable grasa; en la gráfica 3, se observa el promedio de grasa de los 4 materiales, en donde la pulpa de ahuyama, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela, presentan un promedio de grasa de 3.40%, 1.79%, 6.80% y 1.50%, respectivamente.

Respecto al frijol caupí, el contenido de grasa osciló entre 0,60% y 1,26% en el estudio realizado por (Gondwe et al, 2019). El contenido de grasa más alto (1,26%) se observó en IT-

04K-321-2, y el contenido de grasa más bajo se encontró en la variedad local Mtilane. Sin embargo, no hubo diferencias significativas (P> 0.05) entre todas las variedades y entre la variedad mejorada y la local. Las diferencias en la composición del frijol caupí podrían atribuirse al tipo de suelo, prácticas culturales, condiciones ambientales y composición genética.

De la misma manera, según Aguilar (2013) el garbanzo presenta mayor contenido de grasa que otras leguminosas. La concentración total de lípidos de los tipos Desi y Kabuli oscila entre 2.9-7.4 % y 3.4-8.8%, respectivamente. El contenido total de lípidos en el garbanzo comprende principalmente ácidos grasos poliinsaturados (62-67%), ácidos grasos mono-insaturados (19-26%) y grasas saturadas (12-14%).

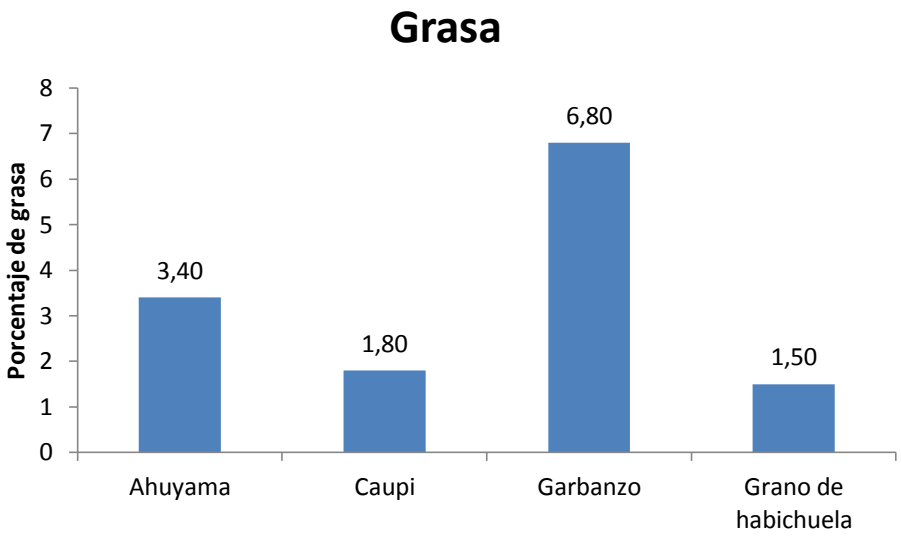
Por último, los valores de grasa respecto al grano de habichuela coinciden con Gondwe (2019), quien encontró que el contenido de grasa de las variedades modernas estuvo entre el 0,33% y el 1,33%, mientras que el contenido de grasa de las variedades locales estuvo entre 0.33% y 1.00%. Se encontró que el contenido de grasa era del 2,20% al 5,03%, contenido de ácido linoleico 33% y contenido de ácido oleico 9,5% de media. El contenido de ácido oleico y ácido linoleico de cultivares de frijol común se determinó como 13,9% y 12,4%, respectivamente. Ácidos oleicos y linoleico en el frijol común se determinaron como 7,8% - 13,8% y 16,7% -25,8%, respectivamente.

Tabla 7. *Análisis de Varianza para la variable grasa para pulpa de ahuyama, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela.*

Fuentes de variación	**Grados de libertad (gl)**	**Suma de cuadrados (Sc)**	**Cuadrado medio (Cm)**	**F Observado**	**F requerido 5%**	**F requerido 1%**
Tratamientos	(t-1) = 3	53,21	17,73	3546	4,07	7,59
Error	t*(r-1) = 8	0,04	0,005			
Total	11	53,25				

Tabla 1. Archivo personal.

Grafica 3: *Porcentaje de grasa en pulpa de ahuyama, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela.*



Fuente Archivo personal.

El contenido de grasa es importante en un producto deshidratado ya que, según Silva et al. (2010), Citado en Aguilar, 2013 desempeñan un papel en la formación del complejo amilosa lípidos y tener buen desempeño en la gelatinización del almidón durante la cocción, un fenómeno que tiende a limitar la biodisponibilidad del almidón. Asimismo, Los ácidos formados por ácido linoleico (Omega 3), ácido linoleico (Omega 6) y ácido oleico (Omega 9) ayudan a proteger contra la obesidad, fortalecen el sistema inmunológico y previenen el colesterol. Ácidos grasos omega, además de ser fisiológica y bioquímicamente esenciales para las funciones corporales, también juegan un papel importante en el desarrollo de tejidos sanos.

Análisis de Varianza para la variable proteína (Ahuyama, frijol caupí, grano de habichuela y garbanzo).

Se analizó el contenido de proteína para las 4 materias primas a trabajar (pulpa de zapallo, grano de habichuela, frijol caupí y garbanzo). De acuerdo con la tabla 8, el F observado es mayor al F tabulado, por tanto, se evidencia que si existen diferencias altamente significativas entre los materiales para la variable proteína; en la gráfica 4, se observa el promedio de proteína de los 4 materiales, en donde la pulpa de zapallo, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela, presentan un promedio de proteína de 7.40%, 22.30%, 22.30% y 24.70% respectivamente. Estos valores son acordes con Pereira et al (2020), quien identificaron valores de proteína bruta entre 7.7 y 9.5% para accesiones F3 y F1, respectivamente. No se encontraron diferencias para el contenido de proteína cruda entre las accesiones ($P > 0.05$). Wan Nadiah et al (2007, citado en

Pereira et al, 2020) analizaron la composición proximal de la harina de calabaza producida a partir de las semillas (*Cucurbita moschata*) y encontraron un contenido de proteína del 9,6%. El contenido de lípidos varió de 1,4 a 5,9% para las accesiones F3 y F2, respectivamente. F3 y F4 no difirieron significativamente.

Vargas & Villamil (2012) encontraron, respecto al frijol caupí, que el contenido de proteína cruda (20,30 g/100g) está dentro del rango publicado por otros autores, quienes encuentran valores entre 17,4 y 28,3 g/100g. Aunque (Mune Mune et al., 2008) afirma que el frijol caupí posee contenidos proteicos muchos mayores, lo cual es corroborado por (Onwuliri & Obu, 2002) quienes obtuvieron datos cercanos a los 40 g/100g. El autor menciona que se encuentran varias diferencias entre los valores que la literatura aporta sobre el tema, lo cual puede deberse a cambios en la composición bioquímica inducidas por el mejoramiento genético (Castellón et al., 2003) que busca suplir las necesidades nutricionales en los países de tercer mundo (Carvalho et al., 2012).

En cuanto al garbanzo, los valores indicados en la tabla concuerdan con lo dicho por Aguilar et al (2013), el cual, no obstante, aclara que el contenido de proteína en el garbanzo varía significativamente cuando se considera la masa total del grano seco (17- 22%) y cuando es descascarado incrementa (25.3-28.9 %). En varios estudios se han reportado diferencias en la concentración de proteína cruda de kabuli y desi. Cabe señalar que la calidad de la proteína del garbanzo resulta ser, mejor que otras leguminosas tales como del frijol negro (*Vigna mungo L.*), judía mungo (*Vigna radiata L.*) y frijol rojo (*Cajanus cajan L*).

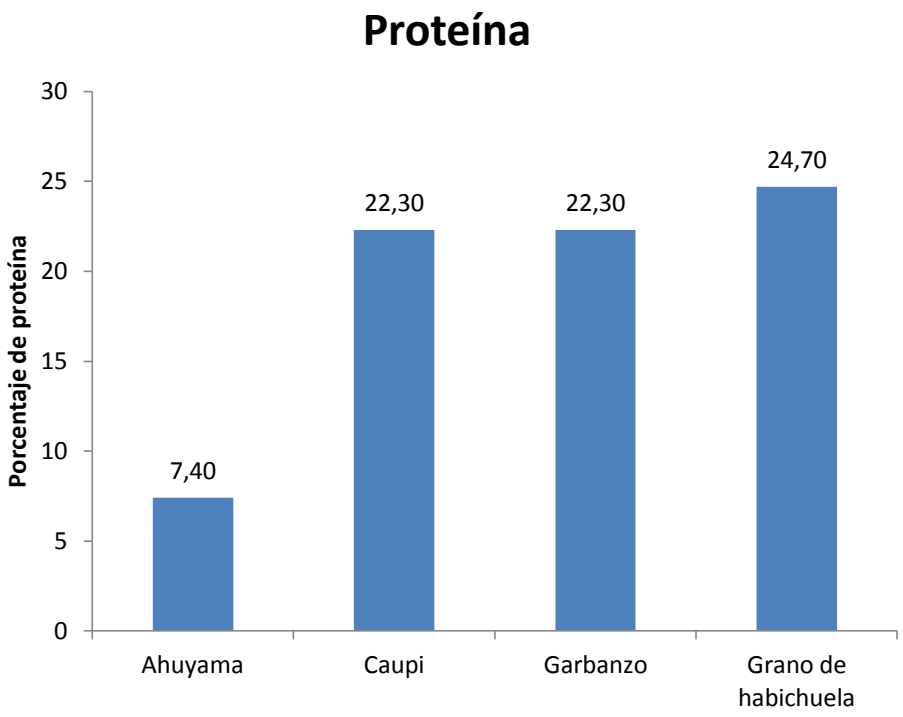
Por último, Raya Pérez et al (2014), encontraron que el contenido de proteína osciló entre 17,96 y 22,07 g / 100 g con diferencias significativas entre las variedades mejoradas. Así, el contenido de proteína de las variedades locales (LR) osciló entre 16,54% y 25,23%, mientras que el contenido de proteína de las variedades modernas (MV) osciló entre el 19,70% y el 24,30%. El contenido de proteína en los frijoles comunes puede ser afectado por diferentes entornos debido a la variedad de interacciones de ubicación.

Tabla 8. *Análisis de Varianza para la variable proteína pulpa de zapallo, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela.*

Fuentes de variación	**Grados de libertad (gl)**	**Suma de cuadrados (Sc)**	**Cuadrado medio (Cm)**	**F Observado**	**F requerido 5%**	**F requerido 1%**
Tratamientos	(t-1) = 3	566,12	188,7	4,965,78	4,07	7,59
Error	t*(r-1) = 8	0,3	0,038			
Total	11	566,4225				

Tabla 2. Archivo personal.

Grafica 4: *Porcentaje de proteína en pulpa de zapallo, frijol caupí, garbanzo y grano de habichuela. Archivo personal.*



Fuente: Archivo personal.

Las legumbres como el garbanzo, la habichuela, frijol caupí, se valoran en todo el mundo como una fuente alternativa de proteína sostenible y económica, y se consideran la segunda fuente de alimento más importante después de los cereales, dado que aportan entre el (20–45%) de proteínas.

Este tipo de legumbres se perfilan, como una base contundente para el desarrollo de muchos alimentos funcionales que además de promover la salud humana, podrían desempeñar un papel importante en la erradicación de la malnutrición proteico-energética (Maphosa & Jideani, 2016)

En los últimos años la aplicación de distintas tecnologías ha permitido la obtención de productos con una elevada cantidad de proteína. Los concentrados y aislados proteicos más extendidos son los de soja (Henn y Netto, 1998; Friedman y Brandon, 2001), aunque actualmente se han producido aislados proteicos de garbanzo (Sánchez-Vioque y col., 1999), judías (Chau y col., 1997), altramuz (Lqari y col., 2002) y lentejas (Fernández Quintela y col., 1993). Estos concentrados son empleados por la industria alimentaria ya que ofrecen ventajas económicas, nutricionales y funcionales, manteniendo las cualidades sensoriales deseables necesarias para la aceptación por el consumidor.

Por lo tanto, las proteínas de las leguminosas pueden tener un papel muy destacado en la industria alimentaria tanto en alimentos procesados como en la elaboración de nuevos productos texturizados destinados al consumo humano.

Los alimentos deshidratados, son considerados alimentos de textura modificada, los cuales pueden ser rehidratados con facilidad, gracias a la capacidad de retención de agua, el cual depende directamente del mayor o del menor contenido de proteína, o de los cambios conformacionales de la misma (Aguilera et al., 2012).

Conclusiones

La ahuyama, es una hortaliza que se destaca por su valor nutricional, destacándose del grupo como una de las materias primas con el mayor contenido de minerales.

El frijol caupí, el grano de habichuela y el garbanzo conforman un grupo de legumbres excepcionales, representan una fuente valiosa de proteínas y de componentes bioactivos, que además de sus propiedades nutricionales contribuyen a la prevención de ciertas enfermedades, especialmente las coronarias.

La pulpa de ahuyama, garbanzo, frijol caupí y la habichuela. Además de ser una fuente de un alto contenido de proteico, y funcional, representan una alternativa económica por su bajo costo de producción y de fácil acceso económico.

Recomendaciones

Se recomienda explorar el perfil graso y el tipo de minerales que aportan estas materias primas para ser incorporadas en un alimento deshidratado.

Referencias Bibliográficas

Aguilar V (2013). Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum L.*). Extraído de https://www.researchgate.net/publication/319185894_Propiedades_nutricionales_y_funcionales_del_garbanzo_Cicer_arietinum_L

Aguilera Gutiérrez, Y. (2009). Harinas de leguminosas deshidratadas: Caracterización Nutricional y Valoración de sus Propiedades Tecno-Funcionales. universidad autónoma de Madrid facultad de ciencias Departamento de Química Agrícola.

Arméndiz Tatis et al. (2016). Contenido Nutricional de Líneas de Fríjol Caupí (*Vigna unguiculata L. Walp.)* Seleccionadas de una Población Criolla. Información Tecnológica, vol 27, No 2. Universidad de Córdoba: Colombia.

De Paula, D (2018). Caracterización nutricional y determinación de ácido fítico como factor anti nutricional del frijol caupí. Redalyc, vol 9, No 21. Extraído de http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43754020003

Delgado-Andrade, C.; Olías, R.; Jiménez-López, J.C. y Clemente, A. (2016). Aspectos de las legumbres nutricionales y beneficiosos para la salud humana. Arbor, 192 (779): a313. Extraído de: http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/2117/2774

Fernández & Sánchez (2017). Estudio de las propiedades fisicoquímicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. Nova scientia, Vol.9, núm.18.

Fernández V & Sánchez C (2007). Estudio de las propiedades físico químicas y calidad nutricional en distintas variedades de frijol consumidas en México. Nova Scientia, vol. 9, núm. 18, 2017. Universidad De La Salle Bajío León: Guanajuato, México.

Gillen Molina et al. (2016). Biofortificación de frijol caupí *(Vigna unguiculata L. Walp)* con hierro y zinc. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, núm. 17, noviembre-diciembre. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: Estado de México, México.

Gondwe et al (2019). Caupí *(Vigna unguiculata (L.) Walp)* para la seguridad alimentaria: una evaluación de las características del usuario final de las variedades mejoradas en Suiza. Extraída de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6831576/

Hernández- Olivas (2016). Caracterización de masas con base en mezclas de frijol - maíz y garbanzo - maíz. Vol. 1, Núm. 2.

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (2018). Tabla de alimentos colombianos. ICBF: Colombia. Extraído de https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/tcac_web.pdf

Maphosa, Y., & Jideani, V. (2017, agosto). El papel de las legumbres en la nutrición humana. https://www.intechopen.com/books/functional-food-improve-health-through-adequate-food/the-role-of-legumes-in-human-nutrition

Morales Morales et al (2019). Caracterización morfológica de semillas de frijol caupí *(Vigna unguiculata L. Walp)* de la Península de Yucatán. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, vol 6, No 18. ERA: México.

Niño Medina et al (2017). Composición nutricional, compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de cascarilla de garbanzo *(Cicer arietinum)*. archivos latinoamericanos de nutrición, vol. 67, No 1. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD): Monterrey, Nuevo León, México.

Ortiz Grisales, S (2012). Fruto y semilla de (*Cucurbita moschata)* fuente de carotenoides y aceite con valor agregado. Congresso brasileiro de olericultura: Brasil.

Ospina & Balta (2018). evaluación del pretratamiento del garbanzo *(Cicer arietinum l.)* en la calidad de la masa húmeda obtenida, como ingrediente para la elaboración de un producto tipo snack. Universidad de Los Llanos: Villavicencio, Colombia.

Otitoju et al (2015). Comparative Study of the Nutrient Composition of Four Varieties of Cowpea (*Vigna unguiculata*) and Their Products (Beans-Based Products). Pakistan Journal of Nutrition Vol. 14, núm. 9.

Perales L, et al. (s.f). Informe sobre legumbres, nutrición y salud. Adaptado al Reglamento relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Fundación Española de la Nutrición FEN: España.

Peralta & Veas (2014). Garbanzo: Usos alternativos para generar valor agregado al descarte. Extraído: https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/1808/Peralta%20_%20Veas%20-%20Garbanzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Pereira et al (2020). Caracterización fisicoquímica, contenido de carotenoides y digestibilidad de proteínas de harinas de acceso a calabaza para aplicación alimentaria. ISSN 1678-457X.

Pinzón, E. (2017). Reto del Hambre Cero: una estrategia de las Naciones Unidas, su relevancia en la agenda mundial y su trascendencia en Colombia. Extraído de: https://www.redalyc.org/pdf/2739/273954731011.pdf

Ponce Fernández E (2019). Composición química, características funcionales y capacidad antioxidante de formulaciones de garbanzo *(Cicer arietinum L.)* BLANCO SINALOA 92. Agrociencia, vol 53. Instituto Tecnológico Superior de Guasave: Sinaloa: México.

Ramírez & Villa (2015). Obtención de harina de zapallo por el Proceso de secado de alimentos. Ventana Científica, Vol. 5, núm. 9, ISSN 2305 – 6010, Mayo, 2015.

Raya Pérez et al (2014). caracterización de proteínas y contenido mineral de dos variedades nativas de frijol de México. Agronomía Mesoamericana, vol. 25, núm. 1, enero-junio, 2014, Alajuela: Costa Rica.

Rodríguez R, Valdés R & Ortíz G (2018). Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo *(Cucurbita sp).* Rev Colombiana Ciencias Animales, vol 10

Rojas & Aristizábal (2012). Efecto del Contenido de Humedad sobre Algunas Propiedades Mecánicas de la Semilla de Vitabosa *(Mucuna deeringiana)*. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín, No 65.

Sucleidis N, et al. (2016). Respuesta del cultivo de habichuela *(Vigna unguiculata L.)* Var. Lina a diferentes formas de aplicación del pectimorf®□. Cultivos Tropicales, Vol. 37, no. 3. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas: Cuba.

Trujillo & Valdivieso (2017). Propuesta de elaboración de platos de cocina de autor con base en diez variedades de carne vegetariana.

Ubaque Pinzón (2016). Mejoramiento Genético del Contenido de Materia Seca en Fruto del Cultivar de Zapallo UNAPAL Abanico 75 por Medio del Método de Selección Recurrente. Universidad Nacional de Colombia: Palmira, Colombia.

Vargas & Villamil (2012). Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol caupí (*vigna unguiculata L.*) Cultivado en el departamento del Tolima. Universidad del Tolima: Ibagué.

Vargas A et al. () (2012). Caracterización fisicoquímica y nutricional de la harina de frijol caupí (*vigna unguiculata L.)* . cultivado en Colombia. Revista Vitae, vol. 19, núm. 1, enero-abril, 2012. Universidad de Antioquia: Colombia.