

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL _____	i
INDICE DE TABLAS _____	iv
INDICE DE FIGURAS _____	vi
RESUMEN _____	viii
I.- INTRODUCCION _____	1
II.- OBJETIVOS _____	4
1.- Objetivo General_____	4
2.- Objetivos Específicos_____	4
III.- REVISION BIBLIOGRAFICA _____	5
1.- El CAFE _____	5
1.1.- Generalidades del Café_____	5
1.2.- Características Botánicas del la Planta de Café_____	6
1.3.- El Cultivo del Café_____	8
1.4.- Enfermedades y Plagas Comunes del Cafeto_____	10
1.5.- El Cultivo del Café en Venezuela_____	10
1.6.- Recolección y Tratamiento de los Granos de Café_____	12
1.7.- Clases de Café Crudo_____	17
1.8.- El Café Tostado_____	18
1.9.- Almacenado y Envasado del Café_____	19
1.10.- Flora Fúngica Presente en Granos de Café Verde_____	21
2.- LOS MOHOS _____	23
2.1.- Importancia de los Mohos en los Alimentos_____	23
2.2.- Clasificación y Descripción de los Mohos_____	24
2.3.- Micotoxinas_____	29
2.4.- Las Ocratoxinas y su Detección_____	30
2.5.- Factores que Influyen en la Formación de Micotoxinas_____	32

2.6.- Medios Utilizados para la Determinación de Hongos_____	33
3.- METODOS DE CONSERVACION DE LOS ALIMENTOS_____	35
3.1.- Métodos de Conservación en Alimentos_____	35
3.2.- El Calor como Método de Preservación en los Alimentos_____	36
4.- LAS RADIACIONES_____	37
4.1.- Tipos de Radiaciones y su Clasificación_____	37
5.- LAS MICROONDAS_____	41
5.1.- Tratamiento Calórico en Alimentos Mediante la Utilización de Microondas_____	41
5.2.- Mecanismo de Transferencia de Calor Mediante el Uso de Microondas_____	43
IV.- MATERIALES Y METODOS_____	48
1.- Toma de Muestras_____	48
2.- Análisis Proximal de los Granos de Café Verde_____	49
3.- Caracterización Fisicoquímica de los Granos de Café Verde_____	50
4.- Determinación del Porcentaje de Granos Defectuosos_____	50
5.- Determinación de la Actividad de Agua (a_w)_____	50
6.- Clasificación de los Granos de Café Verde_____	50
7.- Determinación del Contaje Total de Mohos e Identificación_____	52
8.- Determinación del Grado de Infestación o Colonización de los Granos de Café_____	52
9.- Identificación de los Mohos Presentes en los Granos de Café Verde_____	53
10.- Evaluación de la Capacidad Toxigénica de las Cepas Fúngicas Aisladas_____	54
11.- Metodología para la Aplicación del Tratamiento de Radiaciones de Microondas_____	56
12.- Aplicación de Pruebas de Viabilidad_____	57
13.- Análisis de Datos Obtenidos_____	58
V.- RESULTADOS Y DISCUSIONES_____	64
1.- COMPOSICION QUIMICA PROXIMAL_____	64
1.1.- Análisis Proximal de los Granos de Café Verde_____	64
1.2.- Caracterización Fisicoquímica de los Granos de Café Verde_____	67

2.- ANALISIS MICROBIOLÓGICO _____	71
2.1.- Determinación del Contaje Total de Mohos_____	71
2.2.- Determinación del Grado de Colonización de los Granos de Café Verde_____	74
2.3.- Identificación de los Mohos Presentes en los Granos de Café Verde_____	79
2.4.- Evaluación de la Capacidad Toxigénica de las Cepas Fúngicas Aisladas_____	90
2.5.- Aplicación de los Tratamientos de Microondas a los Granos de Café Verde:_____	96
VI.- CONCLUSIONES _____	112
VII.- BIBLIOGRAFIA _____	117

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales países productores de café verde a nivel mundial (2010)_____	6
Tabla 2. Clasificación de las ondas electromagnéticas en las telecomunicaciones_____	40
Tabla 3. Plan de muestreo para el café verde_____	48
Tabla 4. Algunas de las determinaciones realizadas a los granos de café verde_____	49
Tabla 5. Análisis fisicoquímicos realizados a los granos de café verde_____	50
Tabla 6. Características para determinar la clasificación o tipo de grano de café verde_____	51
Tabla 7. Composición química proximal (% en base seca) de los granos de café verde_____	64
Tabla 8. Parámetros fisicoquímicos obtenidos de los granos de café verde_____	67
Tabla 9. Incidencia total de mohos presentes en las muestras de granos de café verde_____	71
Tabla 10. Grado de colonización de los granos de café verde evaluados_____	74
Tabla 11. Porcentaje de mohos presentes en la superficie (contaminación externa) de los granos de café verde, para cada muestra evaluada según su procedencia_____	80
Tabla 12. Porcentaje de mohos colonizantes (contaminación interna) de los granos de café verde, para cada muestra según su procedencia_____	83
Tabla 13. Incidencia total de mohos en los granos de café verde, para cada una de las muestras, después de la aplicación de los tratamientos con microondas, a diferentes tiempos de exposición_____	96
Tabla 14. Porcentaje de colonización de mohos (contaminación interna) en los granos de café verde, para cada una de las muestras evaluadas, después de la aplicación de los tratamientos con microondas, a diferentes tiempos de exposición_____	99
Tabla 15. Valores de actividad de agua obtenidos después de la aplicación de los tratamientos de microondas para cada muestra_____	102
Tabla 16. Resumen de los resultados obtenidos para la incidencia, porcentaje de colonización de mohos y actividad de agua, presentes en la muestra de granos de café verde proveniente de Biscucuy (Edo. Portuguesa), antes y después de la aplicación del tratamiento de microondas a diferentes tiempos de exposición_____	106
Tabla 17. Resumen de los resultados obtenidos para la incidencia de mohos, porcentaje de colonización y actividad de agua, presentes en la muestra de granos de café verde proveniente de Bocono (Edo. Trujillo), antes y después de la aplicación del tratamiento de microondas a diferentes tiempos de exposición_____	107

Tabla 18. Resumen de los resultados obtenidos para la incidencia de mohos, porcentaje de colonización y actividad de agua, presentes en la muestra de granos de café verde proveniente de Guárico (Edo. Lara), antes y después de la aplicación del tratamiento de microondas a diferentes tiempos de exposición_____	108
Tabla 19. Resumen de los resultados obtenidos para la incidencia de mohos, porcentaje de colonización y actividad de agua, presentes en la muestra de granos de café verde proveniente de Rio Claro (Edo. Lara), antes y después de la aplicación del tratamiento de microondas a diferentes tiempos de exposición_____	109
Tabla 20. Resumen de los resultados obtenidos para la incidencia de mohos, porcentaje de colonización y actividad de agua, presentes en la muestra de granos de café verde proveniente de Sanare (Edo. Lara), antes y después de la aplicación del tratamiento de microondas a diferentes tiempos de exposición_____	110
Tabla 21. Resumen de los resultados obtenidos para la incidencia de mohos, porcentaje de colonización y actividad de agua, presentes en la muestra de granos de café verde proveniente de Los Teques (Edo. Miranda), antes y después de la aplicación del tratamiento de microondas a diferentes tiempos de exposición_____	111
Tabla 22. Resumen de los resultados obtenidos para la incidencia de mohos, porcentaje de colonización y actividad de agua, presentes en la muestra de granos de café verde proveniente de Machiques (Edo. Zulia), antes y después de la aplicación del tratamiento de microondas a diferentes tiempos de exposición_____	111

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruto del cafeto (<i>Coffea arabica</i>)_____	7
Figura 2. Flor del cafeto (<i>Coffea arabica</i>)_____	7
Figura 3. Estructura del fruto del cafeto_____	8
Figura 4. Fotografía satelital de las regiones de producción de granos de café en Venezuela	11
Figura 5. Recolección manual de los frutos (pepiteo o desgrane)_____	12
Figura 6. Frutos maduros colocados en el suelo_____	12
Figura 7. Cerezas de café maduras colocadas al aire libre para ser secadas al sol_____	13
Figura 8. Frutos del cafeto después de varios días de ser secados al sol_____	14
Figura 9. Cerezas del cafeto secas (bola seca o parapara)_____	14
Figura 10. Granos de café verde_____	15
Figura 11. Almacenamiento en sacos del café verde_____	15
Figura 12. Despulpado de los frutos del cafeto_____	16
Figura 13. Secado al sol durante varios días de los granos de café después del lavado_____	17
Figura 14. Principales estructuras morfológicas del genero <i>Aspergillus</i> _____	27
Figura 15. Principales estructuras morfológicas del genero <i>Fusarium</i> _____	28
Figura 16. Diagrama de estructuras del genero <i>Penicillium</i> _____	28
Figura 17. Estructura química de la Ocratoxina A_____	32
Figura 18. Equipo de microondas SAIREM utilizado_____	57
Figura 19. Esquema del procedimiento usado para la determinación de mohos, en granos de café verde_____	59
Figura 20. Esquema del procedimiento usado para la determinación de la microflora interna de mohos en granos de café verde_____	60
Figura 21. Metodología utilizada en el laboratorio para la identificación de las cepas de los mohos aislados de las muestras de granos de café verde_____	61
Figura 22. Metodología utilizada en el laboratorio para la identificación microscópica de las cepas de los mohos aislados de las muestras de café verde_____	62
Figura 23. Metodología utilizada en el laboratorio para la evaluación de la capacidad micotoxigénica de las cepas de mohos aisladas de las muestras de granos de café verde_____	63

Figura 24. (a) y (b) Granos de café verde colonizados principalmente por <i>Aspergillus niger</i> Muestra M7 – Machiques (Edo. Zulia)	78
Figura 25. (a) y (b) Granos de café verde colonizados por distintas especies de mohos Muestra M7 – Machiques (Edo. Zulia)	78
Figura 26. <i>Aspergillus ochraceus</i> visto al microscopio	79
Figura 27. <i>Aspergillus niger</i> visto al microscopio	80
Figura 28. (a) y (b) <i>Penicillium citrinum</i> visto al microscopio	81
Figura 29. <i>Aspergillus fumigatus</i> visto al microscopio	81
Figura 30. <i>Rhizopus sp.</i> visto al microscopio	81
Figura 31. Especies de mohos presentes en la superficie (contaminación externa) de los granos de café verde, en cada una de las muestras analizadas según su procedencia	82
Figura 32. Especies de mohos colonizantes (contaminación interna) encontradas en los granos de café verde, en cada una de las muestras analizadas según su procedencia	86
Figura 33. (a) y (b) Anverso y reverso de una placa de Petri con cultivo de moho <i>Fusarium sp.</i> , aislado en agar Czapek	93
Figura 34. (a) y (b) Anverso y reverso de una placa de Petri con cultivo de moho <i>Penicillium</i> <i>sp.</i> , aislado en agar Czapek	93
Figura 35. (a) y (b) Anverso y reverso de una placa de Petri con cultivo de moho <i>Rhizopus sp.</i> , aislado en agar Extracto de Malta (EMA)	94
Figura 36. (a) y (b) Anverso y reverso de una placa de Petri con cultivo de moho <i>Mucor sp.</i> , aislado en agar Extracto de Malta (EMA)	94
Figura 37. (a) y (b) Aislamiento de colonia de <i>Aspergillus niger</i> en placas de Petri con agar Extracto de Malta (EMA) y agar Czapek	95
Figura 38. (a) y (b) Aislamiento de colonia del genero <i>Fusarium sp.</i> , en placas de Petri con agar Czapek y <i>Fusarium sp.</i> , visto al microscopio	95
Figura 39. Incidencia de mohos en los granos de café verde, para cada una de las muestras, después de la aplicación de los tratamientos de microondas a diferentes tiempos de exposición	96
Figura 40. Porcentaje de colonización de mohos (contaminación interna) en los granos de café verde, en cada una de las muestras evaluadas, después de la aplicación de los tratamientos de microondas a diferentes tiempos de exposición	99
Figura 41. Coloración de los granos de café verde sin aplicación de tratamiento de microondas Vs. la coloración de los granos de café verde después de 10 min de exposición a las microondas Muestra M7 – Machiques (Edo. Zulia)	101

RESUMEN

El café es uno de los rubros agrícolas de mayor importancia en la región centro occidental de Venezuela, y al igual que otros muchos granos como: el maíz, el arroz, las leguminosas, la soya y el cacao, este cultivo es afectado por la presencia de algunos tipos de mohos, muchos de los cuales causan efectos adversos desde el punto de vista económico y de la salud.

Por tal motivo, en el presente trabajo se evaluaron 7 muestras de granos de café verde venezolano (*Coffea arabica*), con la finalidad de estudiar la micobiota presente en dichos granos, determinar si los mohos encontrados producen micotoxinas y someter a las muestras a diferentes tratamientos mediante la aplicación de radiaciones de microondas, a distintos tiempos de exposición y observar el efecto que se produce sobre la incidencia de los mohos presentes en los granos de café verde. Las muestras evaluadas provinieron de distintas regiones productoras del país como: Rio Claro (Edo. Lara), Machiques (Edo. Zulia), Biscucuy (Edo. Portuguesa), Sanare (Edo. Lara), Bocono (Edo. Trujillo), Guárico (Edo. Lara) y Los Teques (Edo. Miranda).

En el estudio se obtuvo que la incidencia total de mohos presentes entre las diferentes muestras de café verde evaluadas (antes de la aplicación de los tratamientos de microondas), oscilo entre valores de $7,3 \times 10^4$ UFC/g a $1,8 \times 10^3$ UFC/g, siendo el promedio total de $3,31 \times 10^4$ UFC/g. De las 7 muestras examinadas todas presentaron incidencia de mohos, lo que se traduce en que el 100% de las mismas presentaron contaminación externa de los granos, independientemente de la región de procedencia de cada una de ellas. Las muestras que reportaron la más alta incidencia de mohos fueron las provenientes de Machiques (Edo. Zulia) y de Los Teques (Edo. Miranda) con un $6,3 \times 10^4$ UFC/g y un $7,3 \times 10^4$ UFC/g respectivamente. La incidencia de mohos fue menor en las muestras provenientes de Guárico (Edo. Lara) y Bocono (Edo. Trujillo) con un $1,8 \times 10^3$ UFC/g y un $2,3 \times 10^4$ UFC/g para cada caso.

La totalidad de las muestras analizadas de café verde presentaron una alta colonización interna de los granos, variando los valores obtenidos entre 46,67 % y 98%, siendo el porcentaje promedio de 75,09% entre todas las muestras estudiadas.

Se observó que la especie más predominante en todas las muestras evaluadas, tanto para la contaminación externa, como para la contaminación interna de los granos de café verde (antes de la aplicación de los tratamientos de microondas) fue: *A .niger* la cual represento el (54,79 %) de todas las especies de mohos encontradas, seguido de *P. citrinum* (10,81 %), *A .ochraceus* (4,17 %), *Fusarium sp.* (4,42 %), *Mucor sp.* (8,11%), *Rhizopus sp.* (7,37%), *Aspergillus flavus* (1,97%), *Aspergillus tamarii* (1,73%), *Aspergillus fumigatus* (1,47%) y otros (*Cladosporium herbarum*, *Penicillium sp.* y *Geotrichum candidum*) (5,16%).

El 100% de las cepas de *Aspergillus niger* aisladas resultaron ser productoras de ocratoxina A (OTA).

Al aplicar los tratamientos de microondas a los diferentes tiempos de exposición, a cada una de las muestras, el efecto que producen las microondas sobre la incidencia de mohos en los granos de café verde es que a mayor tiempo de exposición hay una disminución en la incidencia de los mohos presentes en todas las muestras de granos de café verde evaluadas. En promedio hubo una reducción del grado de incidencia de mohos en los granos de café verde del 50, 86 % si se compara la incidencia inicial de los granos de café verde a los 0 minutos de exposición, con la obtenida después de los 10 min de exposición a las microondas. Este mismo efecto se observo en el porcentaje de colonización de los granos de café verde en donde hubo una reducción del porcentaje de colonización en los granos de café verde del 66, 19 % si se compara con el porcentaje inicial de colonización de los granos de café verde a los 0 minutos, con el obtenido después de los 10 min de exposición a las microondas.

Se puede decir que hubo un efecto notorio del poder antifúngico de las radiaciones de microondas sobre los granos de café verde. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0,05$) entre los grupos controles (sin tratamiento) y los granos de café verdes sometidos a los diferentes tratamientos de microondas (a los diferentes tiempos de exposición).

Las características físicas de los granos de café verde después de la aplicación de los tratamientos permanecieron iguales que las del grupo control (sin la aplicación de tratamiento de microondas), no se observaron cambios en el color, ni en la textura de los granos, a excepción del tratamiento durante 10 min de exposición a las microondas, en donde luego de la aplicación del mismo, los granos de café verde cambiaron ligeramente la tonalidad del color verde y lucían algo más amarillos. Este efecto se observó en todas las muestras evaluadas.

Los valores de a_w disminuyeron en cada una de las muestras tratadas, a medida que se exponían durante más tiempo a las radiaciones de microondas. En promedio la actividad de agua que se reportó para todas las muestras a los 0 min de aplicación del tratamiento fue de 0,635 y después de la aplicación del tratamiento de los 10 min fue de 0,512, es decir que la actividad de agua disminuyó en un 19,37 % si se compara con los valores de actividad de agua iniciales de las muestras.