



**UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE BIOLOGÍA**

**CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA Y
FISICOQUÍMICA DEL COCO (*Cocos nucifera* L.)
UTILIZADO COMO MATERIA PRIMA EN LA
FABRICACIÓN DE COCO RALLADO DESHIDRATADO**

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

Presentado ante la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por la bachiller Oriana Estefanía Cárdenas González como requisito parcial para optar al título de Licenciado en Biología.

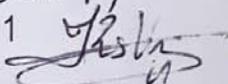
Tutora: MSc. Naysda Frágenas

CARACAS, VENEZUELA
MAYO - 2018

ACTA

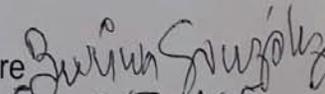
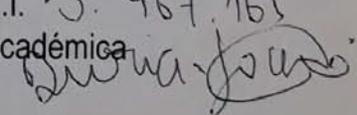
Nosotros, los abajo firmantes, designados por el Consejo de la Escuela de Biología, de la Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela (UCV), para examinar el Trabajo Especial de Grado (T.E.G.) presentado por la Br. Oriana Estefanía Cárdenas González, C.I. 24387224, intitulado "**Caracterización microbiológica y fisicoquímica del coco (*Cocos nucifera* L.) utilizado como materia prima en la fabricación de coco rallado deshidratado**", para optar al título de Licenciado en Biología, consideramos que dicho trabajo cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Central de Venezuela y, por lo tanto, lo declaramos aprobado con una calificación de veinte (20) puntos.

Caracas, a los 23 días del mes de mayo de 2018.

Nombre ROSAURA ISTURIZ
C.I. 5265044
Jurado Principal 1 


Nombre Inai Emeraldi P.
C.I. 5.432.749
Jurado Principal 2

Nombre: NAYELSI FRIGENAS
C.I. 6148881
Tutora Natholie Frigenas

Nombre 
C.I. 5.967.165
Asesora Académica 

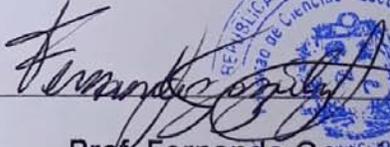


Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ciencias
Escuela de Biología
Dirección

CONSTANCIA

El Consejo de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Venezuela, certifica que a través de una consulta de fecha 28/05/2018, los miembros del Consejo de la Escuela de Biología acordó otorgar la **Mención Honorífica** al Trabajo Especial de Grado de la bachiller, **Cárdenas G., Oriana E.**, titular de la cédula de identidad No. 24.387.224; titulado: "**Caracterización microbiológica y fisicoquímica del coco (*Cocos nucifera L.*) Utilizado como materia prima en la fabricación de coco rallado deshidratado**"; considerando la originalidad, independencia y creatividad en la elaboración del mismo, así como la sobresaliente calidad del trabajo escrito y la presentación oral.

Constancia que se expide a petición de la parte interesada a los ocho días del mes de junio del año dos mil dieciocho.


Prof. Fernando González
Director (E)



FG/mb.-

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, mi mamá Ángela y mi papá Miltón por apoyarme siempre durante toda mi carrera e impulsarme a completarla, a mi tutora Nathalie por orientarme y confiar en mí, a la profesora Zurima por ser tan atenta conmigo durante todo mi proceso en este trabajo de investigación, y a mis amigas Herimar, Cassandra y Teresa por siempre ayudarme a lograr este objetivo. A mi universidad por ser el lugar donde me forme para ser la mejor profesional que puedo ser.

RESUMEN

La palma de coco (*Cocos nucifera* L.) es considerada de gran importancia debido a su gran valor como planta de uso múltiple. Dentro de los productos derivados del fruto del cocotero se destacan la copra, la nuez, las fibras y el agua, así como los diferentes subproductos que se derivan de ellos, que son utilizados como materia prima en las industrias alimentaria y otras. La nuez del coco se destina para la extracción del endospermo fresco, o la pulpa de coco, para obtener el coco rallado y deshidratado utilizado como materia prima para la fabricación de alimentos y otros productos. La composición de esta materia prima es muy variable y puede depender, entre otros factores, del grado de maduración y desarrollo del fruto, y de las condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa en que se almacena. En este trabajo se determinaron algunos componentes microbiológicos y fisicoquímicos que describen la pulpa de coco como materia prima para la fabricación de coco rallado deshidratado, esto con el objetivo de determinar si existe alguna relación entre estas características y el grado de descomposición del coco almacenado previo al proceso productivo. La pulpa de coco presentó elevados recuentos de placas aeróbicas, coliformes totales y mohos y levaduras, estos recuentos aumentaron a lo largo del periodo de almacenamiento significativamente. Los componentes fisicoquímicos también presentaron variaciones en el lote examinado, sin embargo, sólo la acidez de la pulpa de coco presentó variaciones significativas en el tiempo. Se determinó una correlación significativa entre los recuentos de bacterias aerobias mesófilas y mohos y levaduras y el porcentaje de acidez obtenido. Aparentemente, la condición de la nuez, el tipo de manejo y las condiciones de

almacenamiento pueden determinar si los microorganismos penetrarán o no en la nuez del coco y contaminarán la pulpa generando deterioro de la calidad del producto.

Palabras claves: Acidez Titulable, Bacterias Aerobias Mesófilas, Almacenamiento, Coco rallado, Coliformes Totales, Deshidratado, Grado de Descomposición, Humedad, Levaduras, Mohos, pH, Pulpa de Coco.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	I
ÍNDICE	III
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE FIGURAS	V
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	4
1. GENERALIDADES DEL COCOTERO.....	4
1.1. Origen y distribución.....	4
1.2. Clasificación y características botánicas.....	4
1.3. Requerimientos ambientales.....	7
1.4. Contenido nutricional.....	8
1.5. Microbiología del coco.....	9
2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN DE COCOTERO EN VENEZUELA.....	11
2.1. Principales productos comerciales derivados del cocotero.....	11
2.2. Producción de copra.....	13
2.3. Actividad económica.....	13
3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE COCO RALLADO DESHIDRATADO.....	14
3.1. Coco deshidratado.....	14
3.2. Deshidratación.....	14
3.3. Descripción general del proceso productivo.....	15
4. ANTECEDENTES A LA INVESTIGACIÓN.....	21
III. OBJETIVOS	23
1. Objetivo General.....	23
2. Objetivos Específicos.....	23
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	24
1. Lugar de trabajo.....	24
2. Muestras.....	24
3. Diseño de muestreo.....	26
3.1. Muestreo para determinar las características microbiológicas y fisicoquímicas del coco.....	26

4.	Metodología de análisis.....	29
4.1.	Condiciones ambientales del almacenamiento	29
4.2.	Preparación de las muestras	29
4.3.	Pruebas microbiológicas.....	31
4.4.	Pruebas fisicoquímicas	33
5.	Análisis estadísticos.....	38
V.	RESULTADOS	41
1.	Características ambientales del área de almacenamiento	41
2.	Análisis microbiológico.....	42
3.	Análisis fisicoquímicos.....	45
4.	Relación entre parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.....	51
VI.	DISCUSIÓN.....	53
1.	Análisis microbiológico de la pulpa de coco	54
2.	Análisis fisicoquímico de la pulpa de coco.....	58
2.1.	pH.....	58
2.2.	Acidez	61
2.3.	Humedad.....	62
3.	Relación entre parámetros microbiológicos y fisicoquímicos.....	64
4.	Efecto de las condiciones de almacenamiento.....	67
VII.	CONCLUSIONES	70
VIII.	RECOMENDACIONES	72
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	74
	ANEXOS.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Contenido nutricional de la copra tierna y copra madura para 100 g de producto..	8
Tabla 2. Análisis microbiológico de la pulpa de coco.....	43
Tabla 3. Análisis sensorial de las muestras de pulpa de coco durante el almacenamiento	46
Tabla 4. Prueba de normalidad de los componentes fisicoquímicos de la pulpa de COCO.....	50
Tabla 5. Parámetros de las rectas de mejor ajuste de los componentes de la pulpa de coco en función del tiempo de almacenamiento	51
Tabla 6. Prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon.	52
Tabla 7. Análisis fisicoquímico de la pulpa de coco en almacenamiento a 17,6°C durante 21 días.....	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del proceso productivo de fabricación de coco rallado deshidratado. MP: materia prima, PT: producto terminado. Extraído de Procesadora de Alimentos Santa Ana, 2016.....	17
Figura 2. Cocos secos.....	25
Figura 3. Zona de recepción de materia prima.	27
Figura 4. Esquema del diseño de muestreo aleatorio.	28
Figura 5. Termohigrómetro digital (rango -40-70°C).	29
Figura 6. Licuadora Waring Commercial One-Gallon 3.75 HP Food Blender utilizada para homogenizar las muestras de pulpa de coco.	30
Figura 7. Muestras de coco seco pelado en bolsas estériles de polietileno.	31

Figura 8. Diluciones seriadas.....	32
Figura 9. pHmetro digital.....	34
Figura 10. A) Equipo de titulación. B) Viraje de coloración de la muestra a color rosa al alcanzar el punto final de la titulación.	36
Figura 11. Determinación de humedad en estufa de aire forzado.....	37
Figura 12. Temperatura del área de almacenamiento de materia prima durante el periodo de muestreo (marzo-abril 2018). MP = Materia prima.....	41
Figura 13. Porcentaje de humedad relativa del área de almacenamiento de materia prima durante el periodo de muestreo (marzo-abril 2018). MP = Materia prima.....	42
Figura 14. Valores promedio de crecimiento microbiano en la pulpa de coco, en función del tiempo de almacenamiento a una temperatura promedio de 17,6°C y humedad relativa promedio de 61,7%.	45
Figura 15. pH de la pulpa de coco en función del tiempo de almacenamiento a una temperatura promedio de 17,6°C y humedad relativa promedio de 61,7%.	47
Figura 16. Porcentaje de acidez de la pulpa de coco en función del tiempo de almacenamiento a una temperatura promedio de 17,6°C y humedad relativa promedio de 61,7%.	48
Figura 17. Porcentaje de humedad de la pulpa de coco en función del tiempo de almacenamiento a una temperatura promedio de 17,6°C y humedad relativa promedio de 61,7%.	49
Figura 18. Pruebas microbiológicas: A) Agar nutritivo, B) Agar MacConkey, C) Agar extracto de levadura de la muestra No. 13 de pulpa de coco del día 21 de muestreo.	79

I. INTRODUCCIÓN

El cocotero (*Cocos nucifera* L.) es la especie de palma de mayor importancia económica en los trópicos húmedos, cubre más de 11 millones de hectáreas distribuidas en 92 países, de los que destacan Filipinas, Indonesia y la India (Gutiérrez, 2013). La especie pertenece a la familia Palmae (sinónimo Arecaceae); de esta palma se obtienen una gran cantidad de productos para consumo directo, así como para derivados artesanales y agroindustriales con diferentes fines (Gutiérrez, 2013).

El mismo autor señala que en Venezuela los principales estados productores de coco y copra de coco son Sucre y Falcón con un 85% de la superficie cultivada, seguidos de Zulia, Miranda, Delta Amacuro, Yaracuy y Carabobo. El sistema de producción predominante es el monocultivo a tempero, con excepción de las plantaciones que se encuentran en las márgenes del sistema de riego Rio Tocuyo en el estado Falcón.

Así mismo señala que, actualmente existen 92 países productores de cocotero según la FAOSTAT (2012), en el año 2011 se cosecharon 11.715.502 hectáreas, destacándose los países de Filipinas, Indonesia y la India, donde se cosechó el 72,08% de la superficie total de cocotero.

La producción total de coco en el año 2011 fue de 62.451.505 toneladas. Entre los nueve países de mayor producción, los más destacados Indonesia, Filipinas e India suman una producción del 75,21%. Respecto a la producción en América Latina, Brasil y México son los países que sobresalen con una participación de 4,33% y 1,57%, respectivamente, ubicándose en el cuarto y octavo lugar a escala mundial. Por su parte, la producción en Venezuela apenas representa el 0,17% del total mundial (Gutiérrez, 2013).

En los últimos años la industria de los productos derivados del coco ha presentado una demanda significativa, por su calidad y sus características orgánicas, libre de contaminantes químicos. Dentro de los derivados del coco se destacan la copra, las fibras y el agua, así como los diferentes subproductos que se derivan de ellos, pues son utilizados como materia prima en las industrias alimenticias y no alimenticias (Gutiérrez, 2013). Así mismo, indica que la demanda de los productos derivados del coco tiene como principal mercado internacional los países de Estados Unidos, la Unión Europea, China, Canadá y Japón.

La producción de cocotero en Venezuela presenta una serie de limitaciones que van desde un manejo agronómico deficiente, debilidades en el mercado y organización de los actores involucrados en el circuito, el escaso aprovechamiento de los productos y subproductos, así como algunas restricciones agroecológicas que conllevan a una disminución significativa de la producción y productividad de la superficie cosechada en los últimos tiempos (Gutiérrez, 2013).

En la empresa Procesadora de Alimentos Santa Ana se pretende caracterizar el coco pelado seco como materia prima, con el fin de determinar cuáles son los componentes fisicoquímicos del producto que permiten ser medidos en campo y pueden estar relacionados con la carga microbiana que presente la pulpa de coco utilizada para la fabricación de coco rallado desecado.

Además, se dispone de poca información sobre el uso de los productos y subproductos del coco en la agroindustria y específicamente sobre el proceso de fabricación de coco rallado deshidratado en Venezuela y América Latina, debido a que el principal mercado de producción se encuentra en los países asiáticos, de allí la importancia de proponer el siguiente proyecto de investigación, con el que se pretende contribuir al conocimiento existente sobre el proceso de deshidratado de coco rallado, específicamente sobre el manejo, uso y almacenamiento del coco como materia prima en dicho proceso, el cual tiene gran importancia como subproducto utilizado en la industria de alimentos y por su uso artesanal.

II. ANTECEDENTES

1. GENERALIDADES DEL COCOTERO

1.1. Origen y distribución

La palabra coco proviene del portugués “cocu” con referencia al fruto, que sugiere una cara de mono (McCurrach, 1970; Granados y López, 2002). Se cree que el cocotero original fue de gran talla y con cocos de gruesa corteza. Las variedades más productivas de porte enano, con frutos grandes y jugosos, serían el resultado de la selección humana (Gibbons, 1996; Granados y López, 2002).

Se considera originario de la región Indo-Pacífico, se cree que de esta región se diseminó a las áreas costeras de clima cálido húmedo, desde donde se adentró a los continentes (Domínguez *et. al.*, 1999; García y Guerrero, 2003). La palma del coco se distribuye en regiones tropicales y subtropicales de Asia, África, el Caribe y América del Sur (Granados y López, 2002).

1.2. Clasificación y características botánicas

Granados y López (2002), indican que *Cocos nucifera* L. es una especie de palmera que pertenece a la familia Palmae (sinónimo Arecaceae). Su número cromosómico es $2n = 32$. Es una planta monopódica que mide de 12 a 25 m de alto.

1.2.1. Cultivares

Desde el punto de vista botánico, se recomienda una clasificación práctica en la que todas las variedades y formas se reducen a dos grupos principales: Cocotero alto de polinización cruzada (*Alógamas*) y cocotero bajo (*Autógamas*) (Gutiérrez, 2013). Así mismo, en las siembras comerciales en Venezuela, se pueden encontrar principalmente dos cultivares:

1.2.1.1. Cocotero típico

También denominado cocotero criollo, alto o gigante. Son plantas con un estípote de hasta 30 m, alógamas, con ciclo de vida de entre 80 a 100 años. La primera cosecha se realiza entre los 5 y 7 años después del trasplante, el rendimiento es de 4 a 30 frutos/racimo y una producción anual de 80 a 100 frutos/planta. Se pueden diferenciar dos variedades: el alto criollo, es una planta con tallo delgado, flexible y diámetro uniforme, con frutos de forma alargada, con el endocarpio ubicado hacia la parte basal. Es la variedad más cultivada en Venezuela, el producto cosechado se destina principalmente para la producción de copra y la elaboración de aceite, y en segundo lugar para el consumo del agua de coco. La otra variedad es el alto de Panamá, es una planta más vigorosa, con tallo engrosado en la base, robusto y menos flexible, frutos más redondeados y el endocarpio ubicado hacia el centro, el uso del producto cosechado es similar al del alto criollo (Gutiérrez, 2013).

1.2.1.2. Cocotero enano

También denominado cocotero enano malayo, enano dorado o precoz. Son plantas más precoces que el cultivar criollo, autógamas, inician la producción de racimos a los 3 años, y su ciclo de vida productivo es de aproximadamente 50 años, el rendimiento es de 6 a 40 frutos/racimo, y de 150 a 200 nueces por año. Dentro de este cultivar se distinguen tres tipos según la coloración de la inflorescencia y el fruto: amarillo, verde y rojo o dorado (Castillo *et al.*, 2003; Gutiérrez, 2013).

1.2.2. Aspectos botánicos y morfológicos

El sistema radicular del cocotero es de tipo fasciculado. Las raíces activas se localizan a un radio de 2 m del tronco y a una profundidad de 0,2 a 0,8 m. El tallo del cocotero es de tipo estípite, o tallos alargados no ramificados, característico de las palmeras. La inflorescencia es la única ramificación del tallo. El tronco no posee tejido meristemático por lo que no es grueso (Lizano, 2001).

Lizano (2001), señala que la hoja del cocotero es de tipo pinnada y está formada por un pecíolo que casi circunda el tronco, y continua con un raquis del cual se desprenden de 200 a 300 folíolos. El largo de la hoja puede alcanzar los 6 metros y disminuye al aumentar la edad de la planta.

El fruto del cocotero es una drupa, formado por un exocarpio o epidermis lisa, que es la cáscara exterior, un mesocarpio espeso, también llamado bonote o estopa, del cual se

extrae la fibra de coco. Hacia el interior se encuentra el endocarpio que corresponde a la cáscara interior, es una capa fina y dura de color marrón también llamada hueso o concha, envuelto por este se encuentra la copra o el albumen sólido, que es la pulpa seca del coco, que forma una cavidad grande donde se encuentra el endospermo fresco o albumen sólido, también conocido como carne o pulpa de coco, y el endospermo líquido o albumen líquido, también conocido como agua de coco. El embrión se encuentra próximo a dos orificios del endocarpio, envuelto por el albumen sólido (Lizano, 2001).

1.3. Requerimientos ambientales

El cocotero es una planta establecida en regiones tropicales y subtropicales, los más importantes centros de cultivo y producción de cocotero se encuentran entre latitudes de 24º LN y 23º LS desde el ecuador, el rango óptimo de elevación en que se desarrolla está entre los 0 a 400 m.s.n.m. Es una planta de zonas costeras, pero se han establecido plantaciones hasta una distancia de 320 km del mar; es una planta de metabolismo fotosintético C3 (Ruiz, 1999; Gutiérrez, 2013).

El cocotero requiere un clima cálido, sin grandes variaciones de temperatura, demandando una temperatura media diaria de 27ºC con variaciones de 5 a 7ºC. La humedad atmosférica debe ser mayor a 60%, una humedad baja o excesiva es nociva para la planta. El régimen de precipitación pluvial ideal se caracteriza por una precipitación anual promedio de 1500 mm, con precipitación mensual mayor a 130 mm (Lizano, 2001).

Indica el mismo autor que, el cocotero es una planta heliófila, por lo tanto, no permite sombreado, o protección contra insolación directa. Una insolación de 2000 horas anuales, con un mínimo de 120 horas mensuales, es considerada ideal para el cultivo.

Los suelos aptos para el cultivo del cocotero son aquellos con texturas livianas, de suelos francos a arenosos, aluviales, profundos (más de 1 m), con una capa freática superficial de 1 a 2 m de profundidad, los suelos de la planicie costera presentan estas características. El cocotero se adapta bien a los suelos donde la capa freática es salina (Lizano, 2001).

1.4. Contenido nutricional

Se ha reportado que el agua de coco tierno, posee nutrientes y propiedades medicinales, además de tener un contenido bacteriológico menor al de otras aguas derivadas de frutos de este tipo. El contenido nutricional de la copra, o carne de coco, tierna y madura se reporta para cada 100 g de producto en la Tabla 1, considerando el alto contenido de lípidos que contiene la copra madura respecto a la copra tierna (Lizano, 2001).

Tabla 1. Contenido nutricional de la copra tierna y copra madura para 100 g de producto. Tomado de Lizano, 2001.

Composición	Contenido	
	Copra tierna	Copra madura
Agua	80,6 g	51,9 g
Lípidos	5,5 g	26,1 g
Carbohidratos	11,0 g	15,1 g
Cenizas	0,6 g	0,9 g
Fibra	0,9 g	2,1 g
Calcio	10,0 g	32,0 mg
Fósforo	54,0 g	96,0 mg
Hierro	0,7 g	1,5 mg
Tiamina	0,07 g	0,04 mg
Riboflavina	0,04 g	0,03 mg

Niacina	0,9 g	0,4 mg
Vitamina C	4,0 g	3,0 mg
Energía	96,0 kcal	293,0 kcal

1.5. Microbiología del coco

La nuez de los cocos contiene grandes poblaciones de diversos tipos microbianos. Predominando los géneros y familias *Acinetobacter*, Enterobacteriaceae, *Flavobacterium*, *Microbacterium*, especies de *Micrococcus* y levaduras y mohos. Las carnes o el agua que son removidas asépticamente de cocos intactos de alta calidad contienen pocos microorganismos (Kajs *et al.*, 1976).

En su trabajo Kajs *et al.* (1976), encontraron que la vida útil de los productos derivados del coco a temperatura ambiente es muy limitada debido a las actividades microbianas. La superficie de la nuez de cocos descascarillados contenía grandes cantidades de bacterias, levaduras y mohos viables. Los recuentos de placas aeróbicas variaron entre 8×10^5 y 2.2×10^{10} por coco. Las nueces con altos recuentos de *E. coli* también presentaron recuentos elevados de placas aeróbicas, coliformes, coliformes fecales y levaduras y mohos. Ni los estafilococos coagulasa positivos (<300 por coco) ni *Salmonella* (<4 por coco) fueron una parte importante de la flora microbiana de la nuez del coco. Además, existen variaciones en los tipos bacterianos y la distribución de estas cepas entre los frutos secos del mismo lote y en nueces de diferentes países.

1.5.1. Microorganismos indicadores de alteración y de calidad higiénica en alimentos

1.5.1.1. Bacterias mesófilas aerobias

Dentro de este grupo se incluyen todas las bacterias capaces de desarrollarse a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ en las condiciones establecidas. En este recuento se estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos, refleja la calidad sanitaria de un alimento, las condiciones de manipulación y las condiciones higiénicas de la materia prima (Campuzano *et al.*, 2015).

1.5.1.2. Coliformes totales

Bacilos Gram negativos, no esporulados, aerobios o anaerobios facultativos, fermentan la lactosa a $35 \pm 2^\circ\text{C}$ con la producción de ácido y gas, catalasa positiva, móviles en su mayoría por medio de flagelos peritricos. Tienen gran importancia como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de animales homeotermos, pero también están ampliamente distribuidas en la naturaleza en el suelo, semillas y vegetales (Campuzano *et al.*, 2015).

1.5.1.3. Mohos y levaduras

La mayoría de estos hongos son organismos aeróbicos, aunque existen algunas especies facultativas. Su nutrición es heterótrofa, adquieren energía de compuestos orgánicos del suelo y del agua. Las levaduras son hongos unicelulares de forma esférica,

alargada y ovalada, presentan diferentes colores: blanco, rosado, beige o rojo. Su tamaño oscila entre 2,5 – 10 micrómetros de ancho y 4,5 – 21 micrómetros de largo. Son microorganismos anaerobios facultativos (Campuzano *et al.*, 2015).

Estos microorganismos se pueden encontrar ampliamente distribuidos en la naturaleza, formando parte de la microflora de los alimentos o como agentes contaminantes de estos. Algunas levaduras pueden alterar la composición de los alimentos causando su deterioro debido a la utilización de carbohidratos, ácidos orgánicos, proteínas y lípidos, generando olor desagradable y alterando el sabor y color de la superficie de los productos contaminados, además estas permiten el crecimiento de bacterias patógenas (Campuzano *et al.*, 2015).

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PRODUCCIÓN DE COCOTERO EN VENEZUELA

2.1. Principales productos comerciales derivados del cocotero

2.2.1. Copra

El principal producto comercial que se obtiene del fruto del coco es la copra, o pulpa seca del coco, en Venezuela se comercializa a través de intermediarios, quienes son los encargados de la distribución en los principales mercados de los estados Aragua, Carabobo, Yaracuy, Lara y Zulia, regiones donde se encuentran la mayoría de las fábricas procesadoras de grasas vegetales del país. Los intermediarios son actores que tienen

mayor influencia en la comercialización del producto con la agroindustria (Gutiérrez, 2013).

Señala el mismo autor que, desde el punto de vista agroproductivo, existen dos modalidades: productores copreros y los intermediarios, los primeros son los dueños de las parcelas que realizan las actividades primarias de producción; mientras que los segundos son los que compran el coco para obtener la copra o la adquieren ya procesada.

2.2.2. Nuez del coco

Según Gutiérrez (2013), la nuez del coco o coco pelado, se destina principalmente para la extracción del endospermo fresco para obtener el coco rallado y deshidratado, esta es la materia prima para la fabricación de alimentos y otros confites. Actualmente, este producto representa una de las pocas alternativas que tienen los productores para la comercialización del fruto, ya que la agroindustria aceitera nacional no comercializa con la copra, debido a que la grasa vegetal del coco y la palma aceitera son importados de otros países productores.

2.2.3. Coco rallado y deshidratado

Este producto se obtiene del endospermo fresco y sólido del fruto, se utiliza como materia prima en la elaboración de confites, entre otros, en muchos países productores el coco rallado y deshidratado es de gran importancia socioeconómica. En Venezuela no es un producto muy conocido comercialmente a gran escala, ya que se limita al ámbito doméstico, y en algunos casos se fabrica, pero de manera artesanal (Gutiérrez, 2013).

2.2. Producción de copra

La copra es el producto más importante del cocotero, cuando la finalidad de la plantación es la producción de coco rallado, deshidratado o copra para extracción de aceite, los cocos se cosechan cuando caen al suelo o cuando uno de los cocos de un racimo está seco. Estos cocos han permanecido en la planta 12 meses y el contenido de copra es el máximo posible, sin embargo, el agua es de mala calidad para consumo humano por el sabor picante que posee (Lizano, 2001).

En la mayoría de los casos, los productores se limitan a recoger el fruto caído de la planta, pero si esta actividad no se realiza periódicamente, la nuez germina y la cantidad de copra se reduce debido a que el haustorio o manzana comienza a consumirla, por lo anterior, lo recomendable es bajar los cocos que hayan alcanzado su madurez fisiológica (Lizano, 2001).

2.3. Actividad económica

De acuerdo a Gutiérrez (2011), en el VII Censo Agrícola realizado por el Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT) en 2008, en Venezuela existían 14.379,77 hectáreas sembradas de cocotero, destacándose los estados Sucre y Falcón con el 45,70% y 38,89%, respectivamente, siguiendo en orden descendente los estados Zulia, Delta Amacuro, Yaracuy, Miranda, Mérida, Monagas y Carabobo. Sólo en el estado Falcón,

según el censo realizado por la Secretaría de Desarrollo Agrícola en 2008, existían 8.999,2 hectáreas sembradas de coco.

El mismo autor expone que en el país existen 1.886 unidades de producción (UP) y 1.817 productores (P), es decir, una proporción de 1,04, esto indica que la relación UP/P prácticamente es 1:1, es decir, que en Venezuela lo común es una parcela por productor. La mayoría de las parcelas son de pequeña extensión, menos de 10 hectáreas, y se práctica una agricultura de pocos insumos y un bajo nivel tecnológico.

3. PROCESO DE FABRICACIÓN DE COCO RALLADO DESHIDRATADO

3.1. Coco deshidratado

El coco deshidratado o desecado es el producto elaborado a partir de la almendra blanca básicamente sana obtenida del fruto entero de coco (*Cocos nucifera* L.), que haya alcanzado el desarrollo adecuado para su transformación, sin extracción de aceite, tratado de manera apropiada, que atraviese procesos tales como: descascarado, descascado, mondado, lavado, desmenuzado, secado y tamizado (Codex Stan 177, 1991).

3.2. Deshidratación

La deshidratación del coco se lleva a cabo mediante el uso de un deshidratador por aire forzado, el cual funciona con calentamiento indirecto y a gas, el deshidratador toma el aire del exterior del horno donde se coloca el coco rallado, lo filtra, lo calienta por medio de un intercambiador a la temperatura seleccionada, lo pasa a través del producto, este arrastra la humedad superficial del coco y comienza la desecación por capilaridad en

las fibras del producto. El producto se distribuye en carros porta bandejas de 70x90x180 cm, y cada carro transporta 20 bandejas de 70x90 cm. Al cumplir el tiempo de deshidratado, se apaga el horno y se extraen los carros porta bandejas para trasladarlos hacia la zona de enfriamiento donde se verifica que la humedad del coco rallado deshidratado sea menor a 5% (Procesadora de Alimentos Santa Ana, 2016).

3.3. Descripción general del proceso productivo

En la Figura 1, se presenta la descripción general del proceso productivo de fabricación de coco rallado deshidratado empleado por la empresa Procesadora de Alimentos Santa Ana (2016), el cual se describe a continuación:

3.3.1. Materia prima

Para la fabricación de coco rallado deshidratado se requieren las siguientes materias primas: a) Coco pelado seco en sacos de 60 a 100 unidades dependiendo del tamaño y disponibilidad del producto, y b) agua potable.

3.3.2. Almacenamiento de materias primas

Los sacos de coco se ubican en paletas, las cuales se almacenan posteriormente en el área de almacenamiento, para facilitar su manejo seguro y para asegurar el cumplimiento de las normas de PEPS (Primero que Entra Primero que Sale), primero que entra al inventario debe ser el primero que se emplee en el proceso de fabricación.

El agua empleada en el proceso proviene de un pozo subterráneo, la misma es tratada previamente mediante un suavizador de agua, para asegurar la reducción del contenido de sales o dureza, y de una batería de filtraje de carbón y arena para eliminar sólidos en suspensión y malos olores antes de incorporarla al proceso productivo.

3.3.3. Aprobación de materias primas

Los sacos de coco que llegan de los proveedores se ubican en la zona de recepción en paletas. Posteriormente, el departamento de calidad realiza una evaluación de parámetros y variables de la materia prima, que incluye un análisis sensorial donde se valora el tamaño y condición visual del coco.

3.3.4. Etapas

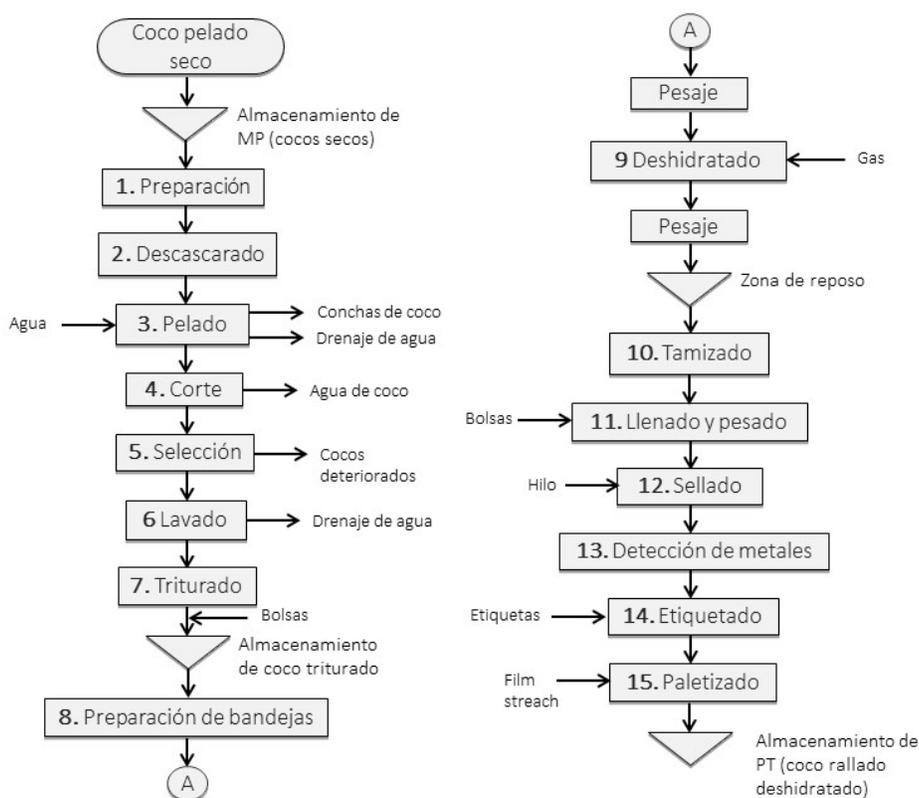


Figura 1. Diagrama del proceso productivo de fabricación de coco rallado deshidratado. MP: materia prima, PT: producto terminado. Tomado de Procesadora de Alimentos Santa Ana, 2016.

Descripción de las actividades del proceso productivo:

1. **Preparación:** se selecciona la materia prima almacenada en sacos según la orden de producción recibida del supervisor, que contiene la formulación del producto, y se adecúa al tamaño del lote que se pretende fabricar. La materia prima seleccionada se coloca en cestas plásticas y es trasladada al área de descascarado.
2. **Descascarado:** consiste en la remoción de la cáscara dura del coco, el endocarpio, después de la cual se envía el coco por una tolva hacia el transportador de banda

donde es trasladado a otro transportador de banda para que este alimente la peladora. Un operador es el encargado de tomar el coco manualmente y hacerlo pasar por el engranaje de la descascaradora. Las conchas del coco se depositan en cestas para ser trasladadas al almacén de desperdicios.

3. *Pelado*: consiste en la extracción de la cutícula o piel que recubre la pulpa o endospermo del coco.
4. *Corte*: la cortadora parte el coco por la mitad con el fin de realizar una inspección interna de las características del coco. El coco entra a través de unos canales donde un transportador lo traslada hacia unas cuchillas donde se corta por la mitad.
5. *Selección*: se seleccionan los cocos que no cumplan con los parámetros establecidos para garantizar un producto inocuo en la entrada del triturador.
6. *Lavado*: el coco pasa hacia la lavadora por inmersión en la cual se elimina y limpia cualquier impureza que tenga la pulpa. La pulpa de coco se sumerge en un tanque lleno con agua y desinfectante. El agua usada se drena por una tranquilla hasta el tanque de la planta de tratamiento, y al mismo tiempo se restablece con agua limpia el nivel del reservorio de la lavadora.

7. *Triturado*: se transporta la pulpa de coco hacia el triturador, esta pasa por un molino donde es rallado, luego se descarga el coco rallado en un transportador sin fin y se deposita en cestas de acero inoxidable.

8. *Preparación de bandejas*: se coloca el coco rallado de las cestas en bandejas de acero metálicas de 70x90 cm de forma manual, utilizando una pala de acero inoxidable. Se disponen de 3 carros con capacidad para trasladar 20 bandejas en cada uno, para un total de 60 bandejas por horno. Se traslada el carro hacia los hornos de deshidratado, pesándolo previamente en una balanza de plataforma.

9. *Deshidratado*: para eliminar la humedad del coco rallado, se utiliza un deshidratador por aire forzado que funciona por calentamiento a gas, se introducen los carros porta bandejas en los 3 hornos y se comienza el proceso de secado del coco rallado a una temperatura de 85°C por 2 horas y luego a 90°C por 1 hora. Posteriormente, se pesan los carros porta bandeja en la balanza de plataforma y se llevan los carros a la zona de reposo para dejar enfriar el coco rallado deshidratado.

10. *Tamizado*: el coco deshidratado pasa por un tamiz de orificios cuadrados para obtener partículas de tamaño determinado y separar partículas indeseadas.

11. *Llenado y pesado*: consta de un sistema automatizado para garantizar que el producto sea correctamente ensacado y pesado. Se dispone de una válvula llenadora con tolva de alimentación y un sistema de pesaje para garantizar el peso requerido.

12. *Sellado*: se hace pasar la bolsa con coco rallado deshidratado a través de una cosedora automática para sellar totalmente la bolsa. Luego, al salir del transportador la bolsa cae y se posiciona de manera horizontal lista para entrar al detector de metales.

13. *Detección de metales*: la función del detector de metales es indicar la presencia de partículas u objetos metálicos en las bolsas con coco rallado deshidratado antes de que estas entren al almacén de producto terminado.

14. *Etiquetado*: se realiza la identificación del lote, producto, fecha de fabricación, cantidad en kilogramos, el código y nombre del producto, con la finalidad de obtener la trazabilidad en determinado momento.

15. *Paletizado*: se ordenan las bolsas con coco rallado deshidratado a razón de 20 bolsas por paleta, y se forran con papel film stretch, con la finalidad de proteger el empaque en el almacenamiento, despacho y traslado del producto terminado.

4. ANTECEDENTES A LA INVESTIGACIÓN

- Kajs *et al.* (1976), describen las características microbiológicas de distintos productos derivados del coco durante diversas etapas de preparación en las instalaciones de la planta piloto del Centro de investigación y desarrollo de proteínas alimentarias de la Universidad A&M de Texas. Dicho proceso luego es utilizado por una planta piloto más grande en Filipinas. Además, presentan información sobre la flora microbiana del caparazón, la carne y el agua de coco.

En su trabajo, los autores exponen que los recuentos de placas aeróbicas, coliformes, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* coagulasa positivo, *Salmonella* y mohos y levaduras, presentaron variaciones en los tipos bacterianos y distribución de estos tipos, en nueces de cocos examinadas de países como Honduras, Jamaica, Guatemala, Filipinas y República Dominicana. Además, algunas pulpas de coco examinadas tenían recuentos de placas con bacterias aeróbicas relativamente bajos, y otras tenían recuentos superiores a 10^6 NMP por gramo.

- Pinea y Kopper (2001), evaluaron el comportamiento del contenido de humedad, aceite, acidez del aceite y azúcares totales y reductores de dos lotes diferentes de nueces de coco híbrido fresco, uno de los lotes se tomó en enero (época seca) y el otro en julio (época lluviosa), durante su almacenamiento por un mes a 5°C sin control de la humedad, con el fin de establecer el tiempo máximo que puede almacenarse el coco antes de consumirlo o de procesarlo industrialmente. En el

estudio, todos los componentes evaluados presentaron tendencias similares en los dos lotes. Los cocos presentaron podredumbre durante la cuarta semana de almacenamiento, antes de que las características químicas de los cocos se desviaran de lo que se considera la composición típica de esta materia prima.

- Murcia (2010), evaluó la calidad microbiológica del agua de coco envasada para comprobar si cumplía con lo establecido en la Norma Salvadoreña Obligatoria de Bebidas no carbonatadas sin alcohol (NSO 67.18.01:01). Analizó cinco marcas de agua de coco envasadas de las nueve registradas por el Ministerio de Salud de San Salvador. De las cinco marcas analizadas sólo una no presentó presencia de *Pseudomona sp.*, en todas las marcas no se detectó presencia de *Escherichia coli*, pero el conteo de bacterias coliformes totales, el recuento de microorganismos aeróbicos mesófilos y el recuento de mohos y levaduras no cumplió con lo establecido en la norma NSO 37.18.01:01.

- Utzinger *et al.* (1995), estudiaron la presencia de *Salmonella sp.* en 75 muestras de coco deshidratado de cinco industrias alimentarias. Aislaron cepas de *Salmonella sp.* del 7% de las muestras analizadas. La presencia de esta bacteria en el producto final revelaba una deficiente higiene y manipulación luego de que el coco era tratado con calor.

III. OBJETIVOS

1. Objetivo General

- Determinar las características microbiológicas y fisicoquímicas del coco (*Cocos nucifera L.*) usado en la fabricación de coco rallado deshidratado con énfasis en el grado de descomposición del coco en almacenamiento.

2. Objetivos Específicos

- Realizar ensayos microbiológicos para cuantificar bacterias aerobias mesófilas, bacterias coliformes, mohos y levaduras en muestras de pulpa de coco provenientes de un proveedor determinado.
- Determinar el pH, la acidez y la humedad en muestras de pulpa de coco provenientes de un proveedor determinado.
- Establecer si existe una correlación entre las características microbiológicas y características fisicoquímicas del coco como materia prima en almacenamiento.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

1. Lugar de trabajo

El muestreo se realizó en las instalaciones de la empresa Procesadora de Alimentos Santa Ana, C.A., ubicada en la Zona Industrial Santa Rosalía, Cagua, Estado Aragua. La empresa suministró las muestras, las instalaciones, materiales, equipos, y algunos reactivos y medios de cultivo necesarios para la elaboración de este proyecto. Los ensayos microbiológicos y algunos ensayos fisicoquímicos también se realizaron en el Laboratorio de Microbiología del Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV).

2. Muestras

Se tomaron muestras de coco seco (Figura 2) recolectadas de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) de la variedad cocotero criollo, provenientes de un proveedor A que colecta la nuez de coco en la costa del estado Falcón, específicamente en la localidad de Palma Sola.

La empresa cuenta con una lista de 14 proveedores de materia prima, 4 de ellos considerados proveedores “directos” debido a que los cultivos y las cosechas de la materia prima y por tanto su tiempo de maduración son controlados por los mismos proveedores, mientras que hay 10 proveedores “indirectos” o intermediarios, los cuales colectan las cosechas de coco de distintas localidades y productores, sin control de la maduración del

fruto. Los proveedores directos provienen del estado Falcón, localidades Palmasola y Boca de Aroa, y del estado Yaracuy, municipio Manuel Mongue. De los proveedores indirectos, 4 son provenientes del estado Falcón, localidades Palmasola, Boca de Aroa y Boca de Tocuyo, 4 provenientes del estado Sucre, de la localidad Yagüaraparo, uno proveniente de la localidad de Tucupita, estado Delta Amacuro y uno del municipio Manuel Mongue, estado Yaracuy.



Figura 2. Cocos secos.

Se realizó el muestreo de los cocos secos a uno de los proveedores considerados por la empresa, al cual se le realizaron las pruebas microbiológicas y fisicoquímicas correspondientes, el proveedor es de tipo “indirecto” o intermediario, el cual colecta la materia prima de distintos productores dueños de hacienda en la costa del estado Falcón.

3. Diseño de muestreo

3.1. Muestreo para determinar las características microbiológicas y fisicoquímicas del coco

La toma de muestras para los ensayos de laboratorio se realizó según la norma venezolana COVENIN 1769 (1981), la cual establece que la toma de muestras de frutas se debe realizar por lotes y cada lote debe estar separado.

Los muestreos se realizaron los días “0” o día de recepción del lote del proveedor A (Figura 3), el día 14 luego del despacho y el día 21, de acuerdo al tamaño del lote recibido y de la capacidad de producción de la empresa en el momento del muestreo, considerando que el tiempo de almacenamiento promedio del coco como materia prima es de 7 días a 1 mes.



Figura 4. Recepción de materia prima.

El tamaño del lote recibido por el proveedor fue de 248 sacos de cocos grandes y 53 sacos de cocos pequeños. El despacho de materia prima fue en sacos con cocos grandes y sacos con cocos pequeños por separado, los sacos de cocos grandes contenían 60 unidades de cocos secos y los sacos de cocos pequeños contenían 100 unidades de cocos (Figura 4).

Inicialmente, durante el muestreo en recepción (día “0”) se estratificó el camión que transportaba los sacos con cocos grandes y sacos con cocos pequeños, se tomó por

separado y de forma aleatoria la muestra elemental de 7 sacos de cocos grandes y 5 sacos de cocos pequeños, de acuerdo a lo establecido en la norma COVENIN 1769 (1981). A partir de una tabla de número aleatorios, se tomó la muestra de ensayo, se muestrearon 3 unidades de cocos grandes y 3 unidades de cocos pequeños. La muestra de ensayo, 6 cocos secos, se trasladó en condiciones de asepsia al laboratorio para la elaboración de los análisis microbiológicos y fisicoquímicos correspondientes.

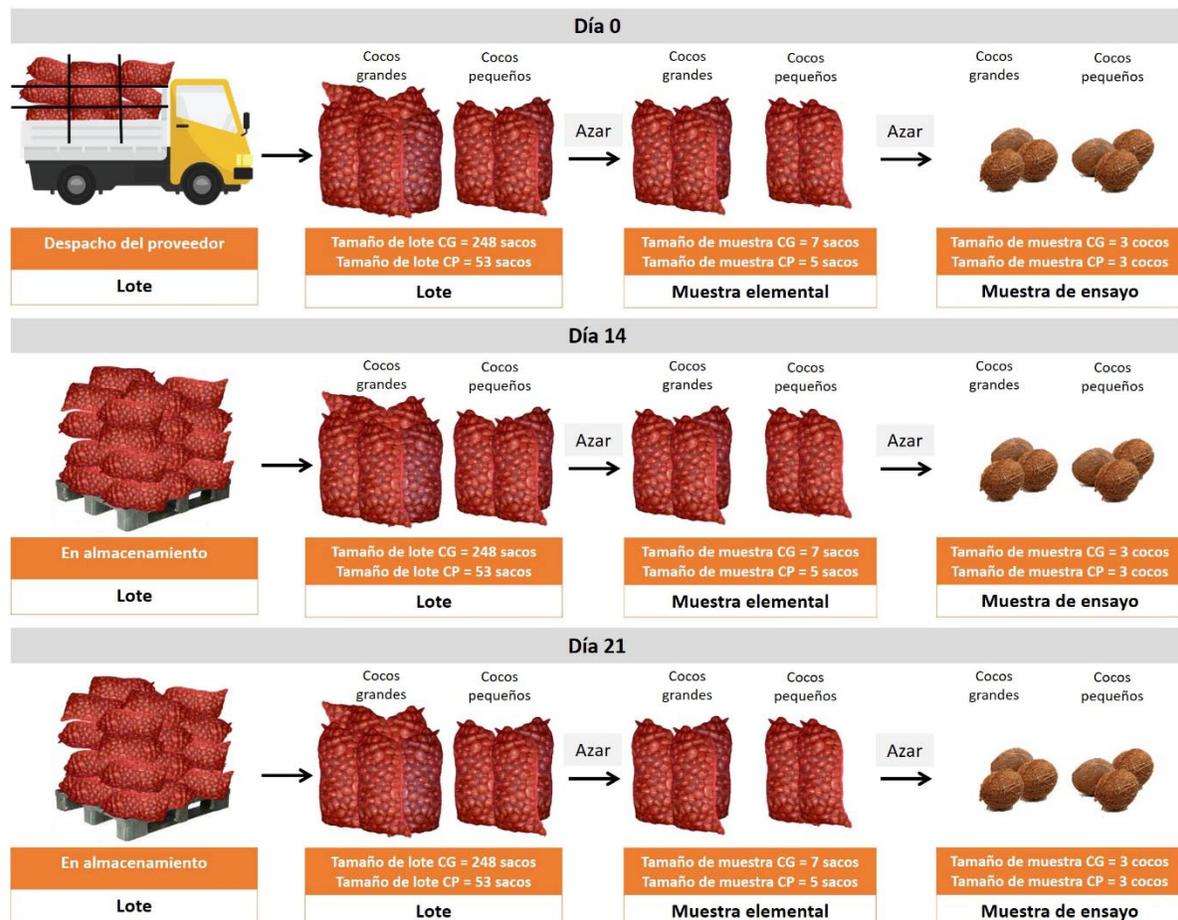


Figura 4. Esquema del diseño de muestreo aleatorio.

4. Metodología de análisis

4.1. Condiciones ambientales del almacenamiento

Se midió la temperatura en grados Celsius (°C) y la humedad relativa en porcentaje (%) del almacén de materia prima durante el periodo de 30 días de almacenamiento del producto del proveedor A y de muestreo del coco seco, en los meses de marzo y abril de 2018. El control de las variables ambientales se tomó en horas de la mañana y se anotó el registró medido con un termohigrómetro digital de rango -40-70°C (Figura 5).

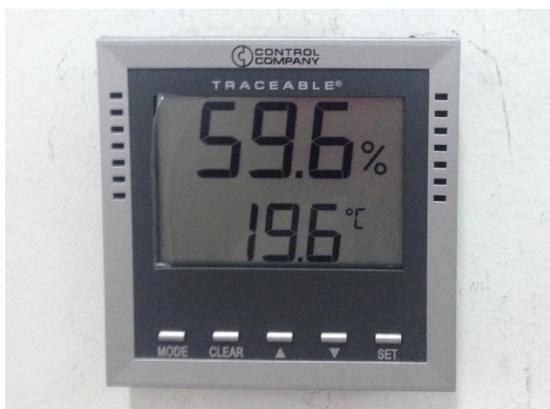


Figura 5. Termohigrómetro digital (rango -40-70°C).

4.2. Preparación de las muestras

El coco se descascaró, se peló y se transportó al laboratorio en bolsas de polietileno estériles, en el laboratorio y en condiciones de asepsia, se separó el agua de coco y se licuó la pulpa de coco en una licuadora Waring Commercial One-Gallon 3.75 HP Food Blender with Electronic Keypad (Figura 6).



Figura 6. Licuadora Waring Commercial One-Gallon 3.75 HP Food Blender utilizada para homogenizar las muestras de pulpa de coco.

Se dispuso de las muestras de pulpa de coco en bolsas de polietileno estériles (Figura 7) identificadas con la siguiente información: a) fecha de toma de muestra, b) nombre y tipo de producto, c) nombre del proveedor, d) número del lote, f) otras observaciones (Modificado de COVENIN 1126, 1989). Las muestras se analizaron lo más pronto posible una vez transportadas al laboratorio, en un periodo de 4 días, las muestras de pulpa de coco se mantuvieron refrigeradas a una temperatura entre 0-5 °C durante el periodo de análisis.



Figura 7. Muestras de coco seco pelado en bolsas estériles de polietileno.

4.3. Pruebas microbiológicas

4.3.1. Diluciones seriadas

Se anotaron las condiciones del aspecto de la muestra: color, olor, consistencia, textura. Se pesaron $50 \pm 0,1$ g de la muestra en un matraz de erlenmeyer de 800 ml, previamente tarado. Se añadieron 450 ml de diluyente, agua peptonada al 0,1%, correspondiendo está a la primera dilución 10^{-1} . Se agitó la muestra vigorosamente 50 veces en un ángulo de 45° . Se hicieron diluciones seriadas de 10^{-2} a 10^{-5} en tubos de ensayo con 9 ml de agua peptonada al 0,1% (Figura 8). Se realizó este procedimiento a las 6 muestras de pulpa de coco.

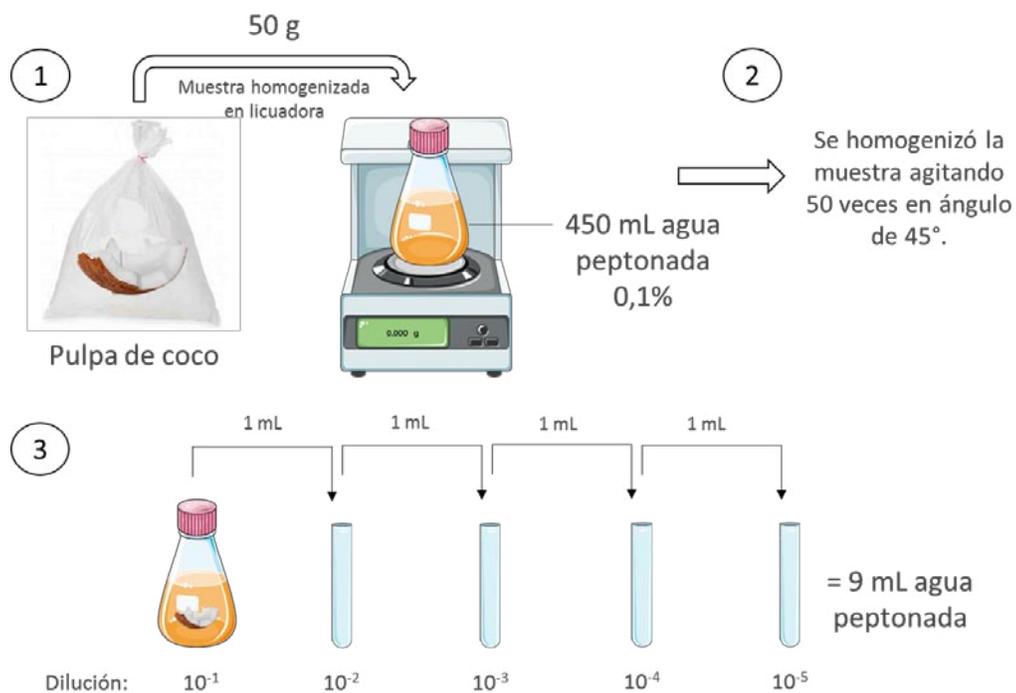


Figura 8. Diluciones seriadas.

4.3.2. Bacterias aerobias mesófilas

En condiciones de asepsia, según la norma COVENIN 902 (1987), se tomó 1 ml de las últimas dos diluciones (10^{-4} y 10^{-5}) y se sirvieron en placas de Petri por duplicado. Se añadió a cada placa de 10 a 12 ml de agar nutritivo previamente fundido y temperado de 45 a 50°C. Se mezclaron las placas con agar y se dejaron solidificar sobre una superficie plana. Se invirtieron las placas y se incubaron a 36 ± 1 °C durante 48 ± 3 h. Se contó el número de colonias en las placas de la dilución que tuviera entre 30 a 300 colonias con un contador de colonias, el promedio de las dos placas de una misma dilución se multiplicó por la dilución correspondiente y el resultado se expresó en unidades formadoras de colonias por gramo de pulpa de coco (UFC/g de pulpa de coco).

4.3.3. Bacterias coliformes totales

De acuerdo a la norma COVENIN 1086 (1984), se tomó una alícuota de 1 ml de las últimas dos diluciones (10^{-4} y 10^{-5}) y se colocó en placas de Petri por duplicado. Se agregó a cada placa de 10 a 12 ml de agar MacConkey, previamente fundido y a una temperatura de 44 a 46°C. Se mezclaron las placas con agar y se dejaron solidificar sobre una superficie plana. Se agregaron 10 ml de agar nutritivo fundido y temperado de 45 a 50°C para formar una doble capa. Se invirtieron las placas y se incubaron a 36 ± 1 °C durante 24 ± 2 h. Se contaron las placas que tuvieran entre 30 a 300 colonias de color rojo oscuro con diámetro no menor de 0,5 mm con un contador de colonias, el promedio de las dos placas

de una misma dilución se multiplicó por el factor de dilución correspondiente y el resultado se expresó en unidades formadoras de colonias por gramo de pulpa de coco (UFC/g pulpa de coco).

4.3.4. Mohos y levaduras

En condiciones de asepsia, según la norma COVENIN 1337 (1990), se tomó una alícuota de 1 ml de las últimas dos diluciones (10^{-4} y 10^{-5}) y se sembró en placas de Petri por duplicado. Se agregó a cada placa de 12 a 15 ml de agar extracto de levadura, el medio fue previamente fundido y temperado a 45 ± 1 °C. Se mezcló convenientemente el medio en las placas y se dejó solidificar sobre una superficie plana. Se invirtieron las placas y se incubaron en oscuridad a una temperatura de 25 ± 1 °C durante 5 días, observándolas diariamente. Se contó el número de colonias de mohos y levaduras en las placas que presentarán entre 10 y 100 colonias con un contador de colonias, el promedio de las dos placas de una misma dilución se multiplicó por la dilución correspondiente y el resultado se expresó en unidades formadoras de colonias por gramo de pulpa de coco (UFC/g pulpa de coco).

4.4. Pruebas fisicoquímicas

4.4.1. pH

De acuerdo a la norma COVENIN 1315 (1979), se tomó una muestra de 10 g de pulpa de coco, debidamente homogeneizada. Se pesó la muestra en un vaso de precipitado de

200 ml, se le agregaron 90 ml de agua destilada libre de CO₂, se homogenizó la dilución y se filtró con un embudo y papel de filtro cualitativo Whatman Grado 1 diámetro 110mm, y se dejó que el filtrado alcanzase una temperatura de 20 a 25 °C. Se calibró el potenciómetro (Figura 9) con solución tampón pH 4 y pH 7. Se sumergieron los electrodos en la muestra y se leyó el valor de pH de la muestra. Se reportó la lectura obtenida en el potenciómetro y la temperatura a la cual se realizó la medición. Se realizó el experimento por duplicado con una tolerancia de 0,01 a 0,05 unidades, y los resultados se expresaron en unidades de pH.



Figura 9. pHmetro digital.

4.4.2. Acidez

Según a la norma COVENIN 1151 (1977), se pesaron y redujeron a pulpa fina 100 g de muestra en un beaker de 800 ml y se homogenizó la suspensión, se agregaron aproximadamente 270 ml de agua destilada y se hirvió durante 1 hora reponiendo en la mitad del tiempo el agua que se perdió por evaporación. Se enfrió la dilución y se filtró. Se tomaron 25 ml de la solución preparada y diluida, agitando antes de tomar la alícuota para

el análisis. La muestra se transfirió a un matraz de erlenmeyer de 250 ml y se diluyó a un volumen aproximado de 100 ml con agua destilada. Se tituló con una solución 0,1 N de hidróxido de sodio (NaOH), usando 0,3 ml de solución de fenolftaleína por cada 100 ml de la solución que se tituló (Figura 10-A), hasta el viraje del indicador a coloración rosa persistente durante unos 20 segundos (Figura 10-B), se anotó el volumen del álcali utilizado en la neutralización. La acidez titulable se expresó en gramos de ácido láurico, el ácido predominante en el coco, en 100 g de pulpa de coco, utilizando la siguiente fórmula:

$$Ac = \frac{(20 \times V_1 \times me \times N \times 100)}{3V}$$

Donde; Ac = Acidez titulable en gramos por 100 g de pulpa de coco, V = Volumen de la alícuota tomada para el análisis en mililitros (25 ml), V₁ = Volumen de la solución de hidróxido de sodio (NaOH) en mililitros, N = Normalidad de la solución de hidróxido de sodio (0,1 N) y me = Peso miliequivalente del ácido láurico (0,2003178 me/g).

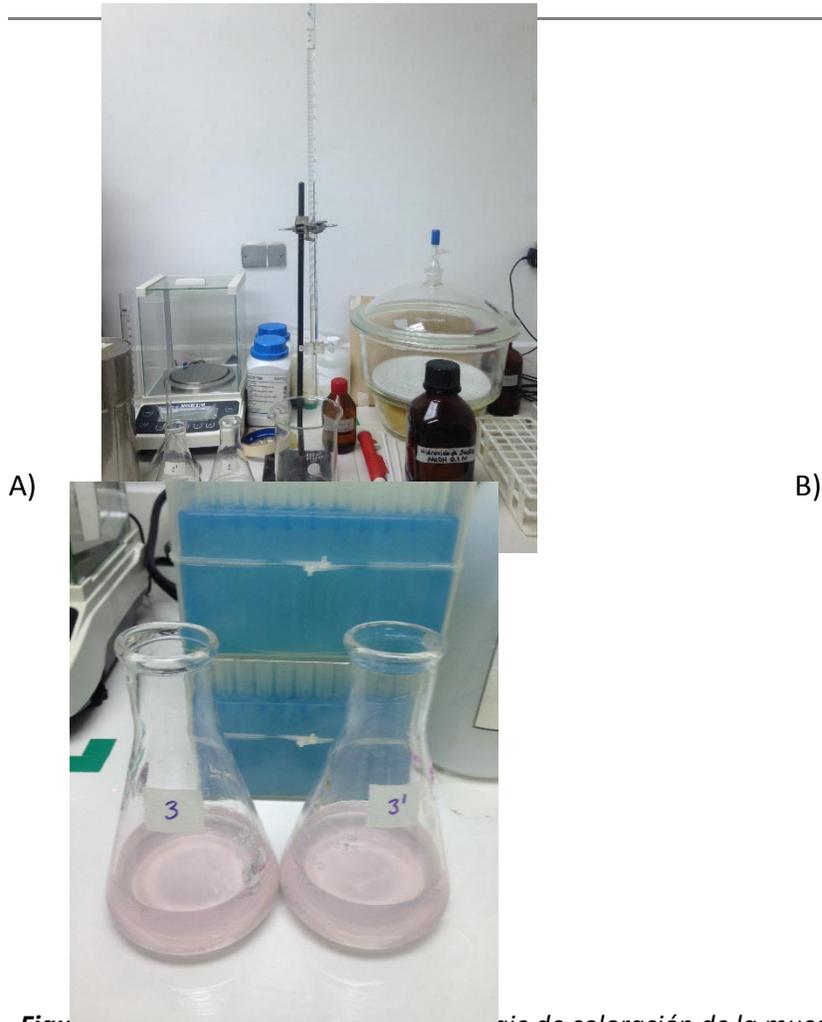


Figura 4.4.3. A) Equipo de titulación. B) Cambio de coloración de la muestra a color rosa al alcanzar el punto final de la titulación.

4.4.3. Humedad

Según la norma COVENIN 1553 (1980), se tomó una muestra de 5 g previamente homogenizada de pulpa de coco. Inicialmente, se tomaron las cápsulas y sus tapas sin muestra y se colocaron en la estufa de aire forzado a 102 ± 6 °C durante 45 minutos (modificado de la norma COVENIN 1553-1980), se sacaron las capsulas de la estufa tapándolas rápidamente, se enfriaron en el desecador y se pesaron en una balanza analítica. En cada cápsula se pesaron 5 g de pulpa de coco previamente homogenizada, y se colocarán destapadas dentro de la estufa, regulada a 102 ± 6 °C, por 45 minutos (Figura

11). Se sacaron las cápsulas de la estufa, se taparon rápidamente, se colocaron en el desecador y se pesaron cuando se enfriaron a temperatura ambiente. Se colocaron nuevamente las cápsulas destapadas en la estufa, durante 30 minutos, se taparon, se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. Se repitió este procedimiento 3 veces hasta obtener peso constante. Se realizó el procedimiento anterior por duplicado. El contenido de humedad se expresó en porcentaje y se calculó mediante la siguiente fórmula (PRT-701.02-023):

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(m_2 - m_3)}{(m_2 - m_1)} \times 100$$

Donde; m_1 = Masa de la cápsula vacía y de su tapa, en gramos. m_2 = Masa de la cápsula tapada con la muestra antes del secado, en gramos. m_3 = Masa de la cápsula con tapa más la muestra desecada, en gramos.



Figura 11. Determinación de humedad en estufa de aire forzado.

5. Análisis estadísticos

Se realizaron 3 observaciones correspondientes a los tres días de muestreo (día 0, día 14 y día 21) y 6 réplicas por día. Todos los análisis microbiológicos y fisicoquímicos se realizaron por duplicado, para la observación de los resultados se empleó estadística descriptiva, se calcularon las medias y las respectivas desviaciones estándar de los datos. Se utilizó el software GraphPad Prism 7 para la realización de las pruebas estadísticas correspondientes.

Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk de dos colas bajo la hipótesis nula (H_0) que la muestra proviene de una población normalmente distribuida, y la hipótesis alternativa (H_a) que la muestra no proviene de una población normalmente distribuida. Se calcularon las rectas de mejor ajuste de cada componente físico y químico del coco en función del tiempo mediante una regresión lineal, para establecer su tendencia durante el almacenamiento, mediante un análisis de correlación se halló el coeficiente de correlación de Pearson y su probabilidad asociada (p), para determinar si las variaciones de los componentes físicos y químicos del coco eran significativas en el tiempo. Se utilizó un nivel de confianza del 95% para establecer variaciones significativas (GraphPad Prism 7, 2017).

Debido a que el modelo de crecimiento de poblaciones bacterianas, en el que cada periodo fijo de tiempo se dobla el número de células, es un crecimiento de tipo exponencial (Madigan *et al.*, 2009), por lo que la distribución de probabilidad no sigue una

distribución normal, se determinó mediante la prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon la relación entre cada uno de los componentes físico y químicos del coco y los componentes microbiológicos que describían el producto, para establecer si existe o no una correlación significativa entre las variables independientes pH, acidez y humedad, y la variable respuesta crecimiento microbiano. Esta es una prueba no paramétrica que compara la mediana de dos grupos de data pareada y determina si existe una diferencia significativa entre ambos. La data obtenida cumple con sus supuestos: 1) los valores pareados son tomados aleatoria e independientemente, 2) la variable dependiente es continua dentro del intervalo de medida y 3) la data tiene un nivel de medida ordinal (Wilcoxon, 1945).

Utilizando esta prueba se establecen dos hipótesis, la hipótesis nula (H_0) plantea que la mediana de la diferencia entre los pares de datos es cero y la hipótesis alternativa (H_a) plantea que esta es distinta de cero. H_0 se mantiene como cierta mientras que los datos no indiquen su falsedad. Como criterio para aceptar o rechazar la H_0 se utilizaron el estadístico W y su probabilidad asociada (p) para una prueba de dos colas. Se escogió un nivel de confianza del 95% para establecer diferencias significativas.

Además, se realizó la prueba de emparejamiento efectivo, cuyo objetivo es controlar la variabilidad experimental, y se analizan sólo las diferencias antes y después. Si el emparejamiento es efectivo, espera que las medidas antes y después varíen juntas. Esto se cuantifica calculando el coeficiente de correlación de Spearman no paramétrico, r_s . Se

calcula un valor de probabilidad asociada (p) que responde a la pregunta: si los dos grupos realmente no están correlacionados, ¿cuál es la probabilidad de que los sujetos seleccionados aleatoriamente tengan un coeficiente de correlación tan grande como se observó en el experimento? El valor p es de una cola, ya que no está interesado en la posibilidad de observar una fuerte correlación negativa (GraphPad Prism 7, 2017).

V. RESULTADOS

1. Características ambientales del área de almacenamiento

En la zona de almacenamiento de la materia prima la temperatura del área osciló entre 14,8°C y 21,8°C durante los 30 días del análisis (Figura 12), la temperatura media durante el tiempo de almacenamiento del producto proveniente del proveedor A fue de 17,6°C.

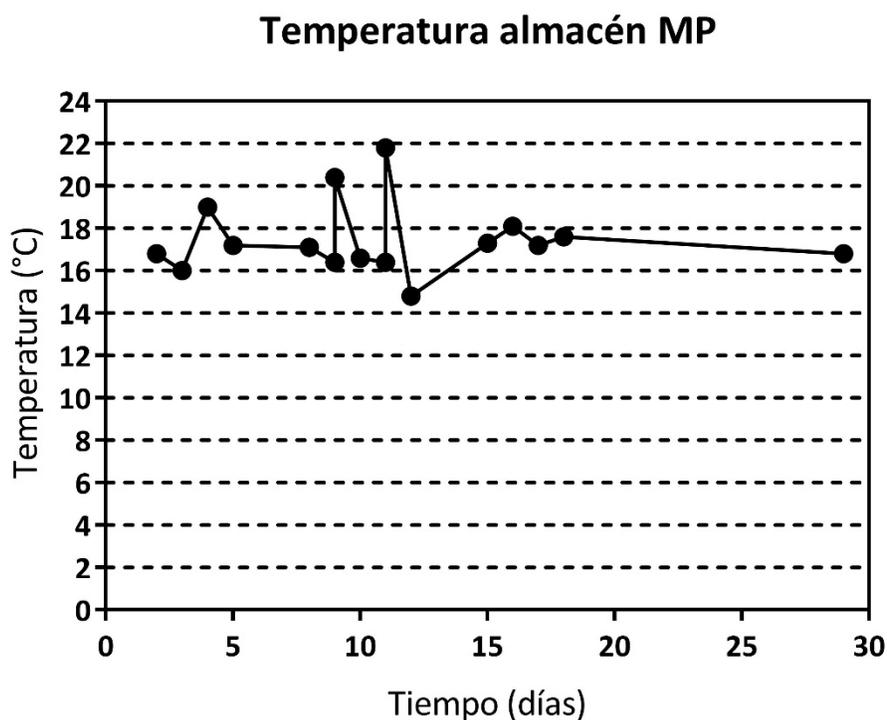


Figura 12. Temperatura del área de almacenamiento de materia prima durante el periodo de muestreo (marzo-abril 2018). MP = Materia prima.

En el almacén de materia prima también se mantuvo un registro diario del porcentaje de humedad relativa del área, esta osciló entre 49,6% y 70,3% (Figura 13). La humedad relativa promedio del almacén durante el periodo de muestreo fue de 61,7%.

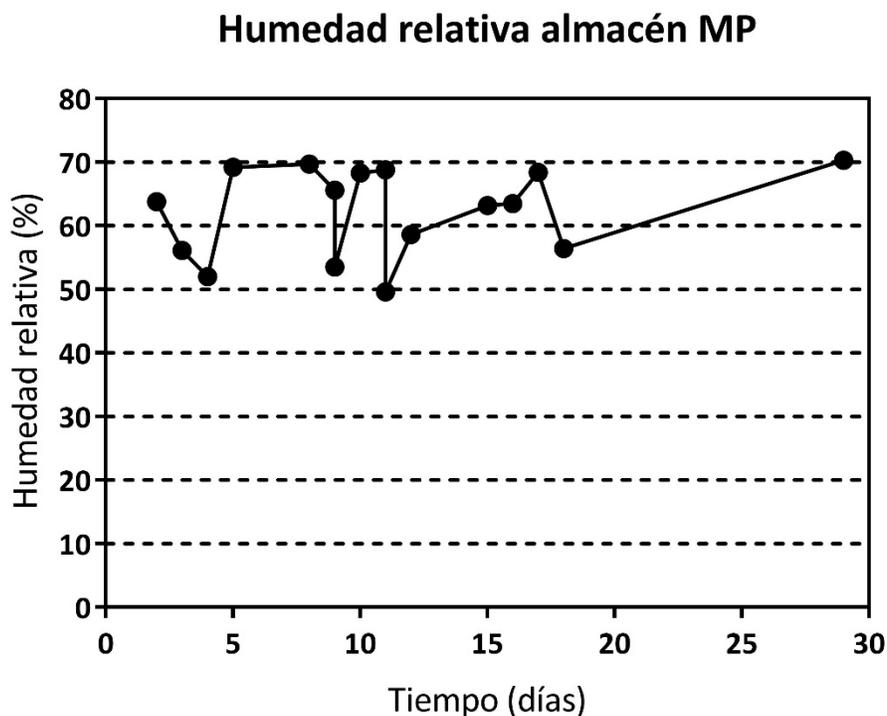


Figura 13. Porcentaje de humedad relativa del área de almacenamiento de materia prima durante el periodo de muestreo (marzo-abril 2018). MP = Materia prima.

2. Análisis microbiológico

Los recuentos de placas aeróbicas el primer día de muestreo, día 0, variaron entre $3,3 \times 10^5$ y $8,4 \times 10^6$ UFC por gramo de pulpa de coco. Los recuentos de bacterias coliformes totales variaron entre $3,6 \times 10^5$ y $4,8 \times 10^6$ UFC por gramo de pulpa. Además, los recuentos de levaduras y mohos viables variaron entre $3,2 \times 10^5$ y $6,3 \times 10^6$ UFC por gramo de pulpa. El segundo día de muestreo, día 14 de almacenamiento, los recuentos de bacterias aerobias oscilaron entre $3,7 \times 10^5$ y $2,2 \times 10^7$ UFC por gramo de pulpa, presentando un aumento en el conteo de microorganismos aeróbicos viables en las muestras de pulpa de coco. El conteo de coliformes totales varió entre $2,5 \times 10^4$ y $1,4 \times 10^7$ UFC por gramo de pulpa. Además, los recuentos de levaduras y mohos viables

variaron entre $1,7 \times 10^6$ y $3,9 \times 10^7$ UFC por gramo de pulpa de coco, observando un aumento en el conteo de coliformes, levaduras y mohos viables. Durante el tercer periodo de muestreo, día 21 de almacenamiento (ver Anexo N° 1), los recuentos de placas aeróbicas oscilaron entre $2,6 \times 10^6$ y $5,5 \times 10^7$ UFC por gramo de pulpa. El conteo de coliformes totales se mantuvo variable entre $1,1 \times 10^6$ y $5,2 \times 10^7$ UFC por gramo de pulpa. Además, los recuentos de mohos y levaduras variaron entre $1,9 \times 10^6$ y $4,8 \times 10^7$ UFC por gramo de pulpa de coco (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis microbiológico de la pulpa de coco.

Muestra	Aerobios mesófilos (UFC/g pulpa de coco)	Coliformes totales (UFC/g pulpa de coco)	Mohos y levaduras (UFC/g pulpa de coco)
Día 0			
1	2.750.000	4.750.000	4.850.000
2	1.500.000	360.000	730.000
3	8.400.000	955.000	2.710.000
4	790.000	580.000	1.975.000
5	1.630.000	1.575.000	6.300.000
6	330.000	485.000	320.000
Día 14			
7	22.050.000	13.900.000	15.100.000
8	22.450.000	9.150.000	39.450.000
9	4.800.000	240.000	8.527.500
10	4.600.000	25.000	1.717.500
11	9.225.000	5.122.500	25.950.000
12	365.000	435.000	4.760.000
Día 21			
13	16.750.000	25.800.000	33.400.000
14	6.655.000	11.000.000	13.450.000
15	2.627.500	1.065.000	1.860.000
16	54.600.000	21.900.000	15.750.000
17	43.200.000	51.500.000	47.600.000
18	42.700.000	> 30.000.000	> 30.000.000

El contaje promedio de placas aeróbicas, coliformes totales y mohos y levaduras registró un aumento durante el almacenamiento. Inicialmente, el recuento promedio de placas aeróbicas de las seis muestras de pulpa de coco fue de $2,6 \times 10^6$ UFC por gramo de pulpa de coco, aumentando en los posteriores muestreos hasta obtener contajes superiores a 1×10^7 UFC por gramo de pulpa. De manera similar, el recuento promedio de coliformes totales inicialmente fue de $1,5 \times 10^6$ UFC por gramo de pulpa, y aumentó durante el almacenamiento hasta alcanzar valores superiores a 1×10^7 UFC por gramo de pulpa. Además, la proporción en el aumento de microorganismos aeróbicos y coliformes se mantuvo similar durante el almacenamiento de la materia prima (Figura 14). Los recuentos de levaduras y mohos viables registraron de igual forma un aumento, al inicio se registró en promedio recuentos de $2,8 \times 10^6$ UFC por gramo de pulpa, y los contajes aumentaron progresivamente hasta alcanzar recuentos superiores a 1×10^7 UFC por gramo de pulpa de coco el último día de muestreo, se observó además que los recuentos de mohos y levaduras fueron superiores a los de placas aeróbicas y coliformes en los días 0 y 14 de muestreo (Figura 14).

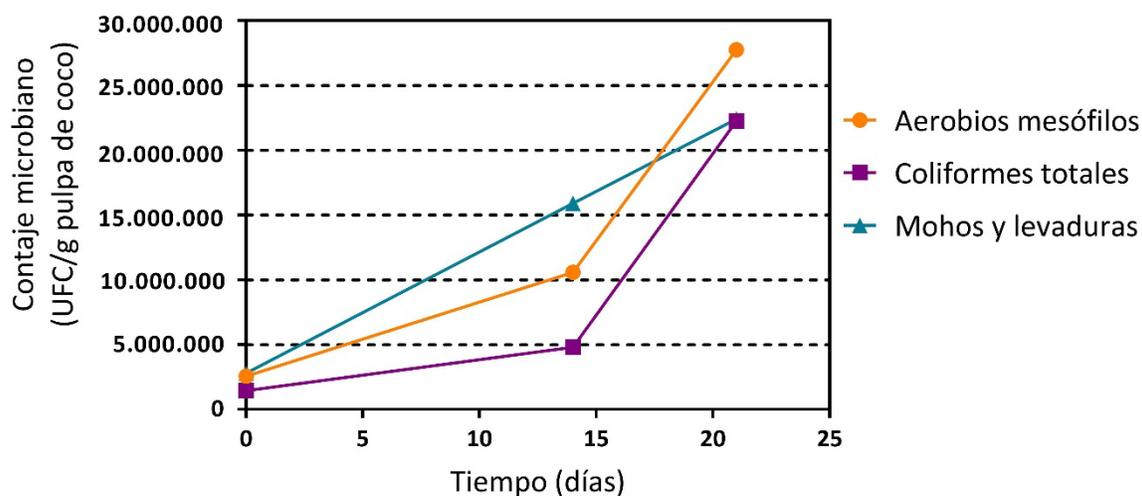


Figura 14. Valores promedio de crecimiento microbiano en la pulpa de coco, en función del tiempo de almacenamiento a una temperatura promedio de 17,6°C y humedad relativa promedio de 61,7%.

3. Análisis fisicoquímicos

Se realizó el análisis sensorial de las seis muestras de pulpa de coco en cada día del periodo de muestreo. El primer día de muestreo, día 0, todas las muestras de coco presentaron color blanco natural y olor, consistencia y textura características del producto. El segundo día de muestreo, día 14, se detectaron dos muestras de coco con cambio de coloración a blanco crema, y una de las muestras presentó olor desagradable, indicando indicios de ranciedad en el producto, además estas dos muestras presentaron consistencia blanda de la pulpa. El tercer día de muestreo, día 21, cuatro muestras presentaron coloración blanco crema, y una muestra presentó coloración amarillenta y pulpa blanda, sin embargo, todas las muestras presentaron olor característico del producto, sin presencia de olores desagradables (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis sensorial de las muestras de pulpa de coco durante el almacenamiento.

DÍA 0			
Muestra	Color	Olor	Consistencia/ Textura
1	Blanco natural	Característico	Característico
2	Blanco natural	Característico	Característico
3	Blanco natural	Característico	Característico
4	Blanco natural	Característico	Característico
5	Blanco natural	Característico	Característico
6	Blanco natural	Característico	Característico
DÍA 14			
7	Blanco natural	Característico	Característico
8	Blanco natural	Característico	Característico
9	Blanco crema	Característico	Pulpa blanda
10	Blanco natural	Característico	Característico
11	Blanco natural	Característico	Característico
12	Blanco crema	Ranciedad	Pulpa blanda
DÍA 21			
13	Blanco natural	Característico	Característico
14	Blanco crema	Característico	Característico
15	Amarillento	Característico	Pulpa blanda
16	Blanco crema	Característico	Pulpa seca
17	Blanco crema	Característico	Característico
18	Blanco crema	Característico	Característico

El componente físico pH de la pulpa de coco disminuyó durante el tiempo de almacenamiento (Figura 15), sin embargo, no se determinó una variación significativa ($p > 0,05$) en el pH (Tabla 4). En el primer día de muestreo, el día 0 durante la recepción de materia prima, se registró un pH promedio de $6,42 \pm 0,12$ y una variación de pH entre 6,24 y 6,55; en el segundo día de muestreo, el día 14 de almacenamiento, se observó una disminución promedio del pH a $6,11 \pm 0,28$ y una variación entre 5,58 y 6,38. En el último día de muestreo, día 21 de almacenamiento, el pH promedio de la pulpa de coco fue de $6,20 \pm 0,16$ y osciló entre 6,00 y 6,42. Se observó una variación con pendiente negativa de

los datos (Tabla 4), indicando una disminución promedio en el pH de la pulpa de coco durante el almacenamiento.

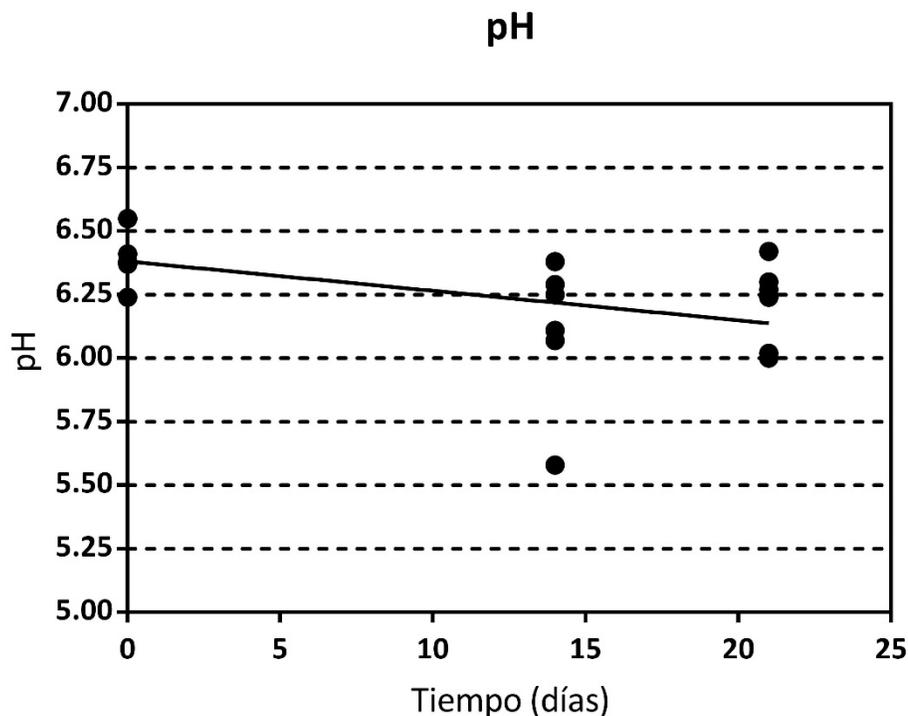


Figura 15. pH de la pulpa de coco en función del tiempo de almacenamiento a una temperatura promedio de 17,6°C y humedad relativa promedio de 61,7%.

Se observó una variación del componente químico acidez de la pulpa de coco la cual aumentó durante el tiempo de almacenamiento (Figura 16), evidenciándose en la pendiente positiva de recta de mejor ajuste (Tabla 4), considerando además que el coco registró una variación significativa ($p < 0,05$) en la acidez de la pulpa durante el almacenamiento (Tabla 4). En el primer día de muestreo, se registró una acidez promedio de $0,65 \pm 0,15$ % m/m y una variación del porcentaje de acidez de la pulpa de coco entre 0,51% m/m y 0,91% m/m; en el día 14 de almacenamiento, se observó un aumento en el porcentaje promedio de acidez de la pulpa a $1,25 \pm 0,47$ % m/m y una variación entre

0,64% m/m y 1,92% m/m. El tercer día de muestreo, día 21 de almacenamiento, el porcentaje promedio de acidez de la pulpa de coco fue de $2,06 \pm 0,44$ % m/m y varió entre 1,44% m/m y 2,56% m/m. El coeficiente de correlación de Pearson ($r=0,8237$) también da un indicio de la asociación intensamente lineal que presentan estas variables (Tabla 4).

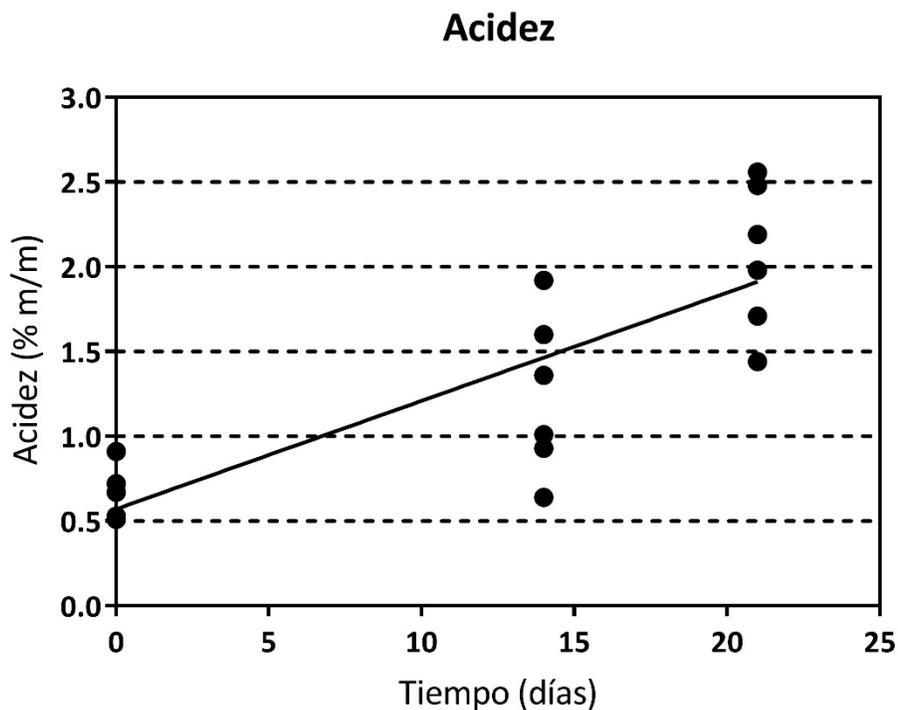


Figura 16. Porcentaje de acidez de la pulpa de coco en función del tiempo de almacenamiento a una temperatura promedio de $17,6^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa promedio de $61,7\%$.

El porcentaje de humedad de la pulpa de coco disminuyó durante el tiempo de almacenamiento (Figura 17), sin embargo, no se registró una variación significativa ($p>0,05$) en el contenido de humedad (Tabla 4). En el primer día de muestreo, día 0, se registró humedad promedio de $49,65 \pm 6,71$ % y variación del contenido de humedad entre 40,6% y 56,7%; el segundo día de muestreo, el día 14 de almacenamiento, se

evidenció un pequeño aumento en el promedio del contenido de humedad a $50,97 \pm 10,30 \%$, y una variación entre $38,7\%$ y $64,1\%$. En el último día de muestreo, día 21 de almacenamiento, el contenido promedio de humedad de la pulpa de coco presentó una disminución a $44,58 \pm 7,43 \%$ y variación entre $32,7\%$ y $55,7\%$. Se observó una variación con pendiente negativa de los datos de contenido de humedad (Tabla 4), indicando una disminución promedio en el porcentaje de humedad de la pulpa de coco durante el almacenamiento.

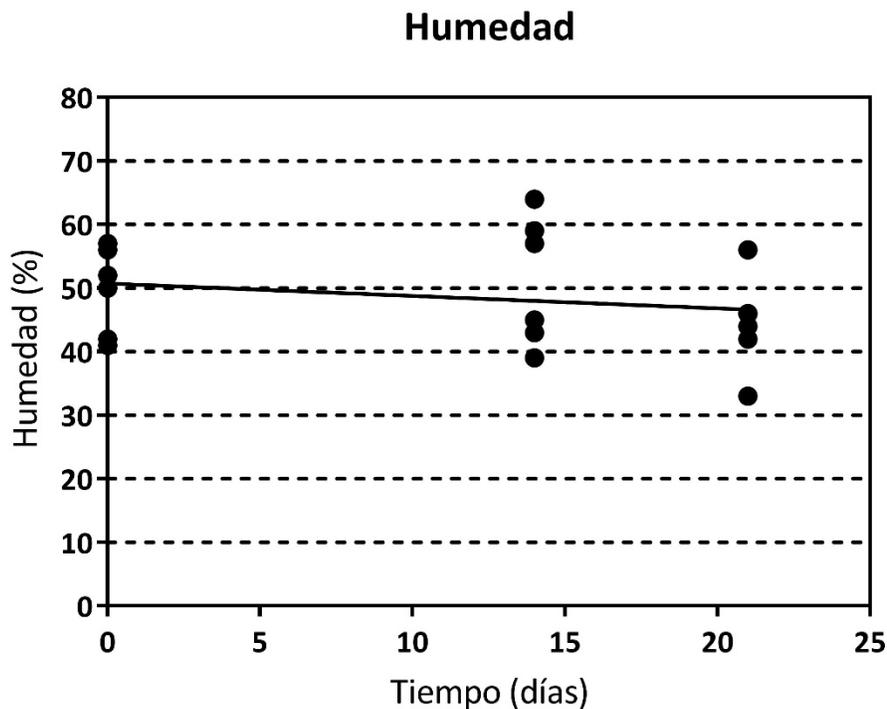


Figura 17. Porcentaje de humedad de la pulpa de coco en función del tiempo de almacenamiento a una temperatura promedio de $17,6^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa promedio de $61,7\%$.

Las lecturas de pH, porcentaje de acidez y contenido de humedad que se obtuvieron de las muestras de pulpa de coco se resumen en el Anexo N° 2 (Tabla 7), estos datos se obtuvieron por duplicado en los 3 días de muestreo para obtener el promedio de

los resultados para cada uno de los análisis, del promedio de las muestras se tomaron los datos para el análisis descriptivo (Figuras 15, 16 y 17).

El test de Shapiro-Wilk (Tabla 4) se utilizó para contrastar la normalidad de los conjuntos de datos, en los supuestos del test de normalidad la muestra debe ser menor a 50 datos, las observaciones deben ser independientes, el muestreo debe ser aleatorio y las variables deben estar en escala de intervalo o razón. Se planteó como hipótesis nula (H_0) que las muestras provienen de una población normalmente distribuida. Mientras que en la hipótesis alternativa (H_a) las muestras no provienen de una población normalmente distribuida. Se transformaron los datos del componente químico pH a cuadrados (Y^2) ya que no seguían una distribución normal (Rechazo H_0 , $p < 0,05$). Debido a que valores grandes de W no son significantes, es decir, indican normalidad, y que $p > 0,05$ para todos los tratamientos, entonces no se rechaza la hipótesis nula, por lo que los datos provienen de una distribución normal.

Tabla 4. Prueba de normalidad de los componentes fisicoquímicos de la pulpa de coco.

	pH	Acidez	Humedad
N	18	18	18
Shapiro-Wilk (W)	0,9051	0,9083	0,9665
p-value	0,0706	0,0802	0,7294

Con el fin de establecer las relaciones con el tiempo de almacenamiento de cada componente físico y químico del coco, se calcularon las rectas de mejor ajuste de cada componente en función del tiempo para establecer su tendencia durante el almacenamiento (Tabla 5). Solo en uno de los casos las rectas de mejor ajuste de las

variables evaluadas durante el almacenamiento resultaron significativas; mediante un análisis de correlación se observó que la variable acidez de la pulpa de coco presentó tendencia significativa ($p < 0,05$) en el tiempo, por otro lado, las variables pH y humedad evaluadas durante el almacenamiento no presentaron tendencias significativas ($p > 0,05$) en el tiempo.

Tabla 5. Parámetros de las rectas de mejor ajuste de los componentes de la pulpa de coco en función del tiempo de almacenamiento.

Componente	Pendiente	Intersección	Coefficiente de correlación (r)	Probabilidad asociada (p)
pH	-0,1451	40,76	-0,4631	0,0530
Acidez	0,0639	0,572	0,8237	<0,0001*
Humedad	-0,1933	50,653	-0,2095	0,4041

*Efecto significativo ($p < 0,05$).

4. Relación entre parámetros microbiológicos y fisicoquímicos

La prueba de Wilcoxon es una prueba no paramétrica que compara dos grupos emparejados. Debido a que el estadístico muestra diferencias significativas (W , p -value, $p < 0,05$) en las medianas de todos los grupos, se rechaza la hipótesis nula de que las diferencias entre las dos poblaciones de un grupo se deben al azar y se concluye que las poblaciones tienen diferentes medianas (Tabla 6), esto se debe a que las poblaciones evaluadas para cada uno de los 9 grupos corresponden a componentes diferentes del coco.

El coeficiente de correlación de Spearman no paramétrico (r_s) permite determinar si el emparejamiento es efectivo, sólo en los grupos aerobios mesófilos vs acidez, y mohos y

levaduras vs acidez se observó un emparejamiento efectivo debido a que r_s fue positivo y $p < 0,05$, lo que indica que los grupos están significativamente correlacionados, por lo que tiene sentido elegir una prueba emparejada (Tabla 6). En el caso de los grupos aerobios mesófilos vs humedad y coliformes vs humedad, ya que $p < 0,05$ indica que tiene sentido elegir una prueba emparejada, sin embargo, r_s es negativo, indicando que, si un grupo tiene un valor más alto, el otro tiene un valor inferior, esto puede deberse a cuestiones de azar (Tabla 6). En los demás grupos debido a que $p > 0,05$, la prueba indica que no tiene sentido utilizar una prueba emparejada, sin embargo, la elección de realizar la prueba depende también del diseño experimental y los resultados obtenidos en otros experimentos similares.

Tabla 6. Prueba no paramétrica de los rangos con signo de Wilcoxon.

Grupos	W, p-value	r_s (Spearman)	p-value
Aerobios mesófilos vs. pH	<0,0001	-0,124	0,3119
Coliformes vs. pH	<0,0001	0,2222	0,1877
Mohos y levaduras vs. pH	<0,0001	0,04755	0,4257
Aerobios mesófilos vs. Acidez	<0,0001	0,509	0,0155*
Coliformes vs. Acidez	<0,0001	0,3459	0,0799
Mohos y levaduras vs. Acidez	<0,0001	0,414	0,0438*
Aerobios mesófilos vs. Humedad	<0,0001	-0,4737	0,0235*
Coliformes vs. Humedad	<0,0001	-0,5501	0,009*
Mohos y levaduras vs. Humedad	<0,0001	-0,3829	0,0584

*Efecto significativo ($p < 0,05$).

VI. DISCUSIÓN

El cocotero (*Cocos nucifera* L.) es el cultivo arbóreo más extendido en el mundo, se utiliza como fuente de alimento, bebida, aceite, fibra, combustible, madera y otros productos. Actualmente es reconocido como uno de los cultivos perennes más rentables a nivel mundial, debido a su aprovechamiento integral y la enorme demanda de sus productos y subproductos (Alvarado *et al.*, 2013). Sin embargo, la vida útil de estos productos del coco es muy limitada a temperatura ambiente debido a las actividades microbianas (Kajs *et al.*, 1976) y a cambios producidos en los componentes físicos y químicos de la nuez de coco.

Motivado a la importancia de dar seguimiento a la calidad sanitaria de los alimentos procesados, de manera que se garantice su inocuidad tal y como establece el artículo 5 del Reglamento General de Alimentos, decreto número 525 (Gaceta Oficial N° 25.864, 1959), el control y conocimiento de la actividad microbiana en el uso de materias primas como la pulpa de coco es esencial para la industria.

Según Pineda y Kopper (2001), durante el almacenamiento a temperatura ambiente, ocurren algunos cambios favorables tanto en los componentes como en otras características de la nuez del coco; por ejemplo, aumenta el contenido de aceite, se reduce el contenido de humedad del endospermo y se facilita el descasque. Sin embargo, cuando se genera un calentamiento excesivo de las nueces, debido a temperaturas

ambientales elevadas, estos componentes pueden estar sujetos a deterioro de la calidad, pudiendo presentarse acidez elevada, rompimiento de la cáscara, actividad microbiológica y también oscurecimiento del endospermo.

1. Análisis microbiológico de la pulpa de coco

En los análisis elaborados a la pulpa de coco de un lote del proveedor A, procedente de la localidad Palmasola en el estado Falcón, los recuentos de placas aeróbicas variaron de $3,3 \times 10^5$ UFC/g, el primer día de almacenamiento, hasta $5,5 \times 10^7$ UFC/g el último día de muestreo en almacenamiento (Tabla 2), considerando los recuentos obtenidos y de acuerdo a lo establecido en la norma salvadoreña NSO 67.18.01:01, citada por Murcia (2010), que establece que el recuento máximo permitido de microorganismos aerobios mesófilos debe ser menor de 1.000 UFC/ml, los recuentos de placas aeróbicas en la pulpa de coco se encontraban fuera de los criterios de calidad de dicha norma desde el comienzo del almacenamiento.

Se detectaron grandes cantidades de bacterias coliformes totales en las muestras que tenían altos recuentos de placas aeróbicas. No se detectó la presencia de coliformes fecales, como *Escherichia coli*, en los contajes de placas para coliformes. Los recuentos de coliformes totales variaron entre $2,5 \times 10^4$ hasta $5,2 \times 10^7$ UFC/g (Tabla 2); en el caso de contaje de coliformes la norma salvadoreña no hace referencia a una cuantificación directa de estos microorganismos. A pesar de que la presencia de estos microorganismos en el producto es indicativa de contaminación fecal en el alimento, lo cual es un criterio

clave en la evaluación de la calidad sanitaria de los alimentos, se debe considerar que durante el proceso productivo de fabricación de coco rallado desecado (Figura 1), se tienen diferentes puntos de control para disminuir y/o eliminar la cantidad de estos microorganismos indicadores y los otros tipos microbianos presentes, para asegurar la inocuidad del producto terminado (coco rallado desecado).

El conteo de hongos filamentosos (mohos) y levaduras varió entre $3,2 \times 10^5$ hasta $4,8 \times 10^7$ UFC/g (Tabla 2). Al comparar los resultados obtenidos con la norma salvadoreña NSO 67.18.01:01 que establece que el recuento de mohos y levaduras debe ser menor a 20 UFC/ml, y debido a que todos los conteos de mohos y levaduras fueron superiores a lo establecido por la norma se considera la materia prima fuera de los criterios de calidad para este parámetro.

Los conteos obtenidos de bacterias aerobias por Kajs *et al.* (1976), donde los recuentos de placas aeróbicas variaron entre 8×10^5 a $2,2 \times 10^{10}$ NMP por caparazón, recuentos de bacterias coliformes totales variaron entre menos de 300 a $1,1 \times 10^8$ NMP y los recuentos de mohos y levaduras entre 1×10^5 a $1,3 \times 10^8$ NMP por caparazón, fueron poblaciones estimadas muy grandes. Mientras que los rangos observados en este estudio variaron entre 10^4 hasta 10^7 UFC/g (Tabla 2) entre los diferentes tipos microbianos evaluados, los cuales fueron recuentos bastante altos.

Los altos contajes microbianos observados en la pulpa de coco pueden deberse a que a pesar de que el fruto entero ofrece barreras naturales que impiden la penetración de microorganismos al endospermo, por la presencia del exocarpio y el endocarpio, el coco constituye un medio ideal para el crecimiento bacteriano debido a su contenido de grasas, azúcares y proteínas (Utzinger *et al.*, 1995).

Existen bacterias y otros microorganismos que pueden sobrevivir por años en alimentos con alto contenido de grasa, probablemente debido a la protección que esta ejerce sobre el microorganismo, por esto el coco es reconocido como un alimento de riesgo para la transmisión de microorganismos patógenos como *Salmonella* (Utzinger *et al.*, 1995), y *Escherichia coli*, sin embargo, existen pocos datos sobre la presencia de estos microorganismos en el producto, posiblemente producido a lo difícil que resulta su aislamiento en el mismo.

El alto conteo microbiano de la cáscara de coco probablemente también resultó debido al contacto con superficies contaminadas, por ejemplo, almacenado de nueces secas en el suelo, secado del coco en suelos de cultivos contaminados o perniciosos, y de la manipulación y el transporte en condiciones insalubres.

Los tipos bacterianos encontrados en este estudio están ampliamente distribuidos en la naturaleza y su presencia en la nuez de coco podría esperarse. Las levaduras y mohos que constituían una parte importante de la flora microbiana de la pulpa de coco no se

identificaron hasta género y especie, sólo se aislaron ambos morfotipos (mohos y levaduras) y contabilizaron en placas de Petri con agar extracto de levadura, los morfotipos de levaduras aparecieron con mayor frecuencia respecto a los morfotipos de mohos. Los recuentos de hongos en las pulpas de coco fueron mayores a los recuentos de bacterias aerobias y coliformes. Según Kajs *et al.* (1976), se espera que los hongos desempeñen un papel dominante en la microflora cuando se produce el contacto con el suelo, como es el caso en la manipulación y el almacenamiento de los cocos.

De acuerdo al mismo autor, existen variaciones en los tipos bacterianos y la distribución de estos tipos en las cáscaras de coco entre frutos secos del mismo lote y de nueces de diferentes países, en su estudio evaluando las conchas de 5 países determinó que los tipos de bacterias presentes con mayor frecuencia de aparición en el caparazón fueron *Microbacterium*, Enterobacteriaceae, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Acinetobacter*, bacterias corineformes, *Bacillus*, *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Lactobacillus*, *Staphylococcus* y *Streptococcus*. Los tipos bacterianos que constituyeron al menos el 20% de la población fueron: *Acinetobacter*, bacterias Corineforme, *Microbacterium*, Enterobacteriaceae, *Flavobacterium*, *Micrococcus* y *Pseudomonas*. Estos tipos de bacterias están ampliamente distribuidos en la naturaleza y su presencia en el caparazón es de esperarse.

Kajs *et al.* (1976), también reportan que, en pulpas removidas asépticamente, el NMP de coliformes fecales, *Escherichia coli* y estafilococos coagulasa-positivos fue menor a 3

por g. Además, *Salmonella* estuvo ausente en muestras de 25 g de pulpa. Algunas pulpas tenían recuentos de placas aeróbicas relativamente bajos (2.700-6.000/g), y otras tenían recuentos superiores a 10^6 por g, como los encontrados en este estudio. Sin embargo, los autores sugieren que la superficie interna del núcleo de un coco no dañado debe ser estéril. Se han reportado altos recuentos bacterianos en la superficie interior de algunos frutos secos aparentemente no dañados, y se considera que el daño a la concha y la contaminación posterior, que posiblemente implique crecimiento microbiano, pueden haber sido responsables de los recuentos relativamente elevados.

2. Análisis fisicoquímico de la pulpa de coco

La humedad, el aceite, los carbohidratos, la proteína, la fibra cruda y las cenizas son los componentes principales de la pulpa de coco madura, los tres primeros elementos constituyen más del 90% de la composición de la pulpa de coco (Pineda y Kopper, 2001).

2.1. pH

El pH varía con la cantidad de compuestos ácidos y básicos existentes en el medio. Por tanto, cuanto mayor sea la cantidad de sustancias ácidas presentes en el alimento menor será el pH y más ácido será el alimento. Se consideran ácidas aquellas sustancias con un pH entre 1 y 6. El pH es una medida de la acidez de un alimento y otros productos, y es un factor intrínseco que afectan el crecimiento de los microorganismos en los alimentos (In food quality, 2010).

El pH de la pulpa de coco varió de 5,58 a 6,55 en las 18 nueces examinadas durante los 21 días de almacenamiento (Figura 15), donde los valores promedio de pH oscilaron entre 6,11 y 6,42. A pesar de que no se pudo comparar el pH de la pulpa de coco con ninguna norma nacional o internacional ya que se carece de información al respecto, Murcia (2010) señala que las lecturas de pH en el agua de coco envasada según lo establecido en la norma salvadoreña NSO 67.18.01:01 deben comprenderse entre un valor mínimo de 2,4 hasta un máximo de 4,4, también señala que la FAO ha determinado que el rango de pH para el agua de coco debe ser de 5 a 5,4. Los rangos de pH de la pulpa de coco son superiores a los establecidos para el agua de coco, se considera el pH del agua de coco ligeramente más ácido que el de la pulpa misma.

Balasubramaniam y Sihotang (1979), indican que la pulpa fresca del coco normalmente tiene un pH de 6,3 cuando se homogeniza en agua, y que este es el pH natural de la fruta de coco, por lo que, el pH obtenido en las nueces examinadas coincide con el reportado por los autores. Durante el almacenamiento las variaciones de pH, examinadas mediante un análisis de correlación, no presentaron tendencias significativas ($p > 0,05$) en el tiempo (Tabla 5).

En microbiología, el desarrollo de un determinado microorganismo ocurre dentro de determinados rangos de pH. La mayoría de bacterias crecen en medios con rangos de pH óptimos entre 6,5 a 7,5; los rangos de pH mínimos varían entre 4,5 a 5,5 y los rangos de pH máximo entre 8,5 a 9. Por su parte, los mohos pueden crecer en intervalos de pH

óptimo entre 4,5 a 6,8, con rangos de pH mínimos entre 1,5 a 3,5 y rangos máximos de 8 a 11. Las levaduras, a su vez, tienen un intervalo de pH óptimo similar, entre 4 a 6,5, e intervalos mínimos de 1,5 a 3,5 y máximo de 8 a 8,5 (In food quality, 2010). Por lo que el pH de la pulpa de coco puede considerarse óptimo para el crecimiento de microorganismos como bacterias y hongos.

El pH afecta no sólo el crecimiento microbiano en los alimentos sino también la tasa de supervivencia de estos microorganismos durante el almacenamiento y los diversos tratamientos de conservación (In food quality, 2010), debido a esto se hace importante conocer el rango de pH que presenta el producto y su implicación en el deterioro de la calidad del alimento cuando el pH se hace más ácido.

La relevancia de la acidez iónica (pH) se relaciona con la capacidad amortiguadora de los ácidos orgánicos que predominan en el sistema biológico, que está asociada, además, a la presencia de sales, proteínas y otros compuestos coloidales, que permiten al sistema biológico conservar el pH, aun cuando haya pequeñas variaciones en la cantidad de ácidos o bases presentes, o por la adición de éstos. El pH también es una medida de la intensidad del sabor ácido de un producto, además, es muy importante en el control del desarrollo de poblaciones de microorganismos, de la actividad de sistemas enzimáticos, en el proceso de clarificación de jugos y bebidas, en la estabilidad de los mismos y de otros productos elaborados a partir de frutas cuya estabilidad, color y sabor están determinados por la concentración de iones hidrógeno (Medina y Pagano, 2003).

2.2. Acidez

La acidez del aceite contenido en el coco fresco es uno de los más importantes determinantes en la calidad de la nuez y sus productos industriales. La acidez de la pulpa varió de 0,51% m/m a 2,56% m/m en las 18 nueces examinadas durante los 21 días de almacenamiento (Figura 16), los valores promedio de acidez oscilaron entre 0,65% m/m y 2,06% m/m para los 3 días de toma de muestras. De acuerdo a la norma Codex Stan 177 (1991), los factores de calidad de las características físicas y químicas del coco deshidratado establecen que parámetros como la acidez total del aceite extraído del coco desecado debe cumplir el requisito de ser menor o igual a 0,3% m/m medida como ácido láurico, sin embargo, los valores de acidez obtenidos para la pulpa de coco fueron superiores desde el comienzo del periodo de almacenamiento, por lo que es importante considerar el posible deterioro de la calidad que presente el producto como materia prima debido a los elevados valores de acidez, que además aumentaron considerablemente durante el almacenamiento.

Los porcentajes de acidez del aceite de coco reportados por Pineda y Kopper (2001), variaron entre 0,05% y 0,25% en dos lotes que se almacenaron a temperatura de 5°C y con humedad relativa superior al 80%, valores de acidez inferiores a los obtenidos en este estudio.

La determinación de acidez de la pulpa de coco resultó en una variación significativa ($p < 0,05$) en el tiempo (Tabla 5) a temperatura media de 17,6°C (Figura 12) y humedad

relativa media de 61,7% (Figura 13). En el trabajo realizado por Pineda (2001), se observó que, de las variables evaluadas durante el tiempo de almacenamiento, el aceite y la acidez del aceite de las nueces de coco también presentaron tendencias significativas ($p < 0,05$) en el tiempo, del mismo modo que ocurrió en este estudio. A medida que aumentó el tiempo de almacenamiento la acidez promedio de la pulpa fue aumentando. Esto debido a que, según el autor, conforme la semilla madura, la acidez del aceite va aumentando.

2.3. Humedad

La determinación precisa del contenido en agua de los alimentos es una operación común debido a que todos los alimentos contienen agua en mayor o menor proporción. El agua se encuentra en los alimentos en dos formas: agua libre y agua ligada. El agua libre es la forma predominante, se libera con facilidad por evaporación o por secado. El agua ligada está combinada o unida en alguna forma química a las proteínas y a las moléculas de sacáridos y adsorbida en la superficie de las partículas coloidales (García y Fernández, 2012).

El porcentaje de humedad de la pulpa de coco varió de 38,66% a 64,09% en las 18 nueces examinadas durante los 21 días de almacenamiento (Figura 16), donde la media del contenido de humedad varió entre 49,65% y 50,97% para los días de toma de muestras. Sin embargo, no se lograron comparar estos datos obtenidos con otras normas nacionales o internacionales específicas para la pulpa de coco ya que se carece de información sobre este subproducto. Para el coco rallado antes de ser desecado se han

reportado porcentajes de humedad de aproximadamente 50% (Empresa Procesadora de Alimentos Santa Ana, 2016).

El contenido de humedad reportado por Pineda y Kopper (2001), varió entre 40% y 70% durante 32 días de almacenamiento a 5°C y humedad de la cámara de refrigeración superior a 80%, a pesar de que las condiciones de almacenamiento no eran similares, los contenidos de humedad obtenidos por los autores corresponden con el rango reportado en este estudio.

En su trabajo, Pineda y Kopper (2001), también señalan que el contenido de humedad del coco disminuye durante su almacenamiento a temperatura ambiente. Sin embargo, las humedades relativas elevadas (>50%) reportadas en el área del almacén (Figura 13) pudieron impedir que el coco se resecara. Esto podría explicar el hecho de que la pulpa de coco no registrará una variación significativa ($p>0,05$) en el contenido de humedad durante el almacenamiento (Tabla 5).

Conocer el contenido de agua de los alimentos es de gran importancia y poder controlarlo tiene aplicaciones útiles como: saber cuál es la composición centesimal del producto, controlar las materias primas en la industria y facilitar su elaboración, prolongar su conservación impidiendo el desarrollo de microorganismos y otras reacciones de deterioro químicas o enzimáticas indeseables, mantener su textura y consistencia, cumplir los límites fijados por la normativa vigente, entre otras (García y Fernández, 2012).

A pesar de que el análisis de correlación indicó una variación significativa de uno de los componentes evaluados en función del tiempo, como lo fue la acidez titulable (Tabla 5), esta variación no se observó siempre, pues sólo en el caso del porcentaje de acidez la recta de mejor ajuste resultó significativa. Por la tanto, se debe considerar que la nuez de coco es una materia prima muy variable y que las características del coco fresco influyen en su comportamiento durante el almacenamiento.

3. Relación entre parámetros microbiológicos y fisicoquímicos

La calidad del coco no depende sólo de la composición química, sino también de las características sensoriales y microbiológicas. Según Pineda y Kopper (2001), si el coco se almacenará por un periodo inferior a un mes, la acidez del aceite no sería la limitante al período de almacenamiento pues, antes de cumplido este tiempo, otros factores como la propia pudrición del producto limitarían el tiempo de almacenamiento.

Las características sensoriales del coco también permiten inferir sobre la calidad del alimento y relacionarlo con la variación de los componentes físicos, químicos y microbiológicos. Los cocos que mostraron cambios en la coloración, el sabor rancio y la textura blanda en la pulpa (Tabla 3) también presentaron bajos niveles de pH y alto contenido de acidez. Además de elevados recuentos de placas aeróbicas y mohos y levaduras.

De acuerdo a Kajs *et al.* (1976), los recuentos de placas aeróbicas entre niveles de $1,2 \times 10^6$ a $1,7 \times 10^8$ por g es un rango en el que pueden esperarse graves defectos organolépticos en el coco (acidez, rancidez) y donde la seguridad o salubridad del producto se vuelve cuestionable, por lo que, el uso del producto como materia prima se ve afectado.

En el análisis de correlación (Tabla 5), sólo en el caso del porcentaje de acidez de la pulpa de coco la variación en el tiempo resulto significativa ($p < 0,05$), por lo que se consideró dicha variación para determinar una posible correlación con el componente microbiológico de la nuez de coco.

La prueba no paramétrica de Wilcoxon permitió determinar si el emparejamiento entre los componentes fisicoquímicos y microbiológicos del coco era efectivo, y mediante el coeficiente de correlación no paramétrico de Spearman (r_s) establecer el tipo de emparejamiento positivo o negativo que se obtuvo. La correlación de Spearman nos permitió determinar que existía una correlación significativa (r_s positivo, $p < 0,05$) entre los recuentos de placas de bacterias aerobias mesófilas y el porcentaje de acidez, y los recuentos de mohos y levaduras y el porcentaje de acidez de la pulpa (Tabla 6).

En primer lugar, el aumento de la acidez puede deberse a que en las semillas oleaginosas crudas, como las nueces, las lipasas catalizan la desesterificación de los triglicéridos, digiriendo los aceites durante la germinación, por lo que, a medida que la

semilla madura, la acidez del aceite va aumentando (Pineda y Kopper, 2001), debido a que no se realizaron más pruebas para determinar la posible relación que hay entre el componente químico acidez de la pulpa y los componentes microbiológicos, no se determinó en este estudio cuál es la posible acción que desempeñan los microorganismos en el aumento de la acidez en la pulpa de coco ni el grado de relación entre dichos componentes, por tanto, se recomienda realizar mayor cantidad de observaciones en otras pulpas de coco de otros lotes del mismo proveedor y de distintos proveedores para determinar si la correlación obtenida en este estudio es considerable.

Garrido *et al.* (2000), señalan que la lipólisis está relacionada con la hidrólisis de los triglicéridos (ruptura en glicerol y ácidos grasos) lo que aumenta la acidez. La lipólisis puede estar provocada por microorganismos o por enzimas. Los microorganismos tales como bacterias, hongos y levaduras liberan la enzima lipasa, actúan durante el almacenamiento y se incrementan con el aumento de la temperatura, en el caso de las aceitunas, mientras que la lipólisis enzimática (producida por enzimas naturales) aumenta en frutos que permanecen más tiempo en el árbol o en contacto con el suelo o en almacén, y/o son golpeados, y/o picados por insectos.

Pineda y Kopper (2001), establecen que existe gran variabilidad en la composición de la nuez del coco, que por sí misma es muy variable y puede depender de otros factores como la época del año, y del grado de maduración y desarrollo del fruto.

4. Efecto de las condiciones de almacenamiento

El tiempo de almacenamiento para la nuez de coco maduro depende de la temperatura, cuanto más próxima esté a los 2,2°C por más tiempo se conservará el producto, debido a que el almacenamiento a temperaturas de refrigeración asegura una vida útil más prolongada y la obtención de productos procesados de mejor calidad (Pineda y Kopper, 2001).

La temperatura óptima de crecimiento de los microorganismos mesófilos aerobios es entre 20°C y 40°C, a su vez los microorganismos psicrófilos tienen una temperatura óptima de crecimiento de 15°C o inferiores, y los psicotróficos son microorganismos que crecen a temperaturas entre 0°C y 7°C, pero cuya temperatura ideal es entre 20°C y 30°C (In Food Quality, 2010). El rango de temperatura en almacenamiento varió entre 14,8°C y 21,8°C y la temperatura media fue de 17,6°C (Figura 12), se consideran estos rangos de temperatura óptimos para el crecimiento de estos tipos microbianos.

La temperatura es uno de los factores más relevantes en el crecimiento de los microorganismos, en seguridad alimentaria este es uno de los factores más importantes a considerar, ya que, en lo que respecta a las toxiinfecciones de origen alimentario, la utilización de temperaturas inadecuadas durante el procesado de los alimentos se apunta como la principal causa de toxiinfecciones (In Food Quality, 2010).

Si la temperatura a la que los microorganismos son expuestos aumenta o disminuye, el crecimiento será más lento. Por encima de la temperatura máxima o por debajo de la mínima el crecimiento se detiene, pero no siempre ocurre la muerte de los microorganismos (In Food Quality, 2010), por esto, el control de la temperatura durante el almacenamiento de la materia prima es fundamental para la conservación del producto antes de su procesamiento.

Los elevados recuentos de microorganismos aerobios mesófilos, coliformes y mohos y hongos, y el aumento de estos recuentos durante el almacenamiento pueden estar relacionados a la elevada temperatura del almacén.

Kajs *et al.* (1976), establecen que, en condiciones adecuadas de procesamiento, se producen grandes reducciones en el recuento de placas aeróbicas y el recuento de mohos y levaduras. Los coliformes y *E. coli* usualmente son completamente eliminados. Estas bacterias que pertenecen a las Enterobacteriaceae son muy sensibles al calor y se pueden destruir si el producto se procesa adecuadamente. La aparición de estos organismos en el producto procesado por calor puede ser causada por la contaminación posterior al tratamiento con calor.

Las condiciones de la concha, el tipo de manejo y las condiciones de almacenamiento pueden determinar si los microorganismos penetran y contaminan la pulpa y el agua de coco como muestran Pineda y Kopper (2001). Durante el almacenamiento del coco en refrigeración el control de la temperatura y de la humedad es esencial, ya que cuando la

humedad es alta se desarrollará descomposición en el producto en el transcurso de pocas semanas. Pineda y Kopper (2001), consideran un periodo máximo de tres semanas de almacenamiento a 5°C y con humedad relativa superior al 80% como adecuado para el consumo o el procesamiento industrial del coco, pues en ese periodo no se observarán cambios excesivos en su composición química.

La caracterización de los componentes físicos y químicos del coco y los diferentes tipos microbianos presentes en el alimento permiten determinar cuáles son las condiciones de manejo, traslado, almacenamiento y procesamiento que debe tener esta materia prima para su utilización en la industria sin que se vea afectada la calidad del producto. El conocimiento acerca de los rangos de pH, acidez y contenido de humedad de la pulpa de coco, así como los recuentos de bacterias aerobias mesófilas, coliformes totales y de hongos filamentosos (mohos) y levaduras permite establecer cuáles son las condiciones de calidad microbiológica en que se encuentra el producto. A su vez, la posible correlación observada en este estudio entre los recuentos de bacterias aerobias mesófilas y mohos y levaduras y el porcentaje de acidez de la pulpa de coco pueden dar pie a nuevas investigaciones en torno a esta posible relación y las reacciones y mecanismos físicos, químicos y microbianos involucrados.

VII. CONCLUSIONES

1. Los recuentos de placas aeróbicas variaron entre $3,3 \times 10^5$ hasta $5,5 \times 10^7$ UFC/g de pulpa de coco durante los 21 días de almacenamiento.
2. Los recuentos de coliformes totales variaron entre $2,5 \times 10^4$ hasta $5,2 \times 10^7$ UFC/g de pulpa de coco durante los 21 días de almacenamiento.
3. El conteo de hongos filamentosos (mohos) y levaduras varió entre $3,2 \times 10^5$ hasta $4,8 \times 10^7$ UFC/g de pulpa de coco durante los 21 días de almacenamiento.
4. Los elevados recuentos microbianos en la cáscara de coco se debieron al almacenado de nueces secas en el suelo, y de la manipulación y el transporte en condiciones insalubres, además de las elevadas temperaturas del almacén y la humedad relativa no controlada.
5. El pH de la pulpa de coco varió entre 5,58 a 6,55 durante los 21 días de almacenamiento.
6. La acidez de la pulpa de coco varió de 0,51% m/m a 2,56% m/m durante los 21 días de almacenamiento.
7. La determinación de acidez de la pulpa de coco resultó en una variación significativa ($p < 0,05$) durante el tiempo de almacenamiento a $17,6^\circ\text{C}$.
8. El porcentaje de humedad de la pulpa varió de 38,66% a 64,09% durante los 21 días de almacenamiento.

9. Se encontró una correlación significativa (r_s positivo, $p < 0,05$) entre los recuentos de placas aerobias mesófilas y el porcentaje de acidez, y los recuentos de mohos y levaduras y el porcentaje de acidez de la pulpa de coco.

VIII. RECOMENDACIONES

Para los productores

1. Se recomienda la aplicación de técnicas agroecológicas para la protección fitosanitaria y la nutrición del cultivo de coco como señalan Alvarado *et al.* (2013), estas técnicas agroecológicas en el cultivo de coco garantizan la protección de los cultivos con controles biológicos o biopreparados, al igual que el uso de biofertilizantes y abonos orgánicos. Otras técnicas a mencionar son la lombricultura, el compost, los bioplaguicidas, la labranza mínima, entre otras.

Para la industria

2. Se recomienda realizar un baño esterilizante a la pulpa de coco luego del proceso de lavado (Figura 1) a una temperatura entre 70-90°C durante 1 a 10 minutos como señalan Utzinger *et al.* (1995), y un tratamiento de desecación del coco rallado a una temperatura entre 65-80°C durante 2 horas, con el fin de asegurar la disminución y/o eliminación de la carga microbiana en la materia prima, además de asegurar la eliminación de microorganismos patógenos.
3. Se recomienda el almacenamiento a temperaturas que oscilen entre 10 y 15,6°C y humedades relativas bajas, entre 45 y 55%; en estas condiciones los cocos pueden almacenarse de 9 a 11,5 meses sin que aparezca rancidez, amarillez o podredumbre (Pineda y Kopper, 2001).

Recomendaciones generales

4. Con el fin de contribuir al estudio e investigación del uso de la palma de coco como materia prima para la industria en Venezuela, se recomienda continuar el estudio de caracterización microbiológica y fisicoquímica de la pulpa y agua de coco de nuevos lotes de nuez de coco provenientes de distintos estados y localidades del país.
5. Se recomienda el aislamiento e identificación de los géneros de bacterias y hongos encontrados, para así conocer los metabolismos específicos que desempeñan estos microorganismos en el alimento y determinar cuál es la posible relación con la acidificación del coco encontrada en este estudio.
6. Además, se recomienda realizar estudios de lotes de coco fresco en distintas épocas del año y conocer los periodos de cosecha del producto para determinar la maduración del fruto y su papel en la calidad de la materia prima.
7. Realizar más observaciones o tomas de muestra en periodos de tiempo más cortos (cada 2 a 5 días) y menor cantidad de réplicas (2 a 4 réplicas) por día para obtener mayor data y realizar una regresión no lineal para evaluar de forma más precisa la correlación que pueda existir entre los componentes físicos, químicos y microbiológicos del coco.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, K.; A. Blanco, J. Martín, Y. Velásquez, K. Matos. 2013. Situación socio-tecnológica-productiva del cultivo del cocotero en Baracoa, Cuba. *Pastos y Forrajes*, 36 (2): 252-261. 9 p.
- Balasubramanian, K.; K. Sihotang. 1979. Studies of coconut protein and its enzyme activities. *Journal of food science*, 44 (1): 62-65. 4 p.
- Campuzano, S.; D. Mejía, C. Madero, P. Pabón. 2015. Determinación de la calidad microbiológica y sanitaria de alimentos preparados vendidos en la vía pública de la ciudad de Bogotá D.C. *NOVA*, 13 (23): 81-92. 12 p.
- Castillo, G.; C. Domínguez, B. Ruiz. 2003. Aprovechamiento del germoplasma de cocotero para una producción sustentable. Informe Técnico. INIFAP. México. 53 p.
- Codex Stan 177. 1991. Norma del Codex para el coco desecado. 4 p.
- COVENIN 1086. 1984. Norma Venezolana. Alimentos. Método para recuento de bacterias coliformes en placas de Petri. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 8 p.
- COVENIN 1126. 1989. Norma Venezolana. Alimentos. Identificación y preparación de muestras para el análisis microbiológico. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 11 p.
- COVENIN 1151. 1977. Norma Venezolana. Frutas y productos derivados. Determinación de la acidez. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 12 p.

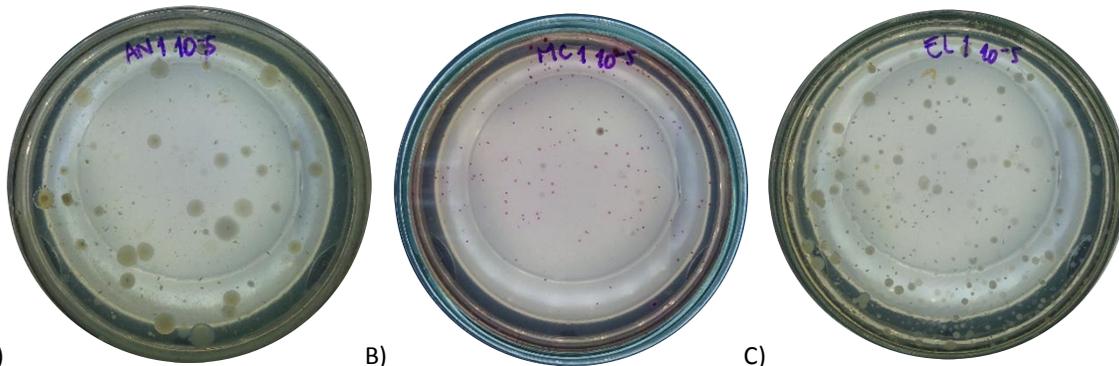
- COVENIN 1315. 1979. Norma Venezolana. Alimentos. Determinación del pH (Acidez Iónica). Fondonorma. Caracas, Venezuela. 7 p.
- COVENIN 1337. 1990. Norma Venezolana. Alimentos. Método para recuento de mohos y levaduras. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 10 p.
- COVENIN 1553. 1980. Norma Venezolana. Productos de cereales y leguminosas. Determinación de humedad. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 6 p.
- COVENIN 1769. 1981. Norma Venezolana. Frutas toma de muestras. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 12 p.
- COVENIN 902. 1987. Norma Venezolana. Alimentos. Método para recuento de colonias de bacterias aerobias en placas de Petri. Fondonorma. Caracas, Venezuela. 9 p.
- Domínguez, E.; J. López, R. Castillo, B. Ruiz. 1999. El cocotero (*Cocos nucifera* L.). Manual para la producción en México. Campo experimental Huimanguillo. Libro técnico No. 6. Tabasco, México. 132 p.
- Empresa Procesadora de Alimentos Santa Ana. C.A. 2016. Memoria descriptiva. Proyecto deshidratado de coco rallado. Aragua, Venezuela. 10 p.
- Gaceta Oficial N° 25.864. 1959. Reglamento General de Alimentos. Decreto Número 525 – 12 de enero de 1959. Caracas, Venezuela. 12 p.
- García, E.; I. Fernández. 2012. Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. España. 5 p.

- García, J.; M. Guerrero. 2003. Guía técnica. Cultivo del cocotero. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). 48 p.
- Garrido, A. Sánchez, M. Cobo, C. 2000. Calidad en aceite de oliva II. Alimentación, Equipos y Tecnología. P. 135-142.
- Gibbons, M. 1996. Palmeras. Guía de estudio e identificación. Ediciones Omega. Barcelona, España. 80 p.
- Granados, D.; G. López. 2002. Manejo de la palma de coco (*Cocos nucifera* L.) en México. Universidad Autónoma Chapingo. México-Texcoco, Chapingo, Estado de México. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8 (1): 39-48. 10 p.
- Gutiérrez, D. 2013. Manual técnico del cultivo de cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Venezuela. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Falcón, Venezuela. 141 p.
- In food quality. 2010. Microbiología y alimentos. Education and Culture. Lifelong learning programme. Leonardo Da Vinci. 28 p.
- Kajs, T.; R. Hagenmaier, C. Vanderzant, K. Mattil. 1976. Microbiological evaluation of coconut and coconut products. *Journal of food science*, 41: 352-356. 5 p.
- Lizano, M. 2001. Guía técnica del cultivo de coco. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Programa Nacional de Frutas de El Salvador. El Salvador. 54 p.
- Madigan, M.; J. Martinko, P. Dunlap, D. Clark. 2009. Biología de los microorganismos. Págs. 161-162. Pearson Educación, S.A., Duodécima Edición. 1296 p.

- McCurrach, C. 1970. Palms of the world. Harper & Brothers. New York, USA. 290 p.
- Medina, M.; G. Pagano. 2003. Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) tipo “Criolla Roja”. *Fac. Agron*, 20 (1).
- Murcia, E. 2010. Evaluación de la calidad microbiológica del agua de coco envasada en presentación de un litro, registrada y comercializada en el distrito No. 2 del área metropolitana de San Salvador. Trabajo de graduación. El Salvador.
- NSO 67.18.01:01. Productos alimenticios. Bebidas no carbonatadas sin alcohol. Especificaciones. Norma salvadoreña. 17 p.
- Pineda, M.; G. Kopper. 2001. Efecto del almacenamiento en refrigeración sobre las características químicas del coco (*Cocos nucifera* Linn.). *REVITECA*, 8: 15-20. 6 p.
- PRT-701.02-023. Determinación de humedad. Método de la estufa de aire. Instituto de Salud Pública de Chile. Sub-departamento Laboratorio del ambiente. Sección química de alimentos. Rev. No. 0. 2 p.
- Ruiz, J. 1999. Requerimientos Agroecológicos de Cultivos. Libro Técnico No. 3. México. 56 p.
- Utzinger, D.; L. Cerdas, M. Arias, R. Monge. 1995. Presencia de *Salmonella* sp. en coco (*Cocos nucifera* Linn) deshidratado. *Cost. de Ciencias Médicas*, 16 (4): 23-26. 4 p.
- Wilcoxon, F. 1945. Individual comparisons by ranking methods. *Biometrics Bulletin*, 1 (6): 80-83. 4 p.

Consultas en línea:

- FAO STAT. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Producción mundial de oleaginosas. [En línea]. 2012. [citado 2018, marzo 12]. Disponible en: <http://faostat.fao.org>
- Graphpad Prism 7. Interpreting results: Normality tests. [En línea]. 2017. [citado 2018, abril 24]. Disponible en: https://www.graphpad.com/guides/prism/7/statistics/index.htm?stat_choosing_a_normality_test.htm
- Graphpad Prism 7. Results: Wilcoxon matched pairs test. [En línea]. 2017. [citado 2018, abril 24]. Disponible en: https://www.graphpad.com/guides/prism/7/statistics/index.htm?how_the_wilcoxon_matched_pairs_test_works.htm

ANEXO**Anexo N° 1**Dilución 10^{-4} Dilución 10^{-5} 

A)

B)

C)

Figura 18. Pruebas microbiológicas: A) Agar nutritivo, B) Agar MacConkey, C) Agar extracto de levadura de la muestra No. 13 de pulpa de coco del día 21 de muestreo.

Anexo N° 2

Tabla 7. Análisis fisicoquímico de la pulpa de coco en almacenamiento a 17,6°C durante 21 días.

Muestra	pH	D.E.	Acidez (% m/m)	D.E.	Humedad (%)	D.E.
Día 0						
1	6,37	0,01	0,67	0,04	50,42	0,85
2	6,38	0,01	0,72	0,04	40,62	0,23
3	6,24	0,01	0,91	0,00	55,52	1,00
4	6,55	0,01	0,51	0,04	56,67	0,39
5	6,55	0,01	0,53	0,00	52,24	1,58
6	6,41	0,03	0,53	0,00	42,40	2,36
Día 14						
7	6,38	0,01	0,64	0,00	42,64	2,27
8	6,29	0,01	1,01	0,00	38,66	1,40
9	6,07	0,01	1,60	0,00	58,98	0,04
10	5,58	0,00	1,92	0,00	56,76	0,23
11	6,25	0,00	1,36	0,04	44,68	0,11
12	6,11	0,01	0,93	0,04	64,09	2,04
Día 21						
13	6,30	0,01	1,98	0,00	42,21	0,81
14	6,02	0,00	2,56	0,00	46,20	0,22
15	6,00	0,01	2,19	0,08	55,71	0,34
16	6,24	0,01	1,71	0,00	32,72	1,66
17	6,27	0,01	2,48	0,04	46,39	1,25
18	6,42	0,01	1,44	0,00	44,24	0,93

D.E. = Desviación estándar.