



**EFFECTO DE LA CONSERVACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE MORA Y FRESA
SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.**

Laura Natalia Cubillos Pineda
Leidy Fernanda Aguirre Rodríguez

Universidad Jorge Tadeo Lozano
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Departamento de Ingeniería
Programa de Ingeniería de Alimentos
Bogotá, D.C.- Colombia
2018

**EFFECTO DE LA CONSERVACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE MORA Y FRESA
SOBRE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE.**

Laura Natalia Cubillos Pineda
Leidy Fernanda Aguirre Rodríguez

Trabajo de grado

Martha Patricia Tarazona Díaz
Ligia Inés Rodríguez

Universidad Jorge Tadeo Lozano
Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería
Departamento de Ingeniería
Programa de Ingeniería de Alimentos
Bogotá, D.C.- Colombia
2018

Notas de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

**Bogotá D.C
Enero 23 de 2018**

DEDICATORIA

Este trabajo de grado es dedicado a personas muy especiales que siempre estuvieron con nosotras apoyándonos y siendo los cimientos para la construcción de nuestras vidas académicas, éticas y profesionales.

A Dios, por ser el dador de vida y acompañarnos en cada paso y reto propuesto, por estar siempre dándonos la convicción y esperanza de que lo lograríamos y enseñarnos que los sueños sólo son posibles si creemos.

A nuestros padres, por brindarnos su regalo más grande, su amor incondicional en cada momento, por darnos la oportunidad de tener educación profesional , por su comprensión, cuidado, esfuerzo en darnos siempre lo mejor permitiéndonos escalar este peldaño más. A ellos por sus sabios consejos, paciencia y apoyo.

A nuestros familiares, compañeros y amigos quienes compartieron conocimientos, momentos de alegría, tristeza, quienes hicieron de este proceso una gran aventura.

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, queremos dar gracias a Dios por habernos acompañado y guiado en este proceso dándonos sabiduría y paciencia en los momentos indicados.

Gracias a la Universidad Jorge Tadeo lozano por ofrecernos sus instalaciones, laboratorios, instrumentos y más para llevar a cabo este proyecto.

Gracias a las profesoras Martha Patricia Tarazona y Ligia Inés Rodríguez por habernos dado la oportunidad de desarrollar este trabajo de grado y apoyarnos con sus conocimientos y experiencia.

Gracias a los monitores de los laboratorios por ofrecernos su servicio y ayuda con la mejor disposición. A Carla Marengo, por sus aportes y enseñanzas en la parte experimental.

Gracias a nuestros padres por depositar su confianza en nosotras y animarnos en los tiempos de dificultad.

Gracias a familiares, amigos, compañeros, profesores y a todos aquellos que hicieron parte de este proceso académico, los cuales nos aportaron lo mejor de sí, para hacer este sueño realidad y poder decir: Somos ingenieras.

CONTENIDO

	PAG
INTRODUCCION	12
1. MATERIALES Y METODOS	14
1.1. MATERIAL VEGETAL	14
1.2. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA Y MÉTODOS DE CONSERVACIÓN	16
1.3. ANALISIS DE ATRIBUTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS	16
1.3.1. Humedad	16
1.3.2. Potencial de hidrógeno	16
1.3.3. Acidez	16
1.3.4. Sólidos solubles	17
1.3.5. Color	17
1.4. DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES	17
1.4.1. Determinación de antioxidantes por el método de FRAP	18
1.4.2. Determinación de antioxidantes por el método de DPPH	18
1.4.3. Determinación de contenido de vitamina C	18
1.5. MINERALES	19
2. ANALISIS ESTADISTICO	19
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19
3.1. ANALISIS DE ATRIBUTOS FÍSICOS Y QUÍMICOS	19
3.1.1. Humedad	19
3.1.2. Potencial de hidrógeno	22
3.1.3. Acidez	25
3.1.4. Sólidos solubles	28
3.1.5. Color	31
3.2. DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES	33
3.2.1. Determinación de antioxidantes por el método de FRAP	34
3.2.2. Determinación de antioxidantes por el método de DPPH	37
3.2.3. Determinación de contenido de vitamina C	40

3.3.	MINERALES	43
4.	CONCLUSIONES	45
5.	BIBLIOGRAFIA	46

LISTA DE TABLAS

	PAG
Tabla 1. Diseño experimental.	15
Tabla 2. Parámetros de color de residuos de fresa y mora (lodo y semilla) en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	31
Tabla 3. Macro minerales de residuos de fresa y mora (lodo y semilla) en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	43
Tabla 4. Micro minerales de residuos de fresa y mora (lodo y semilla) en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	44

LISTA DE GRÁFICOS

	PAG
GRÁFICO 1. Contenido de humedad de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	19
GRÁFICO 2. Contenido de humedad de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	20
GRÁFICO 3. Contenido de humedad de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	21
GRÁFICO 4. pH de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	23
GRÁFICO 5. pH de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	23
GRÁFICO 6. pH de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	24
GRÁFICO 7. Contenido de acidez de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	25
GRÁFICO 8. Contenido de acidez de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	26
GRÁFICO 9. Contenido de acidez de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	27
GRAFICO 10. Contenido de sólidos solubles de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas.	28
GRÁFICO 11. Contenido de sólidos solubles de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante	29

cuatro semanas.

GRÁFICO 12. Contenido de sólidos solubles de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 30

GRÁFICO 13. Capacidad antioxidante (FRAP) de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 34

GRÁFICO 14. Capacidad antioxidante (FRAP) de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 35

GRÁFICO 15. Capacidad antioxidante (FRAP) de semilla de mora en condiciones fresca, refrigerada, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 36

GRÁFICO 16. Capacidad antioxidante (DPPH) de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 37

GRÁFICO 17. Capacidad antioxidante (DPPH) de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 38

GRÁFICO 18. Capacidad antioxidante (DPPH) de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 39

GRÁFICO 19. Contenido de Vitamina C de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 41

GRÁFICO 20. Contenido de Vitamina C de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 41

GRÁFICO 21. Contenido de Vitamina C de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. 42

GLOSARIO

ANTIOXIDANTE: Se define como aquel compuesto capaz de disminuir el daño celular, proteger a las biomoléculas de la oxidación y/o inhibir los procesos apoptóticos generados por especies reactivas del oxígeno (Zaa, Valdivia, & Marcelo, 2012).

FLAVONOIDES; Grupo de compuestos fenólicos que aparecen en la naturaleza, ampliamente distribuidos en el reino vegetal. A ellos se les debe los colores atractivos de las flores y los frutos. Se forman en las plantas a partir de los aminoácidos fenilalanina y tirosina combinadas con unidades de acetato (Benito, et al, 2014).

ANTOCIANINAS

Son el grupo más extendido de flavonoides pigmentados, responsables de la mayoría de los colores rojos, rosa, morado y azul de las plantas (Taiz & Zeiger, 2006). Están basadas químicamente en una única estructura aromática, aquella de la cianidina, y todas se consideran derivadas de ella por adición o sustracción de grupos hidroxilos por metilación o por glicosidación (Sing de Ugaz, 1997).

LIOFILIZACIÓN: Proceso de estabilización en el cual el material primero se congela y se concentra el solvente, comúnmente agua, reduciéndolo mediante sublimación y desorción, a nivel que no sostendrán más el crecimiento biológico o las reacciones químicas. Consta de tres fases: Sobre Congelación, desecación primaria y desecación secundaria (Ramírez, 2006).

COMPUESTO BIOACTIVO: Aquel componente activo de un alimento que aporta un beneficio a la salud más allá de los beneficios nutricionales básicos. Su actividad más conocida es la capacidad antioxidante (Gil, 2010).

INTRODUCCIÓN

La fresa y la mora son frutas que comparten similitudes en su composición nutricional, tienen un gran contenido de agua del 90,95% y el 88,15%, fibra del 2% y el 5,3% respectivamente. La mora contiene vitamina C (21 mg) y minerales como potasio (162 mg), magnesio (20 mg), fósforo (22 mg) y calcio (29 mg); mientras que los contenidos en fresa son: vitamina C (58,8 mg), potasio (153 mg), magnesio (13 mg), fósforo (24 mg) y calcio (16 mg) por cada 100 g. Además son buena fuente de ácido fólico, el contenido en fresa es 24 µg y en mora 25 µg, por cada 100 g (USDA, 2017).

Entre las especies frutales, las fresas tienen una capacidad antioxidante total de 4,25 mg trolox eq/g en variedad Maya, siendo esta mayor (de 2 a 11 veces) que las manzanas, melocotones, peras, uvas, tomates, naranjas o kiwis (Capocasa et al., 2008). En la mora “Tupy” y “Brazos” la actividad antioxidante de cada una es 11,58 mg trolox eq /g y 16,17 mg trolox eq /g, respectivamente (Zielinski et al., 2015). Dicha capacidad depende principalmente del alto contenido de vitamina C, pero también de los contenidos de polifenoles, flavonoides y antocianinas (Capocasa et al., 2008). Los polifenoles representan la mayor parte de los antioxidantes presentes en la dieta. Su ingestión dietaria total podría ser más de 1 g/día (Mokrani & Madani, 2016). Los extractos de pulpa de fresa contienen un elevado contenido de polifenoles totales (132,1 mg/100 g) al igual que la pulpa de mora (118,9 mg/100 g) (Kuskoski et al., 2005).

En los últimos años, ha aumentado el consumo de fresa y mora debido a su composición nutricional (Correa et al., 2016); a sus propiedades antioxidantes y a sus efectos beneficiosos para la salud, las cuales ayudan a disminuir la incidencia de enfermedades degenerativas como el cáncer, la artritis, la arteriosclerosis, las enfermedades del corazón, la inflamación, la disfunción cerebral y la aceleración del proceso de envejecimiento (Shahidi & Ambigaipalan, 2015). En un estudio, se tomaron 158 g de baya *Rubus jamaicensis* liofilizada y se realizó un extracto con hexano el cual fue el solvente que permitió una mayor actividad antioxidante. En este se demostró, que este tipo de baya tenía un gran potencial para inhibir la progresión del crecimiento de células tumorales de colon, mama, pulmón y gástrico en un 50, 24, 54 y 37%, respectivamente (Bowen-Forbes, Zhang, & Nair, 2010).

La mayor producción de fresa alcanzó en el año 2013, 3'006236 toneladas, correspondiente a China dándole lugar como mayor productor mundial, seguido de México (379464 ton), España (312466 ton), Polonia (192647 ton) y Rusia (188000 ton), mientras que en Colombia la mayor cosecha fue en el año 2011 (45024 ton). España fue el principal exportador de fresa (360204 ton), sobresaliendo entre países

como EEUU (153729 ton), México (113634 ton), Bélgica (43656 ton), Grecia (34019 ton), Egipto (33213 ton), Turquía (25867 ton) y Marruecos (24327 ton). En importaciones el primer lugar lo ocupó EEUU (159331 ton), sin embargo países como Canadá (127017 ton), Alemania (116534 ton), Francia (104413 ton), Rusia (57175 ton), Reino Unido (47077 ton), Italia (36994 ton), Bélgica (32249 ton) y Austria (29498 ton) tuvieron una notoria participación. Colombia no es un gran importador y exportador de fresas debido a que en el año 2013 se exportaron tan sólo 91 ton y no hubo importaciones (FAO, 2017). En Colombia se cultiva, en mayor medida, la mora de Castilla, ampliamente adaptada; el departamento de Cundinamarca cuenta con la mayor área sembrada y, por tanto, con la mayor producción, llegando a 40.000 toneladas anuales de fruta cosechada, seguido por Santander, Antioquia, Nariño y Boyacá (DANE, 2013).

Las industrias de procesado de alimentos ocupan una importante posición económica y generan grandes volúmenes de residuos, la mayoría biodegradables (Wang et al., 2004), los cuales se generan por diferentes etapas del proceso en gran cantidad y no son aprovechados adecuadamente; los subproductos de las frutas se componen de cáscaras, semillas y carne y representan gran porcentaje en la masa total de las mismas; por ejemplo, en el caso de la papaya, la piña y el mango representan aproximadamente del 10% al 60% del peso de los frutos (Da Silva et al., 2014). La generación de subproductos de zumo de fruta anual es de 116.000 toneladas, de los cuales el 84% es usado como alimento para animales (Wang et al., 2004).

Investigaciones han demostrado que los residuos agrícolas e industriales de las bayas y otros vegetales son buenas fuentes de compuestos bioactivos como los ácidos fenólicos, taninos, flavonoides y antocianinas. El contenido de fenoles totales en fresa es 621,92 mg ácido gálico equivalente/ 100 materia seca y en mora 850,52 mg ácido gálico equivalente/ 100 materia seca, mientras que el total de flavonoides corresponde a 38,17 y 87,03 mg catequina equivalente/ 100 materia seca, respectivamente (Rios et al., 2014).

En diversos frutos se encuentran compuestos fenólicos a concentraciones mayores que en las de la pulpa (Da Fonseca et al., 2015). Por ejemplo, en la fresa las concentraciones más altas de polifenoles (1429 mg / 100 g) se encuentran en semillas comparadas con la carne. Un ejemplo de esto son las semillas en los frutos de fresa que representan sólo el 1% del peso del fruto y su componente principal es la fibra dietética (> 700 g / kg materia seca), contienen hasta un 11% del total de compuestos fenólicos y alrededor del 20% de aceites ricos en ácidos grasos poliinsaturados y antioxidantes como los tocoferoles, siendo estos subproductos de la producción de zumos. Algunos de los residuos de fresa se agregan en el sector de panificación en producción de pan sin gluten con el fin de aumentar la cantidad de fibra dietética y polifenoles (Grzelak-Błaszczyk et al., 2017).

El interés en la recuperación de estos subproductos como materia prima para el procesamiento de nuevos alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos está aumentando y representa una actividad importante en el sector industrial (Da Fonseca et al., 2015). Por lo tanto en este trabajo se realizó la identificación, caracterización y cuantificación de fitoquímicos (antioxidantes), parámetros fisicoquímicos (humedad, pH, acidez, °Brix y color) y nutricionales (minerales y vitamina C) en residuos de frutas como fresa y mora, con el fin de dar a conocer sus propiedades, y de esta manera generar dicho interés en su recuperación.

1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1. Material vegetal

Las muestras a analizar consistieron en residuos de centrífuga (lodo) de mora y semillas de mora, estas últimas fueron tomadas de cinco lotes diferentes de producción, se obtuvieron de la empresa Alpina en planta de procesamiento de frutas en Chinchiná, Caldas, Colombia, las cuales se transportaron refrigeradas ($4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$) por 12 horas. Al llegar a la ciudad de Bogotá, inmediatamente se llevaron a congelación ($-18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$). En el caso de la fresa, la fruta se compró en un mercado local y los residuos se obtuvieron tras despulpar la fruta en una máquina despulpadora (DE-101, Caval, Bogotá, Colombia), con una malla N° 0,75 mm; después de la obtención de la mezcla de residuos (cáscara, semilla y lodo), se tomó 2000 g de muestra y se llevó a congelación ($-18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$).

1.2. Preparación de la muestra y métodos de conservación

Las muestras se descongelaron en un horno microondas (700 W), durante 10 minutos, llegando a una temperatura de 4°C (Holzwarth et al., 2012). En el caso de las semillas de mora se tomó 400g de cada una de las muestras de los cinco lotes a analizar y se mezclaron, mientras que del lodo se tomó 2000g de la muestra, al igual que con los residuos de fresa. Las muestras se distribuyeron con el fin de disponerlas en diferentes condiciones de conservación y de esta manera evaluar el efecto sobre la capacidad antioxidante, contenido de vitamina C, minerales y parámetros fisicoquímicos. Las condiciones estudiadas fueron: fresco, refrigerado, secado convencional y liofilización. Las muestras en fresco se mantuvieron a temperatura ambiente ($21,6^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$), en bolsas plásticas polietileno en un lugar seco con buena ventilación ($35\% \pm 4\%$ de humedad relativa) durante 3 semanas. Las muestras refrigeradas se mantuvieron a una temperatura de $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y $26\% \pm 4\%$ de humedad relativa. Las muestras se deshidrataron por dos métodos; secado

convencional y liofilización. El secado convencional se llevó a cabo en una estufa de secado (MLW Coimsa, EEUU), a 37°C durante 24 horas, este tratamiento se realizó para 500 g de cada una de las muestras.

La liofilización se realizó en un liofilizador (Drycol, México) tomando 500 g de cada una de las muestras, la temperatura de congelación fue entre -32°C y -36°C durante 24 horas y luego se llevó a liofilizar a 21°C durante 168 horas, el proceso se operó a -540 mmHg de presión; luego las muestras secadas y liofilizadas se molieron en un molino de palas SK100/C Gusseisen (Retsch, México), usando un tamiz de 0,5 mm de diámetro para la muestra de fresa y 0,75mm de diámetro para la muestra de mora, con el fin de homogenizarlas; estas se empacaron al vacío en una empacadora Multivac Chamber (Machine C200, EEUU) en bolsas de vacío de polietileno y se almacenaron en un lugar con buena ventilación a una temperatura de 21.6 °C ± 1°C y 35% ± 4% de humedad relativa. Los análisis que se realizaron a cada una de las muestras se tomaron por duplicado para análisis fisicoquímicos y triplicado para minerales, vitamina C y antioxidantes por cada seis días durante cuatro semanas. La temperatura y humedad relativa de los ambientes se evaluaron con un higrómetro Humidity Alert II (Extench, EEUU).

Para la determinación de antioxidantes por método de FRAP, DPPH y vitamina C se realizaron extractos (1:40), con metanol: agua (80:20) para cada una de las muestras. Se eligió este reactivo debido a que la mezcla de metanol: agua es de los disolventes de extracción más eficaces para la actividad antioxidante determinada por estos métodos (Coklar & Akbulut, 2017). Los extractos se centrifugaron a 6000 rpm x 15 min en una centrífuga (Rotofix 32 A KASAI Hettich zentrifugen, Canadá). Para los análisis fisicoquímicos se realizó extractos (1:5) con agua, excepto para el análisis de color y humedad los cuales se midieron directamente a la muestra.

Condición	0	1	2	3	4
Tiempo (semana)					
Fresco	oo xxx	oo xxx	oo xxx		
Refrigerado	oo xxx	oo xxx	oo xxx	oo xxx	oo xxx
Secado	oo xxx	oo xxx	oo xxx	oo xxx	oo xxx
Liofilizado	oo xxx	oo xxx	oo xxx	oo xxx	oo xxx

Tabla 1. Diseño experimental. x: Unidad experimental para actividad antioxidante y vitamina C. o: Unidad experimental para parámetros fisicoquímicos.

1.3. Análisis de atributos físicos y químicos

1.3.1. Humedad

Para la determinación de este parámetro se tomó 0,5 g de la muestra a analizar, esta se colocó en una estufa de humedad (Mettler Toledo, Suiza). Después del tiempo de medición, el equipo arrojó el contenido de humedad de la muestra expresado en porcentaje (%).

1.3.2. Potencial de hidrógeno (pH)

Para la valoración del pH se realizó de acuerdo al método AOC 943.02 (AOAC, 1995). Se utilizó un Potenciómetro S20 SevenEasy, (Mettler Toledo, Suiza). Para las mediciones se realizó una dilución de la muestra con agua (1:5) y se midió directamente con el electrodo.

1.3.3. Acidez

Se determinó por el Método AOAC, 942.15 (AOAC, 1995) el cual consiste en la titulación con NaOH 0.1N, utilizando un potenciómetro para la verificación de pH. En la mora se expresó como porcentaje de ácido málico y se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Ácido málico} = \frac{V1 * N}{V2} * K * 100$$

Dónde:

V1= Volumen de NaOH consumido (ml)

V2= Volumen de la muestra

K= Peso equivalente del ácido málico (0,067 g/meq)

N= Normalidad del NaOH (0,1 meq/ml) (NTC 4106, 1997)

En el caso de la fresa se expresó como porcentaje de ácido (0,064 (g/meq)) (NTC 4103,1997).

1.3.4. Sólidos solubles

Se evaluó por refractometría utilizando un Refractómetro digital (ATAGO PAL-alpha, EEUU) previamente calibrado con agua destilada. Para las mediciones se realizó una dilución de la muestra con agua (1:5) y se midió directamente. El resultado fue expresado como grados Brix (°Brix). Según la NTC 4106 y 4103 de 1997, la corrección de la lectura se debe hacer utilizando el porcentaje de ácido, mediante la siguiente ecuación:

$$SST_{cor} = 0,194 * A + SST$$

Dónde:

A= % ácido

SST= °Brix

1.3.5. Color

Para la evaluación del color se utilizó un Colorímetro CIE.Lab (Konica Minolta CR-400, Japón) con lecturas en términos de L*, a* y b*. Para la calibración del instrumento se utilizó una placa de BaSO₄ estándar (X 79.80, Y 84.97, Z 90.74). Las medidas de color de las muestras se llevaron a cabo en la superficie de las muestras. Se calculó croma (I), índice de color (II) y el ángulo de tono (III) a partir de los valores CIE a* y b* y las diferencias de color totales (IV).

$$I. C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$$

$$II. IC = \frac{a^* \cdot 1000}{L^* \cdot b^*}$$

$$III. ^\circ Hue = \arctg \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \left(\frac{180}{\pi} \right)$$

$$IV. \Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]$$

1.4. Determinación de antioxidantes

1.4.1. Determinación de antioxidantes por el método de FRAP

Este método se basa en la reducción del ion férrico (Fe³⁺) a ion ferroso (Fe²⁺) en condiciones ácidas, a bajo pH y en presencia de antioxidantes (reductores), la forma férrica del complejo hierro-tripiridiltriázina (Fe³⁺-TPTZ) se reduce a su forma ferrosa (Fe²⁺-TPTZ), produciendo una coloración azul intensa que presenta su máxima absorbancia a 593nm. Este es útil para la determinación de antioxidantes presentes en una muestra sólida y líquida (Benzie & Strain, 1996). El ensayo se realizó como lo describe Parada, Romero y Yopez (2012), consistió en tomar una alícuota de 940 µL de reactivo FRAP, 30 µL de metanol-agua (80:20) y 30 µL de la muestra (extracto) se incubó a 37°C en una incubadora (Mettler, Alemania) durante una hora en tubos eppendorf, se homogenizó en vortex y posterior a esto se trasvasó el contenido a celdas para la lectura en el espectrofotómetro (Thermo Scientific Evolution 300, EEUU). Para el blanco se tomó una alícuota de 940 µL de FRAP y 60 µL de metanol-agua (80:20).

1.4.2. Determinación de antioxidantes por el método de DPPH

Es un método para la determinación de antioxidantes presentes en una muestra sólida y líquida; el cual se basa en el principio de aceptación de un hidrógeno (H) en el átomo de la molécula captadora DPPH, dando la reducción de DPPH a DPPH₂; produciendo un cambio de color en el radical libre estable DPPH, el cual pasa de color púrpura característico a amarillo, generando una disminución a una absorbancia de 515 nm (Brand-Williams et al., 1995). El ensayo se realizó como lo describe Moreno et al., (2014), consistió en tomar una alícuota de 200 µL de reactivo DPPH, 800 µL de metanol-agua (80:20) y 50 µL de la muestra, en este caso el extracto, se incubó a 37°C en una incubadora (Memmert, Alemania), durante una hora en tubos eppendorf, se homogenizó en vortex y posterior a esto se trasvasó el contenido a celdas para la lectura en el espectrofotómetro (Thermo Scientific Evolution 300, EEUU). Para el blanco se tomó una alícuota de 1000 µL de metanol-agua (80:20).

1.4.3. Determinación de contenido de Vitamina C

Esta técnica tiene como fundamento el ácido ascórbico tratado con 2-nitroanilina diazotada pasa a 2-nitrofenilhidrazida del ácido el cual en presencia de un exceso de NaOH forma una sal sódica de color rojo- violeta que tiene un máximo de absorción de 540nm (Molina, 2011). El ensayo se realizó como lo describe Bernal (1998), consistió en tomar una alícuota de 10 µL de 2- nitroanilina y 20 µL de nitrito de sodio recién preparado, luego se adicionó 380 µL de etanol al 96%, 50 µL de la muestra (extracto), 50 µL de ácido oxálico al 0,15%, se mezcló y se dejó en reposo 5 minutos, después se adicionó 120 µL de NaOH al 10% y 380 µL de agua destilada. Todo el ensayo se realizó en tubos eppendorf y se trasvasaron en celdas para su lectura en el espectrofotómetro (Thermo Scientific Evolution 300, EEUU) a una absorbancia de 540 nm.

1.5. Minerales

Se basa en la digestión de las muestras con ácido nítrico en un recipiente cerrado donde se controlan variables de temperatura y tiempo mediante un digestor microondas. La metodología consistió en pesar 0,3 g de muestra seca directamente dentro de un tubo de digestión y adicionar 9 mL de HNO₃ (65%) siendo este tapado inmediatamente. El programa de digestión consistió en una rampa de 180°C/5 min, y luego de 180°C/10min, con una potencia de 700 wattios. Los tubos se enfriaron y las muestras se trasladaron a un matraz aforado de 100 mL con una solución de HNO₃ (1%), con agua Milli-Q; determinando, así manganeso (Mn), boro (B), zinc (Zn), calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), hierro (Fe), sodio (Na) y magnesio (Mg) por espectrometría de masas por plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS, 7500ce, Agilent Technologies, Manchester, U.K.) (EPA,1994).

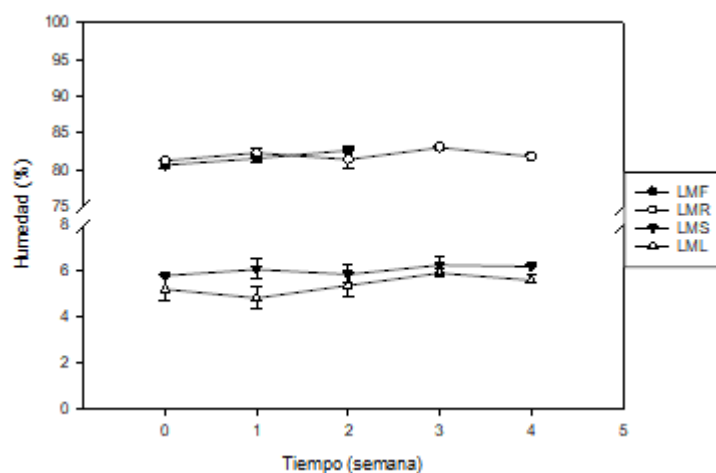
2. ANALISIS ESTADÍSTICO

El análisis de datos se realizó utilizando el software SigmaPlot (Systat Software Inc.). Las determinaciones se realizaron por duplicado para parámetros fisicoquímicos y por triplicado para antioxidantes (FRAP y DPPH) y vitamina C. Por medio del análisis unidireccional de la varianza (ANOVA) se llevó a cabo la estadística del estudio ($p < 0,05$).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Análisis de atributos físicos y químicos

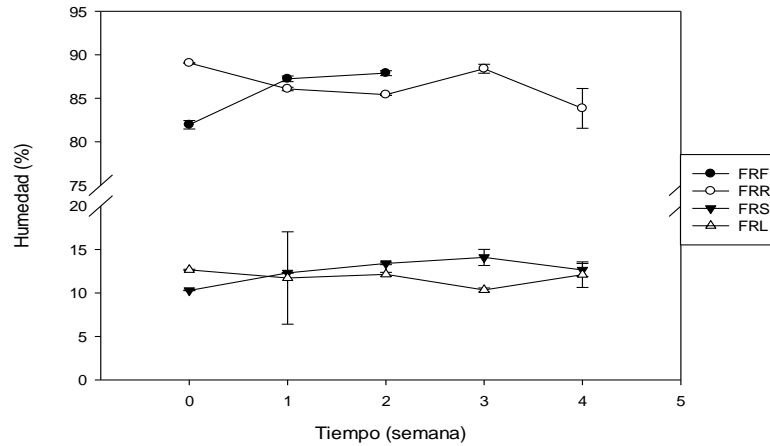
3.1.1. Humedad



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Humedad	30,00	1,00	1,00	2,01	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	38924,00	6	6487,33	16386,44	<0,0001
Tratamiento	38920,27	2	19460,14	49154,62	<0,0001
Semana	3,72	4	0,93	2,33	0,0841
Tratamiento*semana	2,18	8	0,27	0,59	0,7718
Error	9,11	23	0,40		
Total	38933,1	29			

Gráfica 1. Contenido de humedad de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). DMStratamiento = 0,58210 y DMStiempo= 0,83624. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=2). LMF:

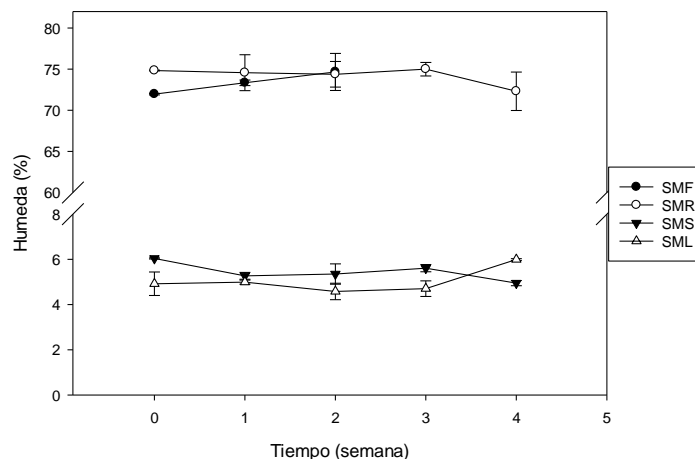
lodo de mora fresco; LMR: lodo de mora refrigerado; LMS: lodo de mora seco (secado convencional); LML: lodo de mora liofilizado.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	30,00	1,00	1,00	6,10

Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	37507,17	14	2679,08	535,64	<0,0001
Tratamiento	37405,94	2	18702,97	3739,34	<0,0001
Semana	25,95	4	6,49	1,30	0,3155
Tratamiento*semana	75,28	8	9,41	1,88	0,1387
Error	75,03	15	5		
Total	37582,19	29			

Gráfica 2. Contenido de humedad de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). Tratamiento: $DMStratamiento = 2,36494$ y $DMStiempo = 2,75215$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=2). FRF: fresa fresca; FRR: fresa refrigerada; FRS: fresa seca (secado convencional); FRL: fresa liofilizada.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Humedad	30,00	1,00	1,00	4,86

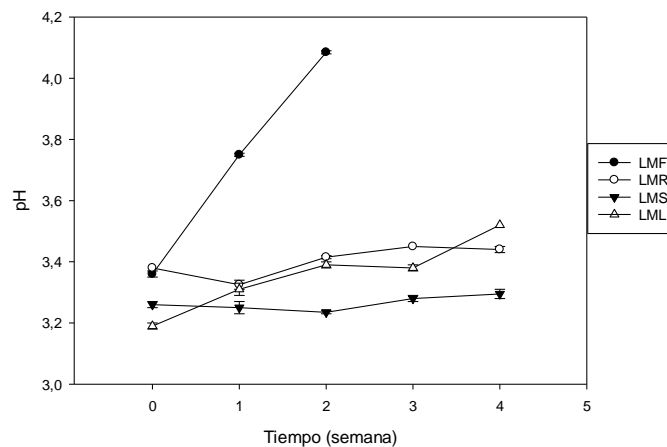
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	31735,76	14	2266,84	1204,26	<0,0001
Tratamiento	31722,43	2	15861,21	8426,25	<0,0001
Semana	2,56	4	0,64	0,34	0,8470
Tratamiento*semana	10,78	8	1,35	0,72	0,6753
Error	28,24	15	1,88		
Total	31764	29			

Gráfica 3. Contenido de humedad de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). DMStratamiento= 1,20492 y DMStiempo= 1,68836. Los resultados fueron expresado como media ± error estándar (n=2). SMF: semilla de mora fresca; SMR: semilla de mora refrigerada; SMS: semilla de mora seca (secado convencional); SML: semilla de mora liofilizada

Cómo se muestra en la gráfica 1, los resultados evidenciaron que todas las muestras frescas y refrigeradas tenían un alto contenido de humedad, en fresco el máximo valor alcanzado fue de los residuos de fresa (87,90%), seguido de lodo de mora (82,76%) y semilla de mora (74,67%) en la semana 2, los cuales son similares al contenido de humedad de los arándanos (85,78%) (Reque et al., 2014) y de otras bayas como la bokbunja (81,44%), morera (86,00%) y frambuesa (85,84%), además son comparables con lo encontrado por Yang & Choi, quienes reportan para la fresa y la mora valores de contenido de humedad de 89,32% y 86,13% respectivamente (Yang & Choi, 2016) y diferentes variedades de mora como jumbo (88,6%), blacksatin (88,3%) y disksen (89,4) (Van et al., 2016). Los residuos de fresa refrigerada en el día 0, fue la muestra con mayor contenido de humedad (89,02%)

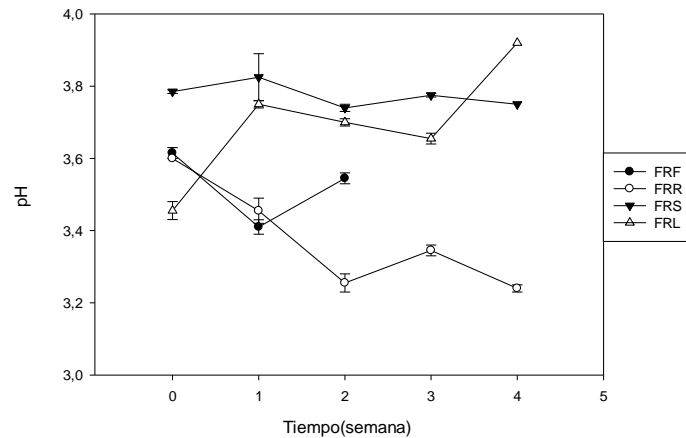
en todo el estudio. En las muestras secas y liofilizadas se evidenció que la mayoría de las muestras ganaron humedad del ambiente (25% humedad relativa) al momento de su medición. De acuerdo al análisis de varianza los tratamientos son significativos con respecto a las refrigeradas, debido que en la liofilización y secado convencional, el lodo de mora perdió 76,06% y 75,46%, fresa 69,79% y 72,13% y semilla de mora 67,14% y 66%, respectivamente, tomando como referencia el contenido inicial de las muestras frescas siendo este muy similar al refrigerado. Sin embargo en los residuos de fresa y semilla de mora, los tratamientos no presentaron diferencia significativa entre sí; de igual forma no se presentó diferencias significativas en ninguna de las muestras a través del tiempo. La relación entre tiempo y temperatura fue significativa para las muestras de lodo de mora. Esta deshidratación, disminuye la actividad acuosa del residuo siendo este un factor importante para inhibir el crecimiento microbiano debido a que la mayoría de microorganismos son incapaces de existir en ambientes con actividad de agua muy baja y mueren (Madigan, Martinko & Parker, 2004). Por lo tanto, el crecimiento microbiano y las reacciones hidrolíticas y enzimáticas dependen de esta variable (Yamashita et al., 2017).

3.1.2. Potencial de hidrógeno (pH)



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
pH	30,00	0,98	0,97	0,48	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,24	14	0,02	67,99	<0,0001
Tratamiento	0,10	2	0,05	196,16	<0,0001
Semana	0,08	4	0,02	77,61	<0,0001
Tratamiento*semana	0,06	8	0,01	31,14	<0,0001
Error	0,0038	15	0,00025		
Total	0,24	29			

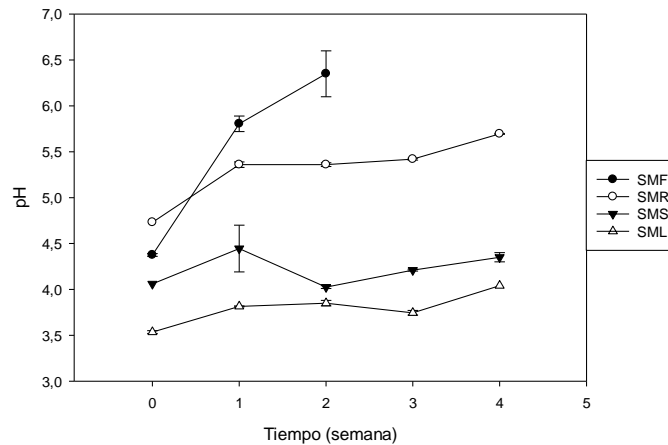
Gráfica 4. pH de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DM_{Stratamiento}=0,04990$ y $DM_{Tiempo}=0,01959$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=2). LMF: lodo de mora fresco; LMR: lodo de mora refrigerado; LMS: lodo de mora seco (secado convencional); LML: lodo de mora liofilizado.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PH	30,00	0,99	0,98	0,88

Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1,29	14	0,09	91,22	<0,0001
Tratamiento	0,88	2	0,044	433,46	<0,0001
Semana	0,04	4	0,01	10,81	0,0003
Tratamiento*semana	0,37	8	0,05	45,86	<0,0001
Error	0,02	15	0,001		
Total	1,31	29			

Gráfica 5. pH de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DM_{Stratamiento}=0,12000$ y $DM_{Tiempo}=0,03917$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=2). FRF: fresa fresca; FRR: fresa refrigerada; FRS: fresa seca (secado convencional); FRL: fresa liofilizada.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	30,00	0,99	0,98	2,19

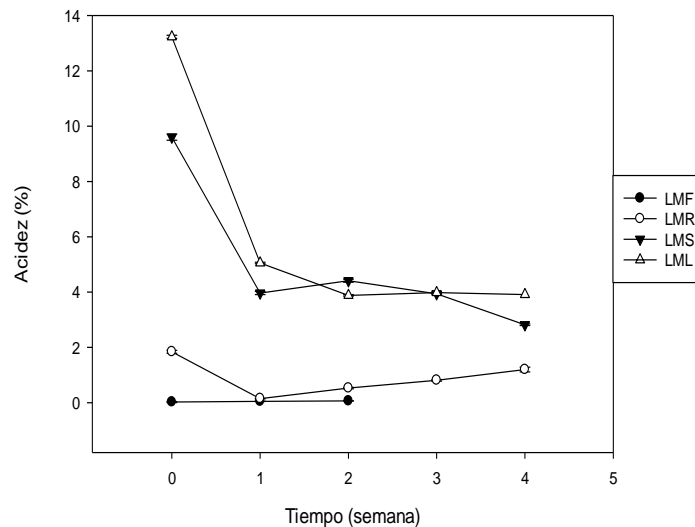
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	13,68	14	0,98	103,91	<0,0001
Tratamiento	12,25	2	6,12	646,47	<0,0001
Semana	1,12	4	0,28	29,47	<0,0001
Tratamiento*semana	0,42	8	0,05	5,49	0,0023
Error	0,14	15	0,01		
Total	13,92	29			

Gráfica 6. pH de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DMStratamiento=0,14412$ y $DMStiempo=0,11977$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=2). SMF: semilla de mora fresca; SMR: semilla de mora refrigerada; SMS: semilla de mora seca (secado convencional); SML: semilla de mora liofilizada.

Los valores más altos de pH fueron para semillas de mora, principalmente en las muestras de fresco (6,35) y refrigerado (5,69) (gráfica 2). Los residuos de fresa y lodo de mora se pueden comparar con valores reportados de frambuesa silvestre (3,39) (Yang & Choi, 2016), mora (2,99), frambuesa roja (2,86), fresa (3,73), arándanos (3,64), cereza (4,08) (Rios et al., 2014) y variedades de mora como marion (3,23) (Wu et al., 2010), jumbo (2,87), blacksatin (2,94) y disksen (2,92) (Van et al., 2016). En la primera semana el residuo de fresa tuvo una reducción del 4% respecto al valor inicial de la muestra fresca, esta no presentó el mismo comportamiento al de un estudio realizado para fresas refrigeradas a 4°C por 6 días donde hubo un aumento de 3% (Octavia & Sim, 2017). Sin embargo estas no

evidenciaron diferencias significativas en relación al tiempo estudiado. Por el contrario los residuos de mora, tuvieron diferencias significativas en cuanto al tiempo de almacenamiento. El análisis de varianza mostró que el lodo de mora y residuo de fresa no presentaron diferencias significativas en liofilizado-refrigerado y secado-liofilizado respectivamente. Mientras en la semilla de mora todas las muestras mostraron diferencias significativas entre sí. La interacción entre los tratamientos y el tiempo, fue significativa en todas las muestras estudiadas. El pH de un alimento es uno de varios factores principales que determinan la supervivencia y crecimiento de microorganismos durante el procesamiento, almacenamiento y distribución (Silliker et al., 1980) por ejemplo la *Salmonella sp.* y *E.coli* son microorganismos patógenos que soportan pH ácidos (3,0 – 4,5); dentro de este rango se encuentran los valores de pH de residuos de fresa y mora (Jongen, 2005).

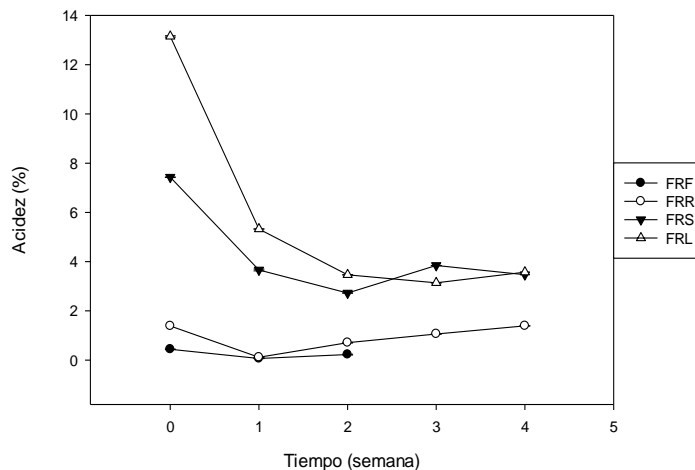
3.1.3. Acidez



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez	30,00	1,00	1,00	1,80

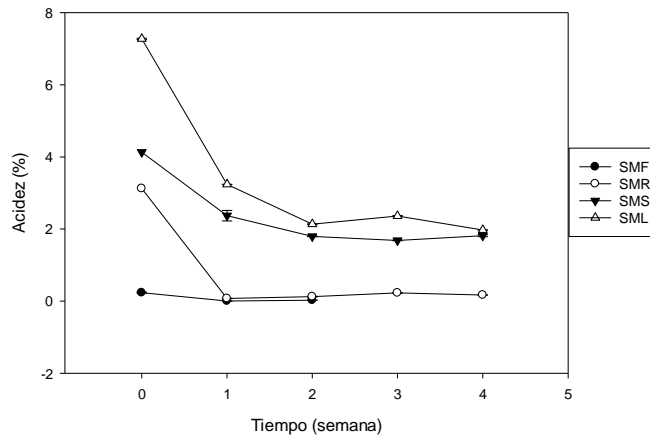
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	337,75	14	24,13	4762,89	<0,0001
Tratamiento	145,11	2	72,56	14324,51	<0,0001
Semana	137,35	4	34,34	6779,05	<0,0001
Tratamiento*semana	55,29	8	6,91	1364,91	<0,0001
Error	0,08	15	0,01		
Total	337,83	29			

Gráfica 7. Contenido de acidez de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DMStratamiento= 1,43534$ y $DMStiempo=0,08758$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar ($n=2$). LMF: lodo de mora fresco; LMR: lodo de mora refrigerado; LMS: lodo de mora seco (secado convencional); LML: lodo de mora liofilizado.



Variable	N	R2	R2 Aj	CV	
Acidez	30,00	1,00	1,00	0,50	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	293,79	14	20,98	63703,29	<0,0001
Tratamiento	120,55	2	60,29	18298,157	<0,0001
Semana	104,45	4	26,11	79266,41	<0,0001
Tratamiento*semana	68,79	8	8,6	26102,16	<0,0001
Error	0,0049	15	0,00036		
Total	293,79	29			

Gráfica 8. Contenido de acidez de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DMStratamiento= 1,59996$ y $DMStiempo= 0,02233$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar ($n=2$). FRF: fresa fresca; FRR: fresa refrigerada; FRS: fresa seca (secado convencional); FRL: fresa liofilizada.



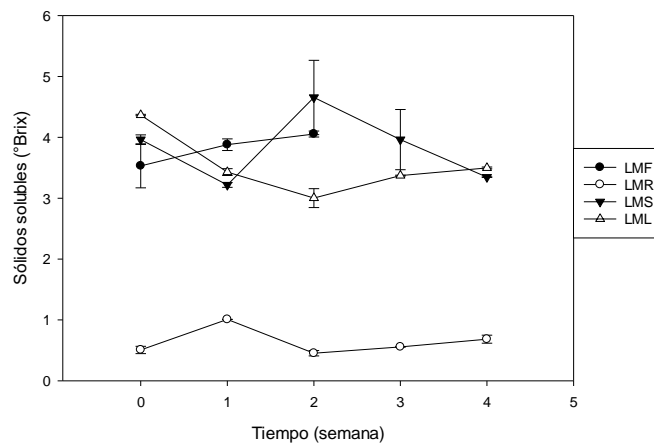
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Acidez	30,00	1,00	1,00	2,58	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	97,89	14	6,99	2239,53	<0,0001
Tratamiento	35,71	2	17,86	5719,14	<0,0001
Semana	55,09	4	13,77	4411,26	<0,0001
Tratamiento*semana	7,09	8	0,89	283,77	<0,0001
Error	0,05	15	0,0031		
Total	97,94	29			

Gráfica 9. Contenido de acidez de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). DMStratamiento= 0,51526 y DMStiempo= 0,6876. Los resultados fueron expresado como media ± error estándar (n=2). SMF: semilla de mora fresca; SMR: semilla de mora refrigerada; SMS: semilla de mora seca (secado convencional); SML: semilla de mora liofilizada.

El ácido málico es el ácido predominante de la mora y su porcentaje depende del estado de madurez el cual varía entre 2,5 y 3,5% (NTC 4106,1997). Los residuos con los que se llevó a cabo el estudio fueron de frutos maduros. En la fresa la acidez titulable es expresada como porcentaje de ácido cítrico, varía entre 0,76 y 1,07 (NTC 4103,1997). Los resultados evidenciaron que las muestras de semilla de mora, lodo de mora (liofilizado y secado) y fresa (liofilizada y secada) disminuyeron a través del tiempo, está pérdida durante el almacenamiento se debe a la actividad respiratoria de las frutas (Obenland et al., 2011). Además presentan el mismo comportamiento que la variedad de mora Evergreen refrigerada, la cual disminuyó en un 46% en su acidez durante un almacenamiento de 7 días (Wu et al ., 2010) mientras que las muestras de semilla de mora refrigeradas presentaron una mayor reducción en

acidez (93%) durante el mismo tiempo, como se muestra en la gráfica 3. De acuerdo al análisis de varianza las diferencias fueron significativas en tiempo y tratamiento, para cada una de las muestras. En lodo de mora y fresa, los tratamientos no tuvieron diferencia significativa entre sí, mientras que la semilla de mora, evidenció diferencias significativas para cada una de los tratamientos. Las muestras liofilizadas tuvieron el contenido más alto de ácido predominante, seguido de las que se sometieron al tratamiento de secado, las refrigeradas y las frescas. Los valores más altos se evidenciaron en las muestras liofilizadas, siendo el lodo de mora, el valor más alto (13,18%), seguido de fresa (9,60%) y semilla de mora (7,26%). Las muestras refrigeradas y frescas tuvieron valores muy bajos en comparación a las muestras sometidas a los tratamientos. En las refrigeradas, la semilla de mora presentó el contenido más alto de ácido (3,13%), el cual está dentro del rango descrito en la NTC 4106 de 1997, seguido de lodo de mora (1,90%) y fresa (1,37%). En este parámetro se pudo evidenciar que el porcentaje de acidez en las muestras secas y liofilizadas fue mayor comparados con los demás datos del estudio y con datos teóricos, el residuo de fresa fresca (0,43%) fue similar a valores reportados de fresa (0,86%) y a otras bayas como arándanos (0,58) y cereza (0,55 g ácido cítrico /100g) (Rios et al., 2014). La relación de temperatura y tiempo de almacenamiento influyen significativamente en el contenido de acidez debido a que lodo de mora (4°C) presentó 1,84% siendo inferior a lo reportado en mora (8°C) 2,96% (Horvitz, Chanaguano, & Arozarena, 2017).

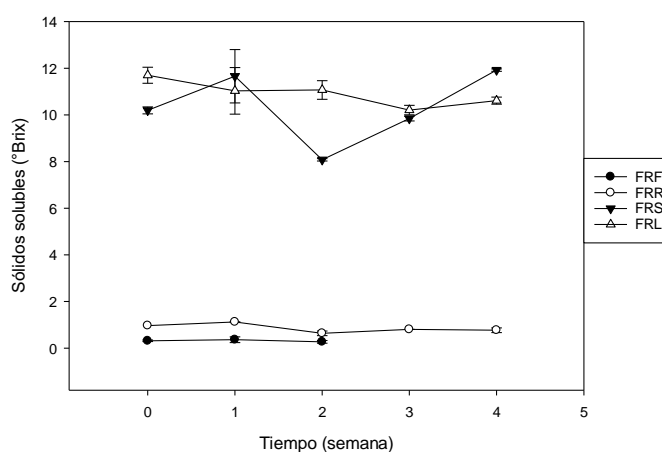
3.1.4. Sólidos solubles



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Sólidos solubles	30,00	0,98	0,97	10,88	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	75,80	14	5,41	61,11	<0,0001
Tratamiento	65,79	2	32,90	371,32	<0,0001
Semana	2,36	4	0,59	6,65	0,0028

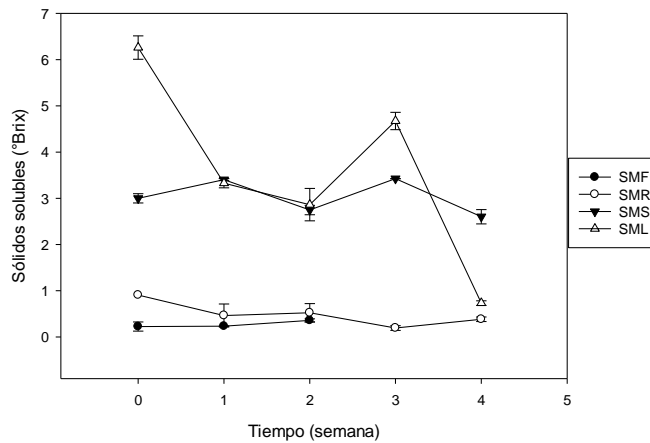
Tratamiento*semana	7,65	8	0,96	10,79	0,0001
Error	1,33	15	0,09		
Total	77,12	29			

Gráfica 10. Contenido de sólidos solubles de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DMStratamiento= 0,28372$. $DMStiempo= 0,36628$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=2). LMF: lodo de mora fresco; LMR: lodo de mora refrigerado; LMS: lodo de mora seco (secado convencional); LML: lodo de mora liofilizado.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Sólidos solubles	30,00	0,99	0,98	7,74	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	577,64	14	41,26	115,38	<0,0001
Tratamiento	510,10	2	255,05	713,24	<0,0001
Semana	27,46	4	6,87	19,20	<0,0001
Tratamiento*semana	40,08	8	5,01	14,01	<0,0001
Error	5,36	15	0,36		
Total	583	29			

Gráfica 11. Contenido de sólidos solubles de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DMStratamiento= 0,57001$ y $DMStiempo=0,73588$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=2). FRF: fresa fresca; FRR: fresa refrigerada; FRS: fresa seca (secado convencional); FRL: fresa liofilizada.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Sólidos solubles	30,00	0,99	0,98	9,59	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	89,89	14	6,42	124,5	<0,0001
Tratamiento	15,48	2	3,87	75,06	<0,0001
Semana	54,08	4	27,04	524,33	<0,0001
Tratamiento*semana	20,33	8	2,54	49,27	<0,0001
Error	0,77	15	0,05		
Total	90,66	29			

Gráfica 12. Contenido de sólidos solubles de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DMStratamiento=0,28372$ y $DMStiempo=0,48403$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=2). SMF: semilla de mora fresca; SMR: semilla de mora refrigerada; SMS: semilla de mora seca (secado convencional); SML: semilla de mora liofilizada.

La mora es un fruto no climatérico, es decir que al ser cosechados, presentan una disminución en la tasa de respiración, ocasionando cambios poco notorios principalmente en los contenidos de azúcares y ácidos, por lo tanto el contenido de sólidos totales dependen del estado de madurez de la fruta (NTC 4106,1997). La fresa también es un fruto no climatérico (NTC 4103,1997). Los tratamientos evidenciaron los contenidos más altos de sólidos solubles totales, siendo la liofilización el tratamiento con mayor valor presente en el residuo de fresa (11,92 °Brix), seguido de semilla de mora (6,26°Brix) y lodo de mora (5,36 °Brix). Los residuos de fresa seca (10,19 °Brix) fueron similares a los reportados en fruta fresca (10,50 °Brix) y a otras bayas como frambuesa roja (10,33°Brix) (Rios et al., 2014) y arándano (9.93 °Brix) (Yang & Choi, 2016); por el contrario, los residuos de fresa refrigerados (0,91 °Brix) fueron muy bajos respecto a los encontrados en un estudio

de fresas refrigeradas (4°C) almacenadas durante 6 días, de los cuales se obtuvo un promedio de 6,77°Brix (Octavia & Sim, 2017). Las muestras liofilizadas de lodo de mora (5,37°Brix) se pueden comparar con variedad de mora jumbo (5,50°Brix) y Blacksatín (7°Brix), y Disksen (6,9°Brix) se asemejan al contenido de sólidos solubles en semilla de mora liofilizadas (6,26°Brix) (Van, et al., 2016). De acuerdo al análisis de varianza, las diferencias de tratamiento, tiempo y la relación entre ellas, fueron significativas. En los residuos de mora, los tratamientos, no tuvieron diferencias significativas entre sí, mientras que los residuos de fresa presentaron diferencias significativas en todas las muestras.

3.1.5. Color

	LODO DE MORA				FRESA				SEMILLA DE MORA			
	IC	C	°H	ΔE	IC	C	°H	ΔE	IC	C	°H	ΔE
SEMANA 0												
F	36,9 38	13,0 92	1,5 29	8,16 2	24,6 08	13,3 75	1,54 0	1,48 3	21,7 29	12,7 07	1,54 3	2,20 8
R	43,5 30	11,9 18	1,5 21	6,94 5	29,9 04	13,5 35	1,53 6	3,99 3	34,0 47	11,6 30	1,53 1	5,85 2
S	24,0 94	17,4 67	1,5 41	3,86 0	15,3 96	20,4 19	1,55 0	7,60 3	20,4 15	16,9 06	1,54 6	3,08 4
L	30,8 67	18,9 13	1,5 32	4,48 2	24,1 23	23,9 49	1,53 9	9,76 1	20,4 33	18,4 95	1,54 4	4,21 2
SEMANA 1												
F	32,4 77	9,59 3	1,5 37	7,01 7	27,1 31	13,6 53	1,53 7	2,96 4	27,3 20	9,37 6	1,53 8	6,50 1
R	39,5 58	11,7 45	1,5 26	7,53 8	28,4 12	13,0 36	1,53 7	4,81 0	26,9 17	10,7 62	1,53 9	7,43 8
S	40,0 59	16,1 27	1,5 20	2,76 2	19,1 17	18,7 16	1,49 9	6,75 9	25,9 33	15,5 82	1,53 7	1,82 4
L	24,2 69	19,2 45	1,5 40	4,80 4	21,4 72	24,0 00	1,54 3	9,72 3	17,9 00	18,6 84	1,54 8	4,64 9
SEMANA 2												
F	35,8 89	11,3 80	1,5 29	7,13 0	24,7 94	12,8 63	1,54 1	3,95 2	25,1 23	10,0 99	1,54 1	6,65 9
R	42,3 71	11,7 89	1,5 23	7,81 2	31,4 66	13,4 89	1,53 4	5,76 1	25,0 43	11,0 77	1,54 2	7,19 9
S	24,6 07	17,6 56	1,5 41	3,87 1	15,2 89	20,0 06	1,55 1	7,06 3	17,8 81	17,0 60	1,54 8	3,90 7
L	26,6 26	18,7 58	1,5 37	4,30 0	25,1 42	23,4 18	1,53 8	9,03 2	19,9 70	18,2 07	1,54 5	3,71 4
SEMANA 3												

R	41,0 89	11,4 53	1,5 25	8,51 7	31,0 85	13,5 55	1,53 5	6,04 8	25,7 55	11,0 31	1,54 1	7,00 1
S	28,6 52	16,8 39	1,5 36	3,22 7	15,6 82	19,6 93	1,55 0	6,87 2	19,8 64	16,5 66	1,54 6	3,03 6
L	26,1 49	19,3 54	1,5 38	4,82 1	22,0 55	24,3 21	1,54 2	10,1 85	19,3 93	18,7 40	1,54 6	4,31 5
SEMANA 4												
R	34,6 46	12,3 96	1,5 27	2,55 7	23,8 55	15,4 42	1,54 0	1,96 4	21,4 92	11,8 78	1,54 4	3,46 6
S	41,4 11	16,3 62	1,5 20	3,80 6	15,2 71	19,9 20	1,55 1	7,01 2	19,0 74	16,3 61	1,54 7	3,61 4
L	32,8 13	18,3 73	1,5 26	6,92 8	24,5 08	22,0 54	1,53 6	11,4 43	23,7 87	17,6 29	1,53 7	4,73 1

Tabla 2. Parámetros de color de residuos de fresa y mora (lodo y semilla) en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS(5%). Tratamiento: DMSlodoIC=0,39777. DMSfresalC=0,18884. DMSsemillaIC=0,34665. DMSlodoC=0,06096. DMSfresalC=0,11124. DMSsemillaC=0,78987. DMSlodo[°]Hue=0,0050. DMSfresa[°]Hue=0,01596. DMSsemilla[°]Hue=0,00046. DMSlodo Δ E=0,08194. DMSfresa Δ E=0,21866. DMSsemilla Δ E=0,24617. Tiempo: DMSlodoIC=0,51351. DMSfresalC=0,24379. DMSsemillaIC=0,44752. DMSlodoC=0,07870. DMSfresalC=0,14361. DMSsemillaC=1,01971. DMSlodo[°]H=0,00064. DMSfresa[°]H=0,02060. DMSsemilla[°]H=0,00059. DMSlodo Δ E=0,10578. DMSfresa Δ E=0,28228. DMSsemilla Δ E=0,3780. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=2). F: fresco; R: refrigeración; S: secado convencional; L: liofilización; IC: Índice de color; C: croma; [°]Hue: Grados Hue; Δ E: diferencia de color.

El color atractivo de las fresas se atribuye a la presencia de dos tipos de pigmentos antocianidínicos: derivados de pelargonidina roja brillante (predominante) y cianidina roja oscura (menor). Pelargonidin3-O-glucósido es el componente principal en las fresas (82% -100%) (Wang, Zhang, & Wu, 2015). Esta composición depende de la variedad de la fruta (Fernández et al., 2015). El valor del pH es un factor importante que afecta la calidad del color de los productos pigmentados con antocianina e influye en su degradación química; por ejemplo, la estabilidad térmica de las antocianinas de la zanahoria negra disminuye significativamente a valores de pH superiores a 5,0 (Wang, Zhang, & Wu, 2015). El color está influenciado directamente por los días de almacenamiento de la fruta y por su estado de maduración, entre mayor sean estas variables, mayor es el índice de color. (Serrano, Umaña, & Sáenz, 2011). Según el análisis de varianza, en el parámetro de índice de color, todas las muestras de lodo de mora evidenciaron diferencias significativas en los tratamientos, tiempo y la relación de estos parámetros. Por el

contrario, las muestras de residuo de fresa y semilla de mora no presentaron diferencia significativa respecto al tiempo. Los tratamientos en los residuos de mora no mostraron diferencia significativa entre ellos. El lodo de mora presentó colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo, el mayor valor de índice de color se obtuvo en las muestras refrigeradas (43,53) en el día 0. El índice de color de la variedad de fresa jacona (26,37) es comparable con valores de muestras liofilizadas de lodo de mora en la semana 2 y 3 de almacenamiento; mientras que variedades como nikte (40,44), zamorana (37,95) y pakal (31,61) presentaron valores similares a lodo de mora refrigerado (41,09) en semana 3, lodo de mora fresco (36,94) en el día 0 y fresa refrigerada (31,47) en semana 2 (Fernández et al., 2015).

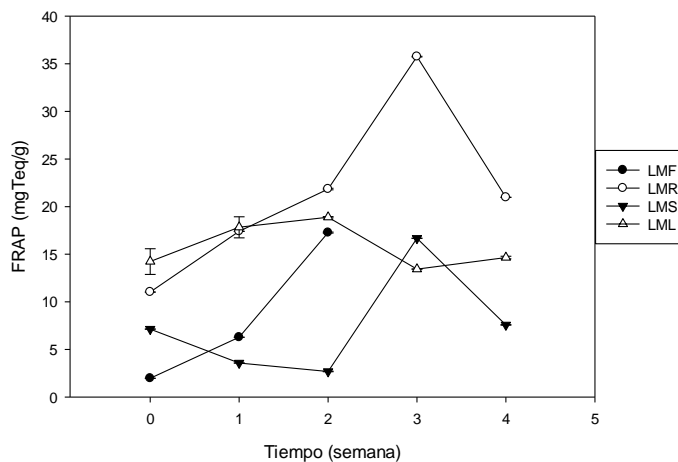
El ángulo Hue o tono, indica la diferencia de un color a otro, este parámetro se mantuvo estable en todas las muestras durante las semanas estudiadas, el valor promedio fue 1,53 ° Hue, lo que indica que tono está entre tonos rosa y rojos, resultado similar a los datos reportados en fresas refrigeradas a 4°C durante 6 días (Octavia & Sim, 2017), mostrando un aumento de sólo 1,2%. Las diferencias de los residuos de mora fueron significativas en cuanto al tratamiento y la interacción tratamiento tiempo y a su vez la liofilización y el secado no tuvieron diferencias significativas. Por el contrario los residuos de fresa no presentaron diferencias significativas en ninguno de los parámetros estudiados.

El croma indica la saturación, intensidad y pureza del color, los resultados evidencian el mismo comportamiento para las tres muestras, indicando que la mayor intensidad de color se dio en los residuos liofilizados, teniendo los valores más altos en la tercera semana. En los residuos de fresa se mostró una diferencia del 41,35% del valor de croma en las muestras liofilizadas con respecto a las refrigeradas y de 16,12% en comparación a las secadas. Las muestras evidenciaron diferencias significativas en cuanto a los tratamientos y respecto al tiempo los residuos de fresa y semilla de mora, no presentaron diferencias significativas. Los cambios de color se evaluaron con ΔE . Cuando este es menor que 1.5, la diferencia de color entre los dos es generalmente indistinguible, mientras que la diferencia de color se hace evidente para la mayoría de las personas cuando el ΔE es mayor que 5 (Lao & Giusti, 2017). Las diferencias de color fueron notables para las muestras frescas y refrigeradas. Los tratamientos y la relación tratamiento-tiempo presentaron diferencias significativas en todas las muestras. En la semilla de mora la magnitud de la diferencia de color de las muestras liofilizadas y secadas no fueron significativas.

De acuerdo a los resultados obtenidos de cada una de las variables estudiadas, se puede considerar, la liofilización como el mejor método para la retención del color. Sin embargo es la técnica de secado más costosa (Michalska et al., 2017)

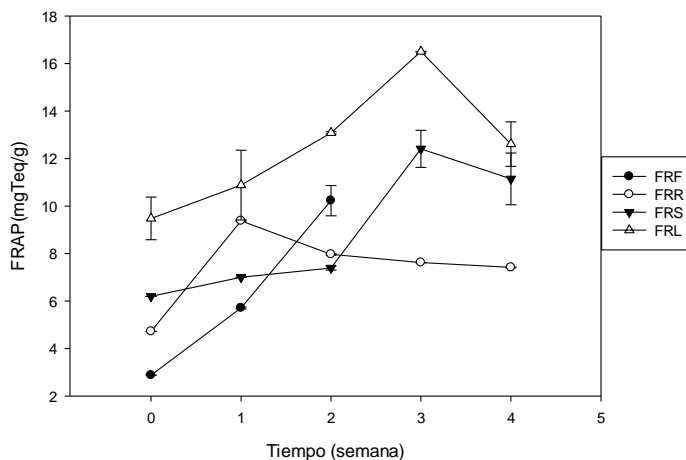
3.2. Determinación de antioxidantes

3.2.1. Determinación de antioxidantes por método FRAP



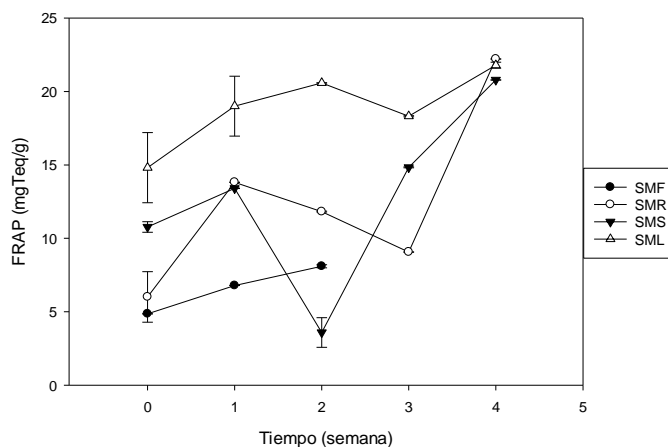
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Antioxidantes - FRAP	45,00	1,00	1,00	1,80	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	2890,34	14	206,45	2865,06	<0,0001
Tratamiento	1461,80	2	730,90	10143,08	<0,0001
Semana	638,14	4	159,53	2213,95	<0,0001
Tratamiento*semana	790,41	8	98,80	1371,11	<0,0001
Error	2,16	30	0,07		
Total	2892,51	44			

Gráfica 13. Capacidad antioxidante (FRAP) de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). DMStratamiento= 0,25843 y DMStiempo= 0,25843. Los resultados fueron expresado como media ± error estándar (n=3). LMF: lodo de mora fresco; LMR: lodo de mora refrigerado; LMS: lodo de mora seco (secado convencional); LML: lodo de mora liofilizado.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Antioxidantes - FRAP	45,00	0,94	0,91	10,41	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	447,06	14	31,93	31,18	<0,0001
Tratamiento	200,22	2	100,11	97,76	<0,0001
Semana	151,05	4	37,76	36,88	<0,0001
Tratamiento*semana	95,79	8	11,57	11,69	<0,0001
Error	30,92	30	1,02		
Total	477,79	44			

Gráfica 14. Capacidad antioxidante (FRAP) de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). DMStratamiento= 0,75464 y DMStiempo=0,97423. Los resultados fueron expresado como media ± error estándar (n=3). FRF: residuo fresa fresca; FRR: residuo fresa refrigerada; FRS: residuo fresa seca (secado convencional); FRL: residuo fresa liofilizada.



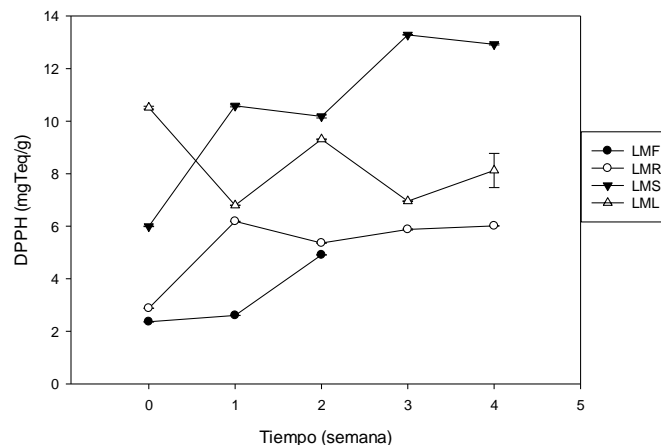
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Antioxidantes - FRAP	45,00	0,99	0,99	3,89	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	1401,37	14	100,10	304,77	<0,0001
Tratamiento	393,45	2	196,73	598,97	<0,0001
Semana	658,52	4	164,63	501,25	<0,0001
Tratamiento*semana	349,4	8	43,67	132,98	0,0023
Error	9,85	30	0,33		
Total	1411,23	44			

Gráfica 15. Capacidad antioxidante (FRAP) de semilla de mora en condiciones fresca, refrigerada, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DMStratamiento=0,42738$ y $DMS=0,55174$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar ($n=3$). SMF: semilla de mora fresca; SMR: semilla de mora refrigerada; SMS: semilla de mora seca (secado convencional); SML: semilla de mora liofilizada.

Como se observa en la gráfica 5, las muestras liofilizadas que mostraron el mayor contenido de antioxidantes, fueron el residuo de fresa y la semilla de mora, siendo esta la más representativa (21,79 mgTeq/g), debido a que este tratamiento ayuda a preservar las antocianinas y la capacidad antioxidante, eliminando agua del tejido de la fruta (Wu et al., 2010). En las muestras frescas se observó un incremento a través del tiempo, en lodo de mora (88,59%), fresa (71,85%) y semilla de mora (39,98%). Las muestras refrigeradas incrementaron con respecto al día cero, los valores más altos se evidenciaron en la cuarta semana para semilla de mora (22,22 mgTeq/g), en la tercera semana para lodo de mora (21,85 mgTeq/g) y en la primera semana para residuo de fresa (9,38 mgTeq/g). Las muestras refrigeradas de lodo de mora (11,02 mgTeq/g) y semilla de mora (11,83gTeq/g) se pueden comparar con

la variedad de mora tupy (11,58 mgTeq/g); y variedad brazos (16,18 mgTeq/g) es comparable con lodo de mora seco (16,67 mgTeq/g) (Zielinski et al., 2015). El lodo de mora presentó en la semana 1 y 2, 3,74 mgTeq/g y 2,68 mgTeq/g respectivamente de capacidad antioxidante, la cual está dentro del rango que presenta el arándano (1,75 mgTeq/g - 4,36 mgTeq/g) (Reque, et al., 2014); mientras los residuos de fresa refrigerado (4,72 mgTeq/g), mostraron similitud con el extracto de fresa Alba 5,72 mgTeq/g (Gasparrini et al., 2017). Un estudio demostró el impacto sobre la capacidad antioxidante de bayas, en donde la liofilización no presentó cambios, a comparación de las muestras secas, donde la variedad 'Marion' disminuyó en un 27% (Wu et al., 2010). Los valores de la variedad de mora evergreen aumentaron 18,75% después de 7 días de almacenamiento. En el lodo de mora fresco ocurrió un comportamiento similar, incrementando 66,64% durante el mismo tiempo (Wu et al., 2010). De acuerdo al análisis de varianza todas las muestras fueron significativas en cuanto, al tratamiento, tiempo y la relación entre estos parámetros. Las muestras refrigeradas y secadas, no tuvieron diferencia significativa entre sí. El comportamiento de la actividad antioxidante determinada por el método FRAP, en muestras sometidas a tratamientos tienden aumentar, debido a la formación de polímeros de antocianinas (Wu et al, 2010).

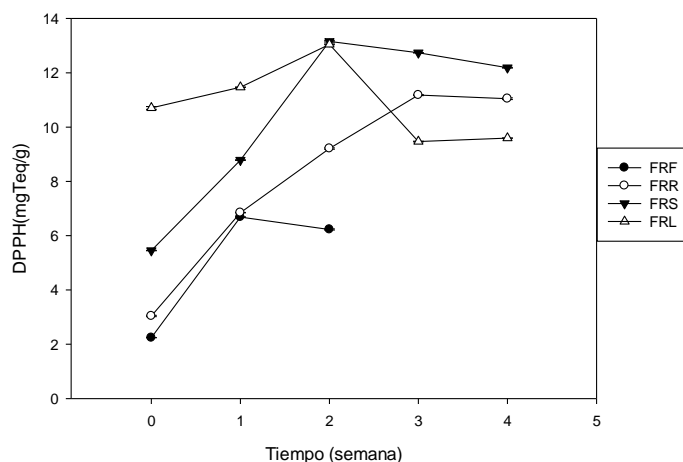
3.2.2. Determinación de antioxidantes por método DPPH



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Antioxidantes - DPPH	45,00	0,90	0,86	15,31	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	421,63	14	30,12	19,89	<0,0001
Tratamiento	125,02	4	62,51	41,29	<0,0001
Semana	97,55	2	24,39	16,11	<0,0001
Tratamiento*semana	199,05	8	24,88	16,44	<0,0001
Error	45,41	30	1,51		

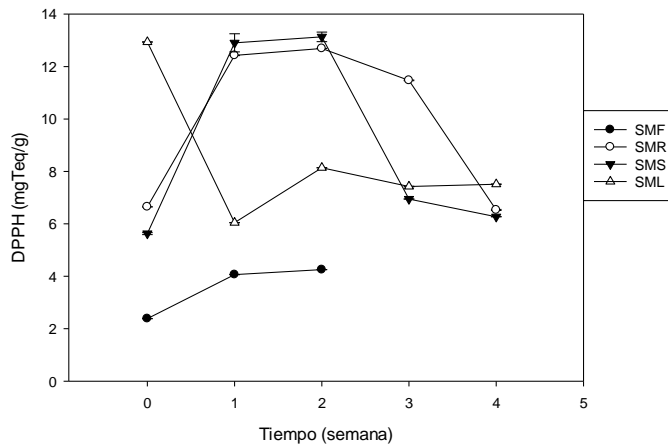
Total	467,04	44
-------	--------	----

Gráfica 16. Capacidad antioxidante (DPPH) de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). DMStratamiento = 0,91751 y DMStiempo = 1,18450. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=3). LMF: lodo de mora fresco; LMR: lodo de mora refrigerado; LMS: lodo de mora seco (secado convencional); LML: lodo de mora liofilizado.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Antioxidantes - DPPH	45,00	0,98	0,97	5,42	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	443,97	14	31,71	113,20	<0,0001
Tratamiento	66,96	2	33,48	119,51	<0,0001
Semana	219,39	4	54,85	195,79	<0,0001
Tratamiento*semana	157,62	8	19,70	70,33	<0,0001
Error	8,40	30	0,28		
Total	452,37	44			

Gráfica 17. Capacidad antioxidante (DPPH) de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). DMStratamiento= 0,39470. DMStiempo=0,50956. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=3). FRF: fresa fresca; FRR: fresa refrigerada; FRS: fresa seca (secado convencional); FRL: fresa liofilizada.



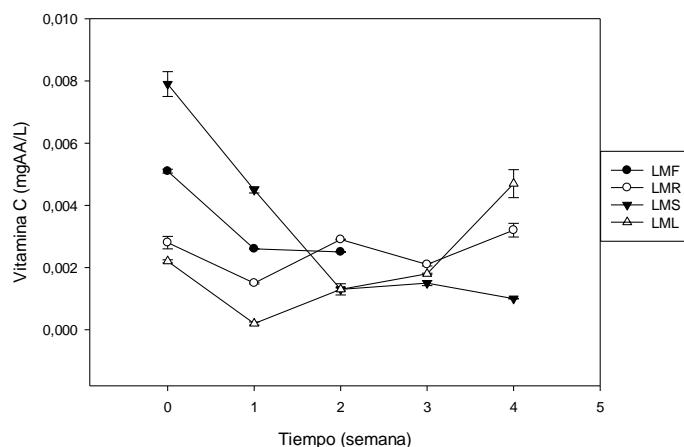
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Antioxidantes - DPPH	45,00	1,00	0,99	2,93	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	476,3	14	34,02	506,08	<0,0001
Tratamiento	28,45	2	14,23	211,6	<0,0001
Semana	155,38	4	38,84	577,83	<0,0001
Tratamiento*semana	292,47	8	36,56	543,83	<0,0001
Error	2,02	30	0,07		
Total	478,32	44			

Gráfica 18. Capacidad antioxidante (DPPH) de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DMStratamiento=0,19335$ y $DMStiempo=0,24962$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=3). SMF: semilla de mora fresca; SMR: semilla de mora refrigerada; SMS: semilla de mora seca (secado convencional); SML: semilla de mora liofilizada.

En la gráfica 6 se observó que el valor más representativo de actividad antioxidante se encontró en el lodo de mora seco de la semana 3 con 13,28 mgTeq/g, presentando un incremento del 18%, frente al residuo seco medido en el día cero. Igualmente se evidenció una diferencia en la capacidad antioxidante inicial del residuo fresco con respecto al obtenido en la deshidratación por liofilización siendo mayor en 77,52% para lodo de mora, 79,04% para residuo de fresa y 81,57% para semilla de mora. La semilla de fresa presentó mayor capacidad antioxidante (2,24 mgTeq/g) comparado con el extracto de fresa Alba (1,93 mgTeq/g) (Gasparrini et al., 2017). Los residuos de mora tuvieron contenidos dentro del rango evaluados en arándanos, que oscilan entre 2,54 a 5,14 mgTeq/g, confirmando que son una buena fuente de compuestos fenólicos con alta actividad antioxidante (Reque, et al., 2014).

Los residuos de mora, en condiciones de almacenamiento, ambiente a 21°C (2,34 mgTeq/g) y refrigerado a 4°C (2,88 mgTeq/g) son mayores que los valores reportados en cerezas a temperaturas de 25°C y 4°C, las cuales presentaron capacidad antioxidante de 2,08 mgTeq/g y 1,95 mgTeq/g respectivamente (Piljac-Zegarac & Samec, 2011). El lodo y semilla de mora sometidos a liofilización, tienen similitud con valores reportados de variedades de mora como jumbo (8 mgTeq/ g), blacksatin (7,98 mg Teq/ g) y disksen (7,14 mgTeq/ g) (Van et al., 2016). Se tomó la muestra en fresco como punto de referencia para demostrar los cambios en la actividad antioxidante, en la refrigeración y en los tratamientos en residuos de fresa. La refrigeración aumentó un 18,05%, el secado convencional 58,83% y la liofilización 79,04%. El comportamiento de la capacidad antioxidante por DPPH no fue similar a un estudio realizado en fresas secadas a temperatura de 60 ° C durante 220 min, donde se redujo en 58 % dicha capacidad (Rozek et al., 2010); debido a la degradación de compuestos fenólicos (Wu et al., 2010). Los análisis estadísticos mostraron que las diferencias entre todas las muestras fueron significativas, en cuanto a los tratamientos, tiempos e interacción entre estos parámetros. El comportamiento de la actividad antioxidante determinada por el método DPPH, en muestras sometidas a tratamientos tienden a aumentar, debido a la formación de polímeros de antocianinas (Wu et al, 2010)

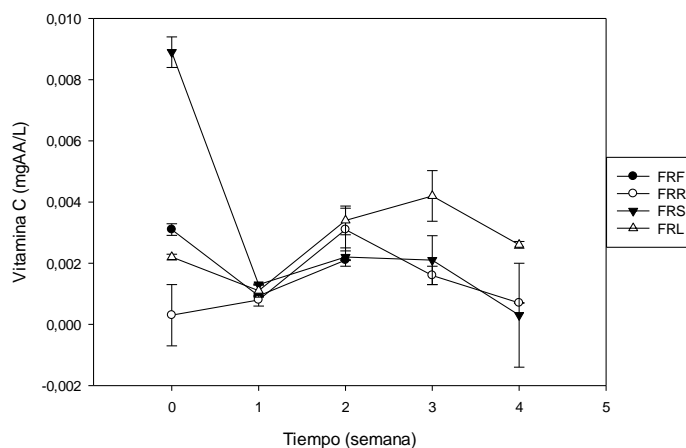
3.2.3. Determinación de contenido de vitamina C



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Vitamina C	45,00	0,97	0,96	12,72	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,00013	14	0,000009	82,60	<0,0001
Semana	0,000033	2	0,0000082	75,80	<0,0001
Tratamiento	0,0000088	4	0,0000044	40,64	<0,0001
Tratamiento*semana	0,000084	8	0,00001	96,49	<0,0001
Error	0,0000033	30	0,00000011		

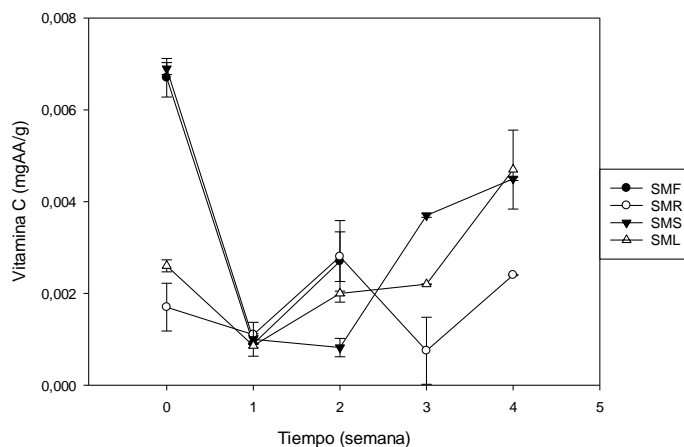
Total	0,00013	44
-------	---------	----

Gráfica 19. Contenido de Vitamina C de residuos de lodo de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DM_{\text{tratamiento}}=0,00025$ y $DM_{\text{tiempo}}=0,00032$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=3). LMF: lodo de mora fresco; LMR: lodo de mora refrigerado; LMS: lodo de mora seco (secado convencional); LML: lodo de mora liofilizado.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Vitamina C	45,00	0,77	0,67	46,73	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,00015	14	0,00001	7,37	<0,0001
Tratamiento	0,000035	2	0,000018	12,5	0,0001
Semana	0,000052	4	0,000013	9,12	0,0001
Tratamiento*semana	0,000059	8	0,0000074	5,22	0,0004
Error	0,000043	30	0,0000014		
Total	0,00019	44			

Gráfica 20. Contenido de Vitamina C de residuos de fresa en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DM_{\text{tratamiento}}=0,00089$ y $DM_{\text{tiempo}}=0,00115$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=3). FRF: fresa fresca; FRR: fresa refrigerada; FRS: fresa seca (secado convencional); FRL: fresa liofilizada.



Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Vitamina C	45,00	0,90	0,85	24,19	
Cuadro de Análisis de Varianza (SC Tipo I)					
FV	SC	gl	CM	F	Valor p
Modelo	0,00011	14	0,0000082	19,45	<0,0001
Tratamiento	0,000019	2	0,0000095	22,59	<0,0001
Semana	0,000058	4	0,000015	34,57	<0,0001
Tratamiento*semana	0,00037	8	0,0000047	11,10	<0,0001
Error	0,000013	30	0,00000042		
Total	0,00013	44			

Gráfica 21. Contenido de Vitamina C de residuos de semilla de mora en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. El análisis de varianza mostró como parámetro significativo: tratamiento y tiempo. Efecto significativo DMS (5%). $DMStratamiento=0,00048$ y $DMStiempo=0,00062$. Los resultados fueron expresado como media \pm error estándar (n=3). SMF: semilla de mora fresca; SMR: semilla de mora refrigerada; SMS: semilla de mora seca (secado convencional); SML: semilla de mora liofilizada.

Los resultados evidenciaron que las muestras secas (secado convencional) tuvieron el mayor contenido de vitamina C, siendo considerable en residuos de fresa (0,008929 mg de A.A/L), seguido de lodo de mora (0,007915 mg A.A/L) y semilla de mora (0,007113 mg de A.A/L). Los residuos que fueron sometidos a liofilización incrementaron en un 30,78%, 12,62% y 21,81% para el lodo de mora, residuo de fresa y semilla de mora respectivamente. De igual forma las muestras refrigeradas aumentaron su contenido de vitamina C en el transcurso de cuatro semanas, siendo los residuos de fresa los de mayor incremento (47,62%). Factores como el pH, la actividad enzimática, la desnaturalización térmica de las enzimas, y / o la presencia de enzimas resistentes al calor permitieron la inestabilidad del contenido de vitamina C de las muestras durante el tiempo de estudio (Phillips et al., 2016). Los resultados demuestran que los residuos de fresa y mora tienen muy baja cantidad comparados

con frutas ricas en vitamina C como naranja 262.7mg/l y piña 191.2mg/L y de igual forma con las que presentan mínima cantidad, como la manzana (1.776 mg/l) (USDA, 2017). El bajo contenido de vitamina C no es consecuencia de la descongelación de las muestras debido a que estas se descongelaron en un horno microondas como lo reporta un estudio en el cual se confirma que con este método se evita pérdidas de vitamina C en un 32,01%, en comparación a la descongelación a 4°C (Holzwarth et al., 2012). El ácido ascórbico sufre fuertes degradaciones, como en el caso de las muestras sometidas al secado convencional, donde hubo pérdida de agua siendo este la causante de la disminución del contenido de esta vitamina (Octavia & Sim, 2017). De acuerdo al análisis de varianza, todas las muestras evidenciaron diferencias significativas, en cuanto a los tratamientos, tiempos e interacción entre estos parámetros. Las muestras refrigeradas y liofilizadas de la semilla de mora no mostraron diferencias significativas entre sí.

3.3. Minerales

MACROMINERALES (%)							
MUESTRA	N	P	K	Ca	Na	Mg	S
1	1,560	0,240	1,500	0,339	0,005	0,174	0,075
	1,470	0,241	1,500	0,346	0,007	0,176	0,088
	1,450	0,248	1,400	0,346	0,007	0,176	0,094
Promedio	1,493	0,243	1,467	0,344	0,006	0,175	0,086
DS	0,054	0,004	0,058	0,004	0,001	0,001	0,009
ES	0,031	0,002	0,033	0,002	0,001	0,001	0,005
2	1,490	0,084	0,610	0,177	0,005	0,059	0,090
	1,540	0,083	0,620	0,175	0,007	0,061	0,089
	1,590	0,080	0,600	0,174	0,007	0,061	0,093
Promedio	1,539	0,082	0,608	0,175	0,006	0,060	0,091
DS	0,050	0,000	0,010	0,000	0,000	0,00	0,000
ES	0,030	0,001	0,007	0,001	0,001	0,001	0,001
3	2,270	0,183	0,820	0,560	0,005	0,159	0,151
	2,330	0,175	0,810	0,540	0,007	0,158	0,150
	2,320	0,176	0,810	0,557	0,007	0,160	0,154
Promedio	2,309	0,178	0,816	0,552	0,006	0,159	0,152
DS	0,031	0,004	0,004	0,011	0,001	0,001	0,002
ES	0,018	0,002	0,002	0,006	0,001	0,001	0,001

Tabla 3. Macro minerales de residuos de fresa y mora (lodo y semilla) en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. Muestra 1: fresa; Muestra 2: lodo de mora; Muestra 3: semilla de mora; DS: desviación estándar E.S: error estándar; N: nitrógeno; P: fósforo; K: potasio; Ca: calcio; Na: sodio; Mg: magnesio; S: azufre.

MICROMINERALES (mg/100g)					
Muestra	Fe	Mn	Zn	Cu	B
1	178,00	79,26	19,38	6,70	21,91
	177,00	78,94	18,42	7,00	21,79
	172,00	77,88	20,44	7,20	20,94
Promedio	175,67	78,69	19,41	6,97	21,55
DS	3,21	0,72	1,01	0,25	0,53
ES	1,85	0,42	0,58	0,14	0,30
2	115,00	41,20	19,31	5,50	27,88
	115,00	46,76	17,92	5,70	27,54
	118,00	43,62	22,17	5,70	28,84
Promedio	116,00	43,86	19,80	5,63	28,09
DS	1,73	2,79	2,17	0,11	0,67
ES	1	1,61	1,25	0,067	0,39
3	177	83,78	34,49	9,37	56,61
	172	87,92	35,36	9,81	56,61
	172	87,2	37,15	9,68	53,81
Promedio	173,67	86,30	35,67	9,62	55,68
DS	2,89	2,21	1,36	0,23	1,62
ES	1,67	1,28	0,78	0,13	0,93

Tabla 4. Micro minerales de residuos de fresa y mora (lodo y semilla) en condiciones fresco, refrigerado, secado convencional y liofilizado durante cuatro semanas. Muestra 1: fresa; Muestra 2: lodo de mora; Muestra 3: semilla de mora; DS: desviación estándar E.S: error estándar; Fe: Hierro; Mn: manganeso; Zn: zinc; Cu: cobre; B: boro.

Los resultados de la evaluación del contenido de macrominerales y microminerales se observan en las tablas 2 y 3 respectivamente. El residuo de fresa presentó el contenido más alto de fósforo (0,243%) y potasio (1,467%) en comparación a los residuos de mora, el cual se relaciona con alimentos como las nueces (0,593%) y salmón rosado (0,261 %) ricos en fósforo y en el caso del potasio este es significativamente mayor al contenido en aguacate (0,507%) y en acelgas (0,379%) (USDA, 2017). Además de esto, se evidencia que presentaron mayor contenido de fósforo en relación al fruto (0,024%) (USDA, 2017). En cuanto a los residuos de mora, el valor de fósforo (0,082 %) y potasio (0,607%) en el lodo, son similares a la mora (0,072%) y (0,790%) respectivamente, mientras que la semilla de mora se relaciona con el valor de potasio que presenta la cereza (0,910%) (Rios et al., 2014). El calcio es un elemento estructural importante en huesos y dientes, este se presentó mayormente en la semilla de mora (0,552%) cuyo contenido es mayor al del kumis (0,149%) y menor al del queso Gruyere (1,011%) (USDA, 2017) este

macronutriente es muy importante en la relajación de los vasos sanguíneos, la transmisión del impulso nervioso, la contracción muscular y la secreción de hormonas como la insulina (Correa et al., 2016).

El residuo de fresa (0,175%) mostró presencia de magnesio en cantidades similares a la de la avena (0,240%) (USDA, 2017). Los resultados muestran que los residuos estudiados (lodo 0,603% y semilla 0,157%) contienen mayor porcentaje de magnesio en comparación a los frutos frescos de mora (0,015%) y fresa (0,009%) (Rios et al., 2014).

La semilla de mora contiene el valor más alto de nitrógeno (2,309%) y de azufre (0,152%), seguido del lodo de mora (1,539) y residuos de fresa (1,493 %) en el caso del nitrógeno; mientras en el azufre, el lodo de mora (0,090%) y los residuos de fresa (0,094%) obtuvieron resultados muy cercanos. Todas las muestras tenían el mismo contenido de sodio (0,006%), siendo este semejante al del limón (USDA, 2017).

El contenido de hierro en el residuo de fresa (175,67 mg/kg) presentó cercanía a la semilla de mora (173,67 mg/kg), siendo mayores que valores reportados de polvo de semilla de fresa (148,8 mg / kg) (Grzelak-Błaszczyk et al., 2017) garbanzos (43,1mg/kg) y lentejas (65,1 mg/kg) (USDA, 2017). El consumo de manganeso es importante para el metabolismo de los carbohidratos, aminoácidos y colesterol. El contenido más alto de este micromineral lo obtuvo la semilla de mora (86,30 mg/kg) con similitud a las hojas de amaranto (86 mg/kg), seguido de residuo de fresa (78,69 mg/kg) y lodo de mora (43,86 mg/kg), este último comparable con la remolacha (41 mg/kg) (USDA, 2017), demostrando nuevamente que los residuos estudiados tienen valores más altos que los del fruto fresco, en este caso, mora (28,7 (mg/kg) y fresa (4,1 mg/kg)(Correa et al., 2016). El crecimiento y el desarrollo, la respuesta inmune, la función neurológica, la reproducción, y numerosos aspectos del metabolismo celular son dependientes del zinc. Los valores en la fresa y la mora son de 1,3 mg/kg y 2,0 mg/kg (Rios et al., 2014) respectivamente; esta cantidad es muy baja respecto al residuo de fresa (19,41 mg/kg), lodo de mora (19,80 mg/kg) y semilla de mora (35,67 mg/kg), los cuales se pueden comparar con el brócoli (39 mg/kg) y el repollo (19 mg/kg). (USDA, 2017). La semilla de mora corresponde a la muestra con el valor más alto de boro (55,68 mg/kg) y cobre (9,62 mg/kg). El cobre es importante para la función normal del cerebro y del sistema nervioso, algunas frutas que presentan un contenido similar son las manzanas (8 mg/kg) y las ciruelas pasas (6.1 mg/kg), estas últimas se pueden comparar con los residuos de fresa (6,97 mg/kg) y lodo de mora (5,63 mg/kg) (USDA, 2017).

4. CONCLUSIONES

Los resultados mostraron que el lodo de mora deshidratado por secado convencional presentó el contenido más alto de antioxidantes siendo este 13,28 mgTeq/g –DPPH y la semilla de mora liofilizada con un valor de 21,79mgTeq/g-FRAP.

En parámetros nutricionales, los residuos de mora y fresa no contienen gran cantidad de vitamina C, pero estos aportan contenidos más altos de minerales en comparación a las frutas frescas. Los macrominerales mayormente encontrados en las muestras fueron nitrógeno con 2,309 mg/kg, calcio 0,552 mg/kg en semilla de mora y potasio en lodo de mora con 1,467 mg/kg. El hierro fue el micromineral más sobresaliente en todas las muestras.

El mejor tratamiento de conservación fue la deshidratación por liofilización debido a que este método retuvo el color, proporcionó la mayor pérdida de contenido de humedad, permitió concentrar antioxidantes a través del tiempo y aumentó el contenido de vitamina C. Sin embargo la liofilización implica un alto costo, por ende se propone la conservación por secado convencional, como método para reducir la humedad pero no para mantener el contenido de antioxidantes y color.

El tiempo máximo de conservación de las muestras frescas es de dos semanas y para las muestras refrigeradas, tres semanas. Se recomienda que los residuos se almacenen en un tiempo máximo de cuatro semanas para garantizar dichos comportamientos y realizar un estudio más prolongado en términos de tiempo de almacenamiento con el fin de analizar el comportamiento de los residuos y determinar su tiempo máximo de conservación.

Los residuos pueden ser utilizados como materia prima para la elaboración de nuevos productos en industrias farmacéuticas, cosméticas y/o alimenticias, debido a su gran contenido en minerales y antioxidantes siendo estos beneficiosos para la salud.

5. BIBLIOGRAFIA

AOAC International. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. Method 943.02. The Association, Arlington, VA.

AOAC International. 1995. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. Method 942.15. The Association, Arlington, VA.

Benzie, I. F., & Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry* 239, 70-76.

Benito, P; Calvo, S; Iglesias, C y Gómez, C. (2014). Alimentación y nutrición en la vida activa: Ejercicio físico y deporte. Recuperado de: <https://books.google.com.co/books?id=MiiEAWAAQBAJ&pg=PT188&dq=flavonoid>

e&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi0tqa5r_7YAhWD7VMKHZk-D9gQ6AEIJTAA#v=onepage&q=flavonoide&f=false

Bernal de Ramírez, I (1998). *Análisis de alimentos* (tercera ed). Bogotá, Colombia: Guadalupe LTDA.

Bowen-Forbes, C., Zhang, Y., & Nair, M. (2010). Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(6), 554–560.

Capocasa, F., Scalzo, J., Mezzetti, B., & Battino, M. (2008). Combining quality and antioxidant attributes in the strawberry: The role of genotype. *Food Chemistry*, 111(4), 872–878.

Coklar, H., & Akbulut, M. (2017). Anthocyanins and phenolic compounds of Mahonia aquifolium berries and their contributions to antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 35, 166–174.

Correa, C., Da Silva, E., De Souza, A., Vieira, M., Riveiro, A., & Cadore, S. (2016). Evaluation of the bioaccessibility of minerals from blackberries, raspberries, blueberries and strawberries. *Journal of Food Composition and Analysis*. <https://doi.org/10.1016/J.JFCA.2016.12.001>

Da Fonseca, A., Pasquel, J., Fernández, G., & Martínez, J. (2015). Pressurized liquid extraction of bioactive compounds from blackberry (*Rubus fruticosus* L.) residues: a comparison with conventional methods. *FRIN*, 77, 675–683. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.12.042>

Da Silva, L., Figueiredo, E., Pontes, N., Pinto, I., Figueiredo Raimundo, Montenegro, I., & Gomes, C. (2014). Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, 143, 398–404. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2013.08.001>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). (2013). Boletín mensual INSUMOS Y FACTORES ASOCIADOS A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA. *Boletín Mensual Insumos Y Factores Asociados a La Producción Agropecuaria.*, 17, 1–64. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf

Fernández, R., Gordillo, B., Rodríguez, F., González, L., Del Villar, A., Davila, G., & Heredia, F. (2015). Assessment of the differences in the phenolic composition and color characteristics of new strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars by HPLC–MS and Imaging Tristimulus Colorimetry. *Food Research International*, 76,

645–653.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). FAOSTAT. Retrieved August 20, 2017, from <http://www.fao.org/home/en/>

Gasparrini, M., Forbes, T., Giampieri, F., Afrin, S., Alvarez, J., Mazzoni, L., ... Battino, M. (2017). Anti-inflammatory effect of strawberry extract against LPS-induced stress in RAW 264.7 macrophages. *Food and Chemical Toxicology*, *102*, 1–10.

Gil, A. (2010). Tratado de nutrición. Recuperado de: <https://books.google.com.co/books?id=hcwBJ0FNvqYC&pg=PT424&dq=bioactivos&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiHqPLDsf7YAhUDt1MKHfTSBKAQ6AEIKTAB#v=onepage&q=bioactivos&f=false>

Grzelak-Błaszczak, K., Karlinska, E., Grzeda, K., Rój, E., & Kołodziejczyk, K. (2017). Defatted strawberry seeds as a source of phenolics, dietary fiber and minerals. *Food Science and Technology*, *84*, 18–22.

Holzwarth, M., Korhummel, S., Carle, R., & Kammerer, D. R. (2012). Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on color, polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.). *FRIN*, *48*, 241–248. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.04.004>

Horvitz, S., Chanaguano, D., & Arozarena, I. (2017). Andean blackberries (*Rubus glaucus* Benth) quality as affected by harvest maturity and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, *226*, 293–301.

Jongen, W. (2005). Pathogens in fruit. In *Improving the Safety of Fresh Fruit and Vegetables* (pp. 44–88). Washington D.C: Elsevier.

Kuskoski, M., Asuero, A., Troncoso, A., Mancini-filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, *25*(4), 726–732.

Lao, F., & Giusti, M. (2017). The effect of pigment matrix, temperature and amount of carrier on the yield and final color properties of spray dried purple corn (*Zea mays* L.) cob anthocyanin powders. *Food Chemistry*, *227*, 376–382.

Michalska, A., Wojdylo, A., Lech, K., Lysiak, G., & Figiel, A. (2017). Effect of different drying techniques on physical properties, total polyphenols and antioxidant capacity of blackcurrant pomace powders. *LWT - Food Science and Technology*, *78*, 114–121.

Mokrani, A., & Madani, K. (2016). Effect of solvent, time and temperature on the

extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity of peach (*Prunus persica* L.) fruit. *Separation and Purification Technology*, 162, 68–76. <https://doi.org/10.1016/J.SEPPUR.2016.01.043>

Molina, P. (2011). *EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS NUTRICIONALES Y MICROBIOLOGICAS DE LA PAPAYA (Carica papaya L.) DESHIDRATADA CON LA LEVADURA*. Retrieved from <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/11792/MolinaVargasPaola2011.pdf;jsessionid=977D4620DDB28DF707E46D7C43893E77?sequence=1>

Obenland, D., Collin, S., Mackey, B., Sievert, J., & Arpaia, M. L. (2011). Storage temperature and time influences sensory quality of mandarins by altering soluble solids, acidity and aroma volatile composition. *Postharvest Biology and Technology*, 59(2), 187–193.

Octavia, L., & Sim, W. (2017). Folate, ascorbic acid, anthocyanin and colour changes in strawberry (*Fragaria × annanasa*) during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology*, 86, 652–659.

Phillips, K., Council, M., McGint, R., Rasor, A., & Tarrago, M. (2016). Stability of vitamin C in fruit and vegetable homogenates stored at different temperatures. *Journal of Food Composition and Analysis*, 45, 147–162.

Piljac-Zegarac, J., & Samec, D. (2011). Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures. *Food Research International*, 44(1), 345–350.

Ramirez, j. (2006). Liofilización de alimentos. Recuperado de: <https://books.google.com/books?id=hNCKTLfmPI4C&pg=PA2&dq=liofilizacion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjEzN2Asf7YAhWSulMKHesHAscQ6AEIJTAA#v=onepage&q=liofilizacion&f=false>

Reque, P., Steffens, R., Martins da Silva, A., Jablonski, A., Flores, S., Rios, A., Vogt de Jong, E. (2014). Characterization of blueberry fruits (*Vaccinium* spp.) and derived products. *Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 34(4), 773–779.

Rios, V., Pimenta, P., Teodoro, T., De Oliveira, L., Pio, R., & Queiroz, F. (2014). Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits. *Food Chemistry*, 156, 362–368.

Rozek, A., Garcia, J., Lopez, F., Guell, C., & Ferrando, M. (2010). Infusion of grape phenolics into fruits and vegetables by osmotic treatment: Phenolic stability during air drying. *Journal of Food Engineering*, 99(2), 142–150.

Serrano, M., Umaña, G., & Sáenz, M. (2011). Fisiología poscosecha, composición química y capacidad antioxidante de frutas de Pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) cv. Tuirá Darién cosechadas a tres diferentes edades. *Agronomía Costarricense*, 35(ISSN: 0377-9424), 1–13.

Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects – A review. *Journal of Functional Foods*, 18, 820–897.

Sing de Ugaz, O. (1997). Colorantes naturales. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=LjmH_3qjaEIC&pg=PA103&dq=antocianinas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjm4azWr_7YAhXP0FMKHfQdDK4Q6AEILDAB#v=onepage&q=antocianinas&f=false

Taiz, L. y Zeiger, E. (2006). Fisiología vegetal. Recuperado de: https://books.google.com.co/books?id=7QIbYgOC5AC&pg=PA551&dq=antocianinas&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjm4azWr_7YAhXP0FMKHfQdDK4Q6AEIJTAA#v=onepage&q=antocianinas&f=false

United States Department of Agriculture (USDA). (2017). Food Composition Databases Show Foods List. Retrieved August 18, 2017, from <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list>

Van, F., Grace, M., Esposito, D., Pirovani, M., & Ann, M. (2016). Quantitative comparison of phytochemical profile, antioxidant, and anti-inflammatory properties of blackberry fruits adapted to Argentina. *Journal of Food Composition and Analysis*, 47, 82–91.

Wang, L., Hung, Y.-T., Lo, H., & Yapijakis, C. (2004). *Tratamiento de los residuos de la industria de procesamiento de alimentos*. (Acribia S.A, Ed.) (2008th ed.). Zaragoza, España: 2004.

Wang, Z., Zhang, M., & Wu, Q. (2015). Effects of temperature, pH, and sunlight exposure on the color stability of strawberry juice during processing and storage. *LWT - Food Science and Technology*, 60(2), 1174–1178.

Wu, R., Frei, B., Kennedy, J., & Zhao, Y. (2010). Effects of refrigerated storage and processing technologies on the bioactive compounds and antioxidant capacities of “Marion” and “Evergreen” blackberries. *LWT - Food Science and Technology*, 43(8), 1253–1264.

Yamashita, C., Song, M., Dos Santos, C., Robert, C., Mayer, M., Freitas, I., & Guilherme, I. (2017). Microencapsulation of an anthocyanin-rich blackberry (*Rubus* spp.) by-product extract by freeze-drying. *LWT - Food Science and Technology*, 84, 256–262.

Yang, J. W., & Choi, I. S. (2016). Comparison of the phenolic composition and antioxidant activity of Korean black raspberry, Bokbunja, (*Rubus coreanus* Miquel) with those of six other berries. *CyTA - Journal of Food*, 15(1), 1–8. <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1219390>

Zaa, C., Valdivia, M., & Marcelo, Á. (2012). Efecto antiinflamatorio y antioxidante del extracto hidroalcohólico de *Petiveria alliacea*. *Revista Peruana de Biología*, 19(3), 329–334.

Zielinski, A. A. F., Goltz, C., Yamato, M. A. C., Ávila, S., Hirooka, E. Y., Wosiacki, G., ... Demiate, I. M. (2015). Blackberry (*Rubus* spp.): influence of ripening and processing on levels of phenolic compounds and antioxidant activity of the “Brazos” and “Tupy” varieties grown in Brazil. *Food Technology*, 45(4), 744–749.