

CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LA CÁPSULA Y DE LA SEMILLA DE CARDAMOMO (*Elettaria cardamomum*) CULTIVADO EN LA ZONA NORTE DE GUATEMALA

Ana Silvia Colmenares de Ruiz^{1,2}
asruiz@uvg.edu.gt,

Ana Luisa Mendizábal de Montenegro^{3,4}
mendiza@uvg.edu.gt

Maria Jose Bran⁴
mjbran@uvg.edu.gt

Edwinth Everardo Rodriguez¹
eerodriguez@uvg.edu.gt

¹ Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios,

² Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos.

³ Laboratorio Instrumental de Química Avanzada.

⁴ Facultad de Ciencias y Humanidades.

RESUMEN

Se llevó a cabo la determinación de las características fisicoquímicas de la cápsula y la semilla de cardamomo proveniente de 9 regiones de la zona norte de Guatemala. Entre las características físicas se evaluó el peso, el tamaño, la densidad aparente y la densidad real de la cápsula. En la semilla se evaluó su densidad aparente y real. Se extrajo el aceite esencial de cápsulas de cada región usando un alambique de laboratorio, y se evaluaron las características fisicoquímicas como densidad, índice de refracción y rotación óptica. El cardamomo de las regiones estudiadas mostró una calidad similar en cuanto a los parámetros físicos. La región I produjo un cardamomo de mejor color, verde oscuro, con valores más bajos de L y a. Las regiones II y V produjeron cardamomo de mayor tamaño. Estas tres regiones presentan mejores características físicas que las demás. Las muestras con mejores resultados de densidad y porosidad para el 2020 fueron de las regiones IV y IX que tuvieron una densidad más alta y menos porosidad. El contenido de cenizas fue mayor en las regiones I y VII, lo cual es indicativo del contenido de minerales. La mayor parte de cenizas se encontró en la cápsula. Los datos de índice de refracción, rotación óptica y densidad del aceite esencial fueron característicos de aceite esencial de cardamomo y pueden ser usados como indicativo de su pureza.

PALABRAS CLAVE: Cardamomo, semilla, cápsula, esfericidad, densidad aparente, densidad verdadera, porosidad, índice de refracción, rotación óptica, densidad del aceite.

ABSTRACT

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE CAPSULE AND SEED OF CARDAMOM (*Elettaria cardamomum*) GROWN IN THE NORTH ZONE OF GUATEMALA

The physicochemical characteristics of the capsule and the cardamom seed from 9 regions of the northern zone of Guatemala was determined. Among the physical characteristics, the weight, size, apparent and real density of the capsule were evaluated. The apparent and real density of the seeds were also measured. Capsule essential oil was extracted from each region using a laboratory alembic, and physicochemical characteristics such as density, refractive index, and optical rotation were evaluated. The cardamom of the studied regions showed a similar quality in terms of physical parameters. Region I produced a cardamom of better color, dark green, with lower values of L and a. Regions II and V produced larger cardamom. These three regions present better physical characteristics than the others. The samples with the best density and porosity results for 2020 were from regions IV and IX that had a higher density and less porosity. The ash content was higher in regions I and VII, which is indicative of the mineral content. Most of the ash was found in the capsule. The refractive index, optical rotation and density data of the essential oil were characteristic of cardamom essential oil and can be used as an indication of its purity.

KEYWORDS: Cardamom, seed, capsule, sphericity, apparent density, true density, porosity, refractive index, optical rotation, density.

INTRODUCCIÓN

El cardamomo es una especia utilizada en la industria culinaria y farmacéutica debido a su aroma característico y sus propiedades funcionales. En la actualidad, Guatemala es el principal productor, al que se le atribuye el dominio en el precio a nivel mundial por su capacidad productiva y de respuesta ante una demanda constante de Arabia Saudita, India, Singapur y Pakistán, donde se concentra hasta el 73% de las importaciones mundiales y en menores proporciones la demanda corresponde a China, países europeos (Alemania, Francia y Reino Unido) y Estados Unidos, entre otros (Villeda Ramírez, et al, 2017).

El fruto del cardamomo es una cápsula ovalada de tres caras, de color que puede ir de verde a crema. Tiene un largo aproximado de 1.9 cm y cada cápsula contiene de 15 a 20 semillas que pueden ser negras o rojizas (Figura 1). Las semillas tienen alrededor de 4 mm de longitud y 3 mm de ancho. Es uno de los productos de exportación más importantes para Guatemala, ha representado un ingreso anual hasta de US\$350 millones (Copades, 2020), y a su vez es el mayor exportador en el mundo con un promedio anual de 27,000 toneladas métricas (Say, 2016). Según Say, (2016), los requisitos de calidad que se deben de cumplir para la venta del producto son el color y tamaño, que el producto tenga un proceso de transformación controlado y que no esté quemado.

Entre los análisis que se encuentran en la literatura como determinantes de la calidad del cardamomo, tanto cereza

como pergamino, están las características físicas de tamaño, peso, color y densidad. La calidad también está relacionada con el nivel de humedad, limpieza y apariencia. La densidad aparente y la porosidad se necesitan para el diseño del sistema de aireación y secado porque son propiedades que afectan el flujo del aire (Balakrishnan, 2011). Los compradores valoran también los extractos y aceites esenciales (Ravindran, 2002). Entre las características químicas del aceite esencial están el índice de refracción, la densidad y rotación óptica.

El cardamomo se clasifica por calidad en base al color y tamaño, además de la ausencia de daños físicos y daño por trips, la proporción de material extraño y país de origen. El daño por trips es producido durante el proceso de alimentación del insecto *Sciothrips cardamomi* Ramk que lacera el tejido, provocando cicatrices, lo cual daña la apariencia del grano.

La Norma Coguanor NGO 34152 clasifica las cápsulas de cardamomo de acuerdo con su estado, en enteras o abiertas, con su color y con su tamaño.

En este artículo se presentan las características fisicoquímicas, de las cápsulas y las semillas de cardamomo, así como del aceite esencial en las diferentes muestras recolectadas provenientes de los departamentos de Alta Verapaz y Quiché. Los resultados que se presentan son una base de las características fisicoquímicas del cardamomo de la región norte del país, que servirá de base para futuras investigaciones.



Figura 1. Cápsula y semillas de *Elettaria cardamomum* (L) Matón

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo a partir de muestras de la zona norte del país, en los departamentos de Alta Verapaz y Quiché. Para un mejor manejo de las muestras, el territorio se dividió en 9 regiones, las cuales están conformadas por uno o varios municipios productores de cardamomo (Figura 2).

Se obtuvieron muestras de cardamomo de diferentes agricultores, de cada una de las regiones, durante los meses de octubre 2019 a enero 2020. Aproximadamente 4.5 kg de cápsulas (cardamomo cereza) fueron recolectadas en 10 a 15 parcelas de cada región. Se transportaron al laboratorio del Centro de Estudios Agrícolas y Alimentarios, y fueron secadas en un deshidratador de alimentos (Hamilton Beach 32100) por 48 h empleando una temperatura de 50°C, en lotes de 1,000 a 1,600 gramos. La humedad inicial de la semilla fue de 85% y, al finalizar el proceso, alcanzó una humedad entre 8-10%. Una parte de las muestras se analizó

como cápsula y la otra parte se separó en cáscara y semillas, para su posterior análisis.

De las muestras de cada región se realizó una mezcla de las cápsulas obtenidas. De cada región se tomó una muestra en duplicado, para medir el color. Se determinaron los parámetros **L** (luminosidad, donde 100 es blanco y 0 negro), **a** (donde + es rojo y - es verde) y **b** (en la que + es amarillo y - es azul). Para realizar la medición se colocaron las muestras en una caja Petri y se utilizó un espectrofotómetro portátil Hunterlab Miniscan EZ. El equipo fue estandarizado de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Para determinar la proporción de calidades de cardamomo por región, se utilizó una muestra de 100 gramos la cual se clasificó en base a la metodología manual usada por una empresa exportadora, con la siguiente clasificación: cápsula

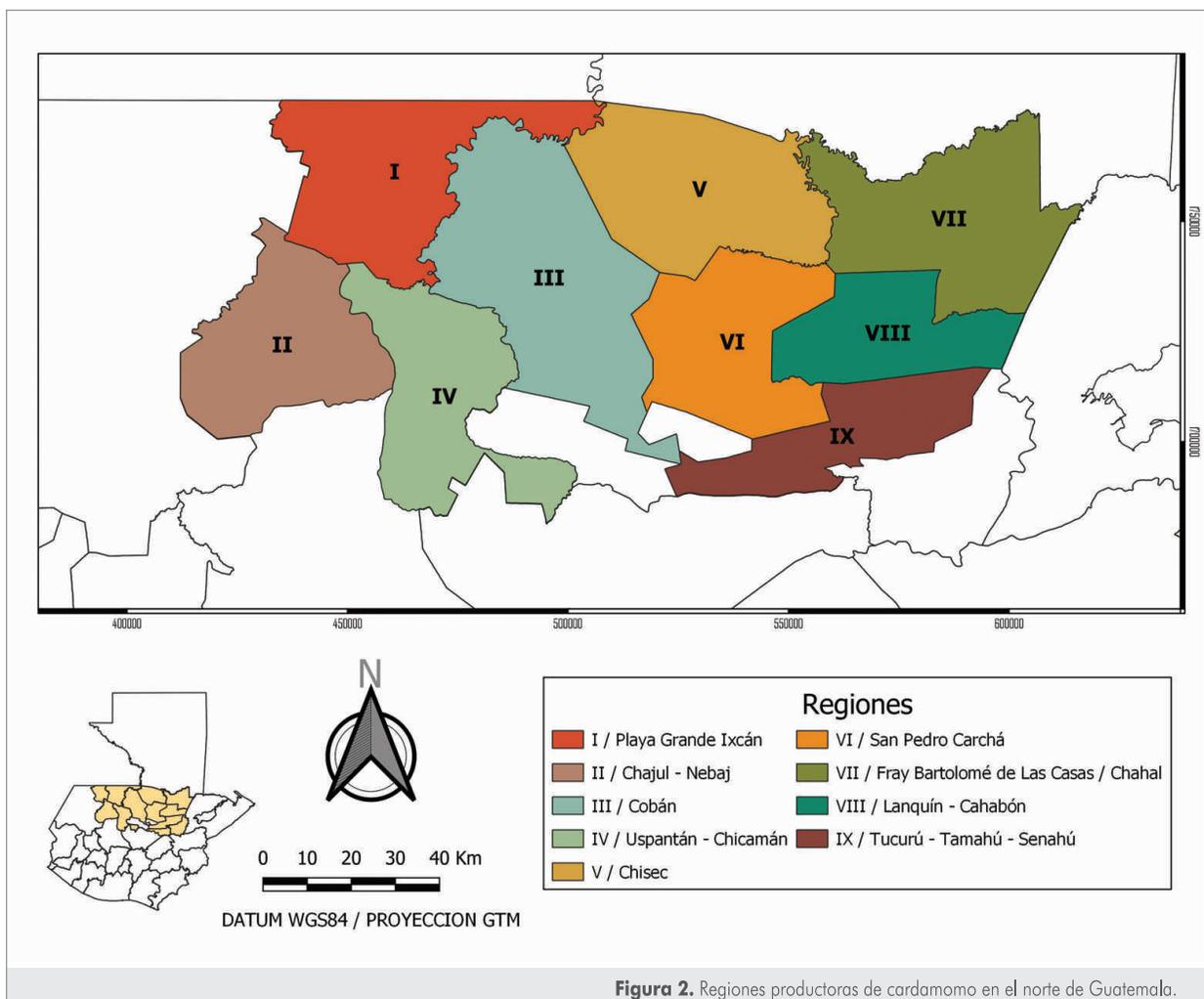


Figura 2. Regiones productoras de cardamomo en el norte de Guatemala.

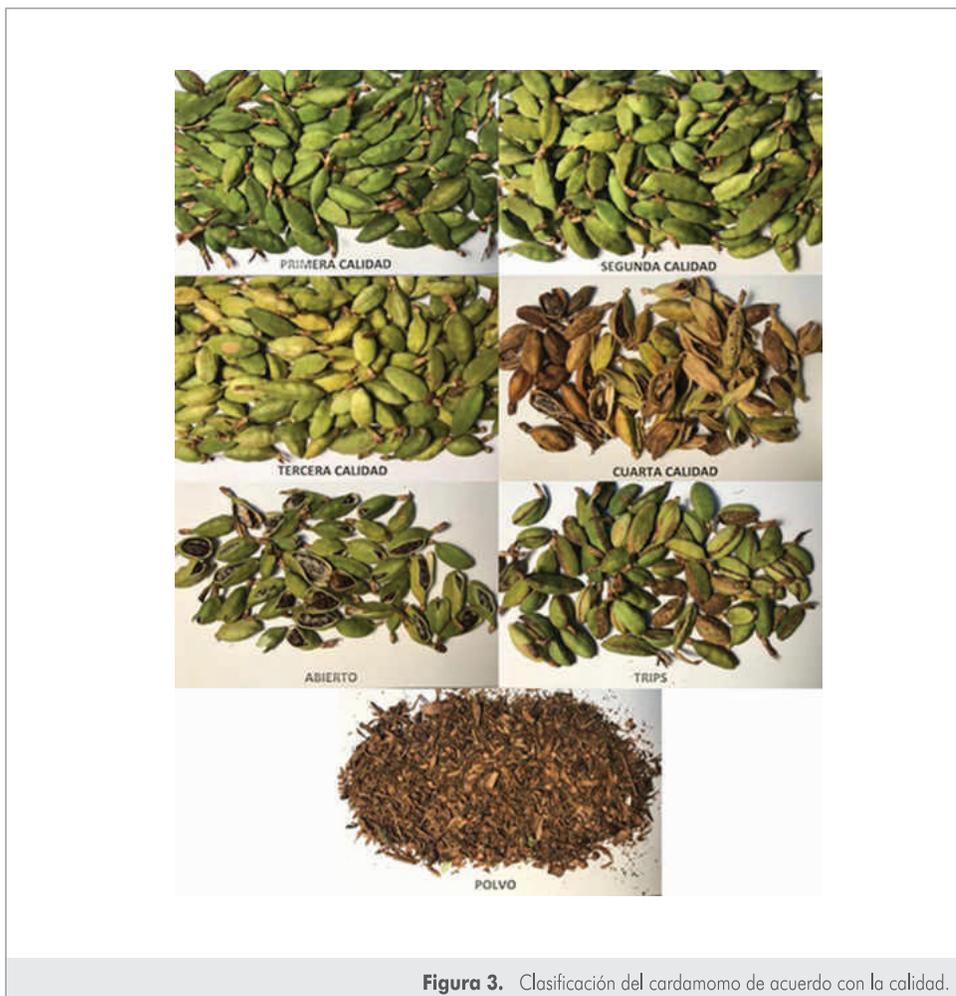


Figura 3. Clasificación del cardamomo de acuerdo con la calidad.

cerrada de color verde-oscuro (primera calidad), cápsula cerrada de color verde claro (segunda calidad), cápsula cerrada de color amarillo (tercera calidad), cápsula abierta y cápsula con daño (Figura 3).

Se midieron las dimensiones físicas: largo (**a**), ancho (**b**) y grosor (**c**) con un vernier, y la esfericidad se calculó de acuerdo con la ecuación:

$$\phi = (abc)^{1/3} / a$$

También se midió la densidad aparente (ρ_b) y verdadera (ρ_t) de la cápsula y la semilla usando la metodología propuesta por Khura, 2013. A partir de estos datos se midió la porosidad de la cápsula usando la ecuación:

$$\varepsilon = (\rho_t - \rho_b) / \rho_t$$

La humedad de la cápsula y la semilla se determinó a través de un método estándar AOAC 32.1.03, y las cenizas por el método estándar de AOAC 923.03.

El aceite esencial se extrajo de muestras secas y semimolidas de cápsulas de cardamomo, usando un alambique a escala de laboratorio. Las cápsulas secas se molieron en una licuadora y se colocaron, envueltas en una bolsa de manta, en un recipiente de acero inoxidable. Se hizo pasar vapor de agua introduciéndolo por la parte inferior durante 150 min. El vapor de salida se condensó y el aceite se separó por decantación.

Al aceite esencial se le midió densidad usando un picnómetro de laboratorio, índice de refracción utilizando un refractómetro ABBE y rotación óptica usando un polarímetro.

Para el análisis estadístico, de las características físicas de la cápsula y semilla de cardamomo, se realizaron análisis de varianza de un solo factor con distribución al azar, así como un análisis de varianza para 2 o más factores (arreglo

combinatorio) con distribución al azar. Para discriminar entre tratamientos o niveles de los factores, se realizó una comparación múltiple de medias utilizando el método de Tukey. El nivel de significancia se fijó en un valor de $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Resultados del Análisis de la cápsula de cardamomo

El color es el parámetro de calidad más inmediato para la comercialización del cardamomo, es por ello que la conservación del color verde es de vital importancia. Las muestras fueron cosechadas directamente de los productores y fueron secadas a nivel laboratorio, lo que permitió que se conservara mejor el color de la cápsula.

El Cuadro 1 muestra los parámetros del color de la cápsula de cardamomo pergamino. Los resultados son un promedio de tres determinaciones. Se obtuvo una diferencia significativa en los parámetros **L**, **a** y **b**. Estos valores dependieron de la región. De acuerdo con el parámetro L, las muestras fueron oscuras ya que presentan valores bajos, siendo la región I

la que mostró los valores más adecuados al tener el valor de L más bajo, el valor de a más bajo (más verde) y el valor de b también más bajo (menos amarillo).

El Cuadro 2 presenta la calidad del cardamomo de las regiones. De acuerdo con la norma Coguanor NGO 34152 las cápsulas verdes oscuro pertenecen a la primera calidad, el verde claro a la segunda calidad y las verde manchado y amarillo pálido a la tercera calidad. Las cápsulas abiertas son del tipo 2. La calidad verde oscuro obtuvo valores que van desde el 19.23% al 65.24%. Las regiones I y IX fueron las que tuvieron un mayor porcentaje de cardamomo de primera calidad.

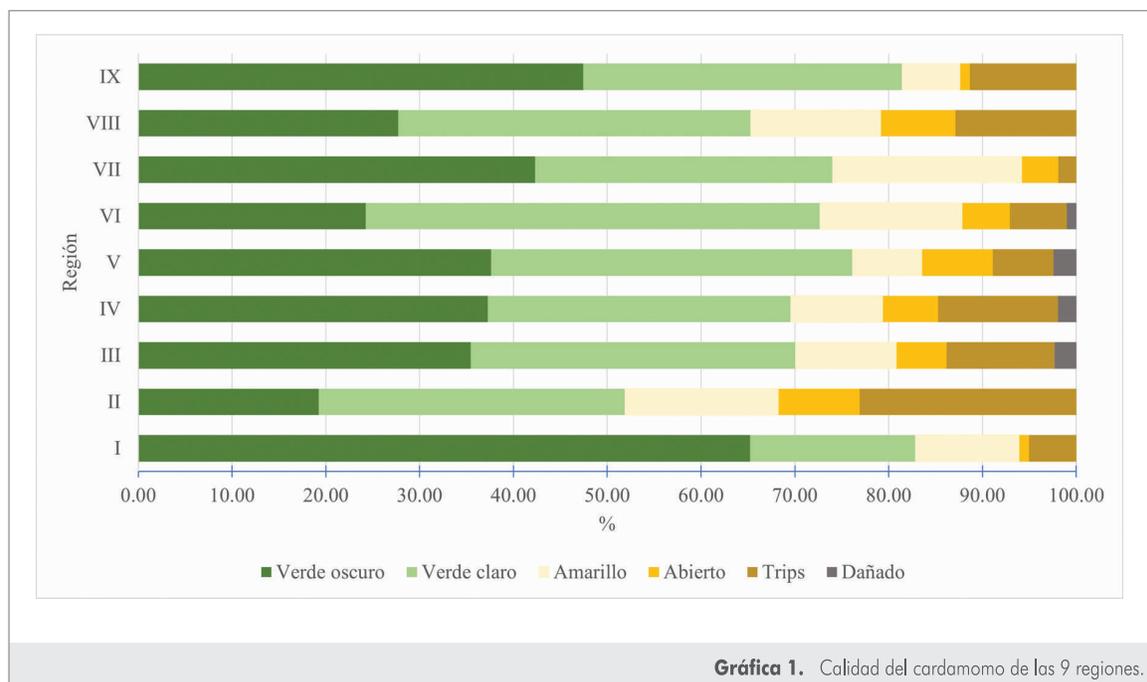
Cuadro 1. Valores del color promedio para capsulas de cardamomo.

Región	L				a				b				Chroma	Tonalidad
I	25	±	2	f	-0.5	±	0.7	f	13	±	2	e	13.14	-1.53
II	34	±	4	a	0.4	±	1.5	d	19	±	2	a	19.24	1.55
III	34	±	4	a	0.1	±	1.2	e	19	±	2	b	18.80	1.56
IV	28	±	3	e	1.0	±	0.4	c	17	±	2	d	16.65	1.51
V	30	±	2	cd	1.2	±	0.9	b	17	±	3	c	17.53	1.50
VI	30	±	1	bc	0.3	±	1.1	de	17	±	0	c	17.43	1.55
VII	30	±	2	bc	1.0	±	1.1	c	18	±	1	c	17.69	1.52
VIII	30	±	4	b	1.7	±	0.9	a	18	±	2	c	17.78	1.48
IX	29	±	2	d	0.2	±	1.3	de	18	±	1	c	17.67	1.56

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Cuadro 2. Clasificación visual de la cápsula de cardamomo recolectado en las diferentes regiones en el 2020 expresado en porcentaje, según calidad comercial.

Región	Calidad						Total
	Verde oscuro	Verde claro	Amarillo	Abierto	Trips	Dañado	
I	65.24	17.63	11.06	1.03	5.04	0.00	100.00
II	19.23	32.69	16.35	8.65	23.08	0.00	100.00
III	35.43	34.66	10.75	5.32	11.52	2.32	100.00
IV	37.25	32.35	9.80	5.88	12.76	1.96	100.00
V	37.63	38.54	7.40	7.51	6.49	2.43	100.00
VI	24.24	48.48	15.15	5.05	6.07	1.01	100.00
VII	42.31	31.73	20.19	3.85	1.92	0.00	100.00
VIII	27.72	37.62	13.86	7.92	12.88	0.00	100.00
IX	47.42	34.02	6.19	1.03	11.34	0.00	100.00



La forma del cardamomo es elipsoidal y está definida por el largo, ancho, grosor y la esfericidad (Khura, et. al., 2013). El Cuadro 3 muestra las dimensiones promedio del cardamomo de las diferentes regiones. Los resultados son un promedio de 100 determinaciones. Es importante mencionar que la región tuvo un efecto significativo en las dimensiones: largo, ancho y grosor. Las diferencias entre las dimensiones son pequeñas pero significativas. Esto se debe, probablemente al número elevado de repeticiones de las mediciones.

El largo promedio fue de 14 ± 2 mm. Esos valores son similares a los reportados por Mathay, (1985) para un cardamomo de tamaño mediano. El ancho promedio fue de 6.6 ± 0.7 mm, el grosor promedio fue de 5.5 ± 0.8 mm. Las regiones que mostraron cápsulas más largas fueron la región II y la V, las cápsulas más pequeñas fueron las de las regiones I, VI y VIII. Este cardamomo es de tamaño mediano en comparación con el reportado por Khura (2013) de cápsulas secas de cardamomo *Elettaria cardamomum grande*

Cuadro 3. Dimensiones de cápsula de cardamomo de diferentes regiones cosechadas en el 2020.

Región	Largo (mm)				Ancho (mm)				Grosor (mm)				Esfericidad			
I	14	±	3	c	6.1	±	0.7	e	4.9	±	0.8	d	0.54	±	0.07	c, d
II	16	±	2	a	7.2	±	0.8	a	6.1	±	0.7	a	0.56	±	0.06	a, b
III	15	±	2	b	6.9	±	0.8	b	5.9	±	0.9	a	0.57	±	0.06	a
IV	15	±	2	b, c	6.2	±	0.8	e	5.1	±	0.9	c, d	0.53	±	0.06	c, d
V	16	±	2	a	6.7	±	0.7	c, d	5.6	±	0.7	b	0.52	±	0.06	d
VI	14	±	2	c	6.6	±	0.8	e	5.1	±	0.8	c	0.54	±	0.05	c, d
VII	15	±	2	b	6.5	±	0.7	d	5.4	±	0.8	b	0.54	±	0.05	b, c
VIII	14	±	1	c	6.5	±	0.6	d	5.5	±	0.7	b	0.56	±	0.05	a
IX	14	±	2	b, c	6.8	±	0.7	b, c	5.6	±	0.6	b	0.57	±	0.05	a

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Cuadro 4. Densidad aparente, densidad verdadera y porosidad de la cápsula de cardamomo.

Región	Densidad aparente (g/L)				Densidad verdadera (g/L)				Porosidad			
I	291	±	10	c, d	638	±	12	c	54	±	1	b, c
II	295	±	15	c, d	682	±	13	b	57	±	2	b
III	282	±	4	d	625	±	0	c	55	±	1	b, c
IV	335	±	3	a, b	706	±	14	b	53	±	1	c
V	291	±	2	c, d	741	±	0	a	61	±	0	a
VI	293	±	13	c, d	638	±	12	c	54	±	3	b, c
VII	303	±	5	c	698	±	14	b	57	±	1	b
VIII	323	±	10	b	698	±	27	b	54	±	2	c
IX	339	±	6	a	732	±	15	a	54	±	1	c

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

de la región del Himalaya, India que fue de 19.98 mm de largo. La esfericidad es un valor adimensional y fue en promedio de 55 mm, este valor es característico de su forma elipsoidal y es comparable con la que reporta Khura (2013), que es 56.3 mm. Otros autores (Balakrishnan, 2011) reportan valores de esfericidad de 68.2 mm. Las propiedades físicas juegan un papel importante en el manejo, procesamiento y almacenamiento del cardamomo.

El Cuadro 4 muestra la densidad aparente, verdadera y porosidad de la cápsula del cardamomo. Los resultados del análisis estadístico muestran que la región tuvo un efecto significativo en las variaciones de la densidad aparente y verdadera. Estos valores están en el rango de los encontrados por Khura en cardamomo de la India que están en un rango de 371.57 g/L a 403.26 g/L. Los valores de porosidad

fueron calculados usando los datos de la densidad verdadera y aparente de las cápsulas de cardamomo. Esta varió desde 53% a 61%, siendo resultados similares a los de Balakrishnan (2011). Estos parámetros son importantes para las operaciones de manejo del producto y el diseño de equipos.

Las regiones que tuvieron valores mayores de densidad aparente, verdadera y porosidad fueron la región IV y la IX. Los valores de densidad aparente y verdadera son valores dependientes de la humedad, ya que cuando la humedad es más alta, la densidad aumenta, debido a la absorción de agua (Balakrishnan, 2011). La porosidad se encontró en el rango de 52 % a 61%, estos valores se encuentran en el rango de los reportados por Khura (2013). A pesar de que la porosidad tiene diferencia significativa, los valores son muy similares entre sí, por lo que no cambiarían las condiciones

Cuadro 5. Densidad aparente y verdadera de la semilla de cardamomo.

Región	Densidad aparente (g/L)				Densidad verdadera (g/L)			
I	516	±	9	e	1205	±	165	a b
II	557	±	21	c d	1114	±	42	b
III	560	±	9	c d	1119	±	125	b
IV	574	±	22	b c	1231	±	37	a b
V	605	±	6	a	1209	±	13	a b
VI	535	±	17	d e	1111	±	83	b
VII	568	±	7	c	1136	±	14	a b
VIII	551	±	24	c d	1282	±	108	a
IX	597	±	11	a b	1127	±	97	a b

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Cuadro 6. Porcentaje de humedad en cápsula, cáscara y semilla de cardamomo.

Región	Humedad en cápsula entera (%)				Humedad en cáscara (%)				Humedad en semilla (%)			
I	6.8	±	0.1	d e	6.1	±	0.0	b	7.5	±	0.3	a
II	7.2	±	0.6	c d e	5.6	±	0.1	d	8.3	±	0.2	a
III	6.3	±	0.1	e	5.9	±	0.1	b c	8.1	±	0.0	a
IV	7.3	±	0.4	b c d e	5.8	±	0.1	c d	8.0	±	0.2	a
V	7.5	±	0.5	b c d e	5.7	±	0.1	d	8.0	±	0.2	a
VI	8.6	±	0.2	a b	6.0	±	0.0	b c	7.7	±	0.8	a
VII	8.1	±	0.2	b c d	6.5	±	0.0	a	7.9	±	0.1	a
VIII	8.5	±	0.6	a b c	6.4	±	0.0	a	7.8	±	0.0	a
IX	9.8	±	0.0	a	6.4	±	0.1	a	8.5	±	0.1	a c

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

de manejo del producto durante el traslado, empaque o procesado de este.

Los resultados de la densidad aparente y verdadera de la semilla de cardamomo se presentan en el Cuadro 5. Los resultados son un promedio de dos determinaciones. Estos valores son importantes para el manejo de la semilla. Se encontró diferencia significativa en la densidad aparente del cardamomo de las regiones, siendo la región V la que presenta una mayor densidad aparente. En el caso de la densidad verdadera de la semilla, la región que tuvo el mayor valor fue la región VIII y la región cuya semilla de cardamomo tuvo la densidad verdadera más baja fue la región VI. La densidad aparente de la semilla está relacionada con la densidad aparente de la cápsula, siendo las regiones con cápsulas de

cardamomo con mayor densidad aparente las que presentan mayor densidad de las semillas. No se encontró que estos valores tuvieran relación con el tamaño de la cápsula de cardamomo.

Resultados del Análisis de cápsula, cáscara y semilla de cardamomo

El Cuadro 6 muestra el porcentaje de humedad en cápsula entera, en cáscara y en semilla de cardamomo. Se encontró diferencia significativa para los valores de humedad de la cápsula, cáscara y semilla de las regiones. En general se observa que la cáscara tiene valores más bajos de humedad, mientras que la cápsula tiene valores más altos. La semilla tuvo valores más elevados de humedad ya que van entre

Cuadro 7. Porcentaje de ceniza en cápsula, cáscara y semilla de cardamomo.

Región	Ceniza en cápsula entera (%)				Ceniza en cáscara (%)				Ceniza en semilla (%)			
I	12.3	±	0.2	a	15.6	±	0.0	c	7.25	±	0.09	a
II	9.7	±	0.7	cde	14.9	±	0.1	d	5.08	±	0.06	cd
III	10.9	±	0.1	abc	14.0	±	0.2	e	5.51	±	0.50	bc
IV	9.9	±	0.7	cde	16.4	±	0.0	c	4.82	±	0.02	cde
V	9.0	±	0.3	e	17.0	±	0.0	a	4.64	±	0.09	de
VI	10.4	±	0.2	bcd	14.0	±	0.1	e	5.20	±	0.07	cd
VII	11.8	±	0.3	ab	16.1	±	0.2	bc	6.17	±	0.02	b
VIII	10.7	±	0.2	bcd	16.4	±	0.2	b	5.27	±	0.02	cd
IX	9.2	±	0.1	de	14.4	±	0.1	de	4.19	±	0.04	e

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

Cuadro 8. Índice de refracción, rotación óptica y densidad del aceite esencial (20°C).

Región	Índice de refracción (nD)			Rotación óptica (°)			Densidad (g/ml)
I	1.46278	±	0.00002	22.9	±	0.1	0.921
II	1.46248	±	0.00000	22.9	±	0.1	0.921
III	1.46261	±	0.00000	22.3	±	0.1	0.919
IV	1.46294	±	0.00001	23.6	±	0.2	0.921
V	1.46277	±	0.00001	18.9	±	0.1	0.916
VI	1.46277	±	0.00001	26.6	±	0.1	0.919
VII	1.46291	±	0.00000	24.8	±	0.3	0.920
VIII	1.46218	±	0.00000	23.5	±	0.0	0.919
IX	1.46247	±	0.00001	21.3	±	0.2	0.918

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

7.5% y 8.5%. Esto se debe a que la semilla queda en la parte interna de la cápsula y será la última que pierde humedad. Los valores de porcentaje de humedad en cápsula variaron entre 6.3% para la región III hasta 9.8 % para la región IX. Los valores de porcentaje de humedad en la semilla no fueron significativamente diferentes entre ellos, obteniéndose un valor promedio de 8% de humedad. Los valores adecuados para una buena conservación de las características son valores menores al 12%. Todas las muestras están por debajo de este valor.

El Cuadro 7 muestra el contenido de cenizas en la cápsula entera, cáscara y semilla del cardamomo colectado. Los valores son un promedio de dos determinaciones. El porcentaje de cenizas representa el contenido de minerales en las muestras. Se puede observar que el contenido de cenizas fue mayor en la cáscara de cardamomo. De acuerdo con

el análisis de varianza y la prueba Tukey, la región que presenta menor contenido de cenizas en la cápsula es la región IX y la V; y la región que presenta un contenido de cenizas más elevado fue la región I y la VII. El contenido de cenizas en la semilla fue en promedio de 5.35%, este valor es similar al reportado por Abera (2019) para semillas de cardamomo de Etiopia. Es importante hacer notar que el contenido de cenizas es dependiente de muchos factores entre los que está el nivel de minerales en el suelo y la madurez de las cápsulas.

Resultados del Análisis del aceite esencial de cardamomo

El Cuadro 8 muestra las características del aceite esencial del cardamomo de las diferentes regiones. El índice de refracción que varió de 1.46218 hasta 1.46091 guarda

relación directa con la pureza de un aceite esencial, este valor es similar a los reportados para aceite esencial de cardamomo por Naik (2004), que fue de 1.4733. Este valor es de interés para detectar adulteraciones y las principales ventajas son la sencillez y rapidez con que puede obtenerse. Como es de esperarse, el valor de índice de refracción se mantuvo constante para el aceite extraído en las diferentes regiones.

La rotación óptica también se presenta en el Cuadro 9. Tanto el grado de rotación como su dirección es considerado un criterio de la pureza del aceite esencial. Los valores de rotación óptica se mantuvieron entre 18.9° y 26.6°. Estos valores están

de acuerdo con la norma ISO 4733 de especificaciones de aceite esencial de cardamomo, que indica que la rotación óptica puede ir de 16° a 41°.

La densidad es menor que la del agua, lo que indica que es un aceite esencial formado por terpenos derivados. Este valor es similar al reportado por Gil y Sáenz (2005), que fue de 0.931. Asimismo, la norma ISO de especificaciones de aceite esencial de cardamomo reporta que la densidad va de 0.919 g/ml a 0.939 g/ml. Los valores de índice de refracción, rotación óptica y densidad se mantuvieron en el cardamomo de las regiones.

CONCLUSIONES

- El cardamomo de las regiones estudiadas mostró una calidad similar en cuanto a los parámetros físicos. A pesar de no ser significativo, la región I produjo un cardamomo de mejor color, verde oscuro, con valores más bajos de L y a. Las regiones II y V produjeron cardamomo de mayor tamaño. Estas tres regiones presentan mejores características físicas que las demás.
- Las muestras con mejores resultados de densidad y porosidad fueron las de las regiones IV y IX que tuvieron una densidad más alta y menor porosidad. Estas regiones produjeron cardamomo con características más adecuadas para la exportación de cardamomo ya que requieren menos espacio para transportar una mayor cantidad de cardamomo.
- El contenido de cenizas fue mayor en las regiones I y VII y menor en las regiones V y IX. Esto sugiere que el cardamomo de las regiones I y VII tiene mayor contenido de minerales. La mayor parte de cenizas se encontró en la cáscara.
- Los datos de índice de refracción, rotación óptica y densidad del aceite esencial obtenidos en este estudio mostraron similitud con los datos de aceite esencial de cardamomo realizados en el pasado por diferentes autores e informados en la literatura científica.
- Estos resultados constituyen una primera caracterización basada en los parámetros fisicoquímicos del cardamomo de la región norte del país, que servirá de base para futuras investigaciones.

RECOMENDACIONES

Medir la retención de clorofila en las cápsulas de cardamomo como indicador de calidad.

Continuar el estudio de la calidad del cardamomo de las diferentes áreas de producción, tomando en cuenta la variedad, la zona agroclimática y el proceso de secado.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo forma parte del proyecto Programa integral para el incremento de la calidad, productividad y sostenibilidad del sistema CARDAMOMO en el norte de Guatemala y fue ejecutado gracias al apoyo financiero del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, por sus siglas en

inglés). El contenido de esta publicación es responsabilidad de su(s) autor(es) y de la institución(es) a las que pertenecen. La mención de empresas o productos comerciales no implica la aprobación o preferencia sobre otros de naturaleza similar que no se mencionan.

BIBLIOGRAFÍA

- Abera, S., B. Gezahegn Gebreyes, B. Hirko (2019) Nutritional composition of cardamom (*Elettaria cardamomum*) seed cultivated in Ethiopia. *International Journal of Modern Pharmaceutical Research*, 3(5), 50-53
- Amma, Padmakimari, K.P., Priya Rani, M., Sasidharan, I., Premakumari Nisha, V. N. (2010) Chemical composition, flavonoid-phenolic contents, and radical scavenging activity of four major varieties of cardamom. *International Journal of Biological & Medical Research*. 1(3):20-24
- Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL (2002) 19th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 925.
- Balakrishnan, M. R. , R. Viswanathan and Sreenanayanan, V.V. (2011) Moisture dependent physical properties of cardamomo. *International Agrophysics*. 25, 399-402.
- Baby, K.C., Ranganathan, T.V. (2016) Effect of enzyme pre-treatment on extraction yield and quality of cardamom (*Elettaria cardamomum* maton.) volatile oil. *Industrial Crops and Products* 89 (Supplement C): 200-206.
- Copades (2020) Monitor de Noticias Económicas, recuperado de internet en <https://copades.com/monec/?cat=31>
- Chegini, S.G., Abbasipour, H. (2017) Chemical composition and insecticidal effects of the essential oil of cardamom, *Elettaria cardamomum* on the tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. *Toxin Reviews* 36(1): 12-17
- Eikani, M.H., Golmohammad, F., Amoli, H.S., Sadr, Z.B. (2013) An Experimental Design Approach for Pressurized Liquid Extraction from Cardamom Seeds. *Separation Science and Technology* 48(8): 1194-1200.
- Kizhakkahil, J., Thomas, E., Zachariah, T.J., Syamkumar, S., Sasikumar, B. (2006) A comparative quality appraisal of exported cardamom of India, Sri Lanka and Guatemala. *Natural Product Radiance* 5(5): 361-365.
- Khura, T., Debbarma, J., Chandra, R.; Yadav, S. N., Rautaray S. K. (2013) Physical properties of large cardamom cultivated in north eastern Himalayan region of Sikkim. *India Agric Eng Int: CIGR Journal* Vol. 15, No.4 Open access at <http://www.cigrjournal.org>
- Nair, K.P.P. (2006) The Agronomy and Economy of Cardamom (*Elettaria cardamomum* M.): The "Queen of Spices". in: *Advances in Agronomy*. Academic Press pp 179-471.
- Padmakumari Amma, K., Priya R., M., Sasidharan, I., Premakumari, V. (2010) Chemical composition, flavonoid phenolic contents and radical scavenging activity of four major varieties of cardamom. *International Journal of Biological and Medical Research*. 1(3):20-24.
- Say, E. (2016) Análisis de la cadena de cardamomo Región Norte de Guatemala. CATIE Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA.
- Thomas, E., Kizhakkahil, J., Zachariah, T.J., Syamkumar, S., Sasikumar, B. (2006) Comparative quality characterization and molecular profiling of Indian, Sri Lankan and Guatemalan cardamoms *Journal of Food Agriculture and Environment* 4(2): 129-133.