



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

**COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE SECADO DE LEÑOSAS
FORRAJERAS DE ZONAS TEMPLADAS Y ÁRIDAS**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA
VICTOR MANUEL MAYA MUJICA

ASESORA: DRA. DENEBA CAMACHO MORFÍN

COASESORA: Q.B. LILIAN MORFÍN LOYDEN

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO. 2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DRA. SUEMI RODRÍGUEZ ROMO
DIRECTORA DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: L.A. ARACELI HERRERA HERNÁNDEZ
Jefa del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el Art. 28 del Reglamento de Exámenes Profesionales nos permitimos comunicar a usted que revisamos **LA TESIS:**

COMPARACIÓN DE DOS MÉTODOS DE SECADO DE LEÑOSAS FORRAJERAS DE
ZONAS TEMPLADAS Y ÁRIDAS

Que presenta el pasante: **Victor Manuel Maya Mujica**
 Con número de cuenta: **09212798-4** para obtener el Título de: **Médico Veterinario Zootecnista**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO**.

ATENTAMENTE
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
 Cuautitlán Izcalli, Méx. a 2 de Octubre de 2012.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	MPA. Lucas Gelasio Melgarejo Velázquez	
VOCAL	Dra. Deneb Camacho Morfin	
SECRETARIO	MC. César Garzón Pérez	
1er SUPLENTE	MVZ. Bricia Plata Anaya	
2do SUPLENTE	Dra. María de los Ángeles Ortíz Rubio	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 120).
 HHA/pm

AGRADECIMIENTOS
VÍCTOR MANUEL MAYA MUJICA

وقد فر الماضي، والتي تغيب، ولكن هذا هو لك.
Lo pasado ha huido, lo que esperas está ausente, pero el presente es tuyo.

Gracias, bendito Señor, por este nuevo día

Gracias por tu amor, tu luz y tu protección.

Gracias, Señor, por el amor que recito y por el que puedo compartir.

Gracias por la fe, la esperanza y la alegría.

Gracias, oh Dios, por el milagro de la vida y por tantas maravillas que me rodean y que a veces no valoro.

¿Cómo no apreciar ese sol que brilla, los mares y el cielo?

Bendito seas por la majestad de la Creación.

Gracias por la inmensa variedad de plantas y animales, gracias por el ciprés y el girasol, por el delfín y las gaviotas.

Señor, que hoy y siempre mire la luz y no la sombra, que piense en todo lo bueno y borre las quejas con la gratitud.

Gracias por mi familia, por mis amigos y por tantas personas que aman, sirven y siembran esperanza.

Te doy gracias y siento que contigo soy capaz de vencer las penas y el desaliento.

Gracias, Señor; a pesar de los problemas, la vida es un milagro permanente.

A mi mama Tere, tú que con tantísimo esfuerzo contribuiste para que este sueño se lograra regalándome una madre increíble y tu protección incondicional hoy quiero decirte gracias porque siempre creíste en mi, te amo abuelita

A mi madre Jovita que con grandes esfuerzos me dio impulso para seguir adelante y nunca dejar de lado mis sueños quiero decirte gracias por tus sacrificios y tu empeño para hacerme un hombre de bien .te amo mami.

Aunque no estas conmigo pero sé que gracias a ti estoy en este mundo y agradecido estoy por la vida que me regalaste quiero decirte que pese a todo hoy solo puedo decirte que te quise mucho y te recuerdo con mucho cariño gracias. Papa Manuel Maya Pérez (†)

A ti que con todo tu amor y apoyo logre este sueño, porque siempre creíste en mí y me diste la oportunidad de crecer y de animarme siempre y en todo momento, siempre dispuesto a todas mis locuras y necedades gracias tú sabes que siempre te estaré agradecido por siempre. Eduardo Hernández Barrera

A mis hermanos Ernesto y Cesar maya Mujica Gracias por compartir conmigo tantos momentos de felicidad y que siempre contarán con mi apoyo los quiere su hermanito Muchas gracias Teto te quiero muchísimo .

A todas ustedes mis mejores mamas cuando necesite de su apoyo, comprensión, una llamada de atención y sobre todo de su amor estuvieron presentes .Araceli, Etelvina, Ada, Leticia García Menchaca .Las quiero mucho.

Para ti quiero decirte que no tiene valor lo que has hecho hasta el momento por mí, porque más que mi tío, mi amigo incondicional, eres y serás el padre que siempre me guio en todas mis decisiones y compartes momentos inolvidables como este. Tú sabes cuánto te quiero. Ricardo García Menchaca

A ti hermana mas que mi prima , que siempre fuimos cómplices en muchas de nuestras historias y siempre crecimos uno con el otro gracias por todo tu apoyo y todo tu amor Ivonne Rodríguez García. Mí mona preciosa

A mis tíos, primos y familiares que siempre han creído en mi muchas gracias

A todos mis amigos que siempre sus consejos fueron para crecer en grande y siempre tuve su apoyo para desarrollar profesionalmente. Magali Constantino, Fabiola y Maricarmen Bonales, Gina y Lili Hernández, Eduardo Mendoza, Eduardo López, Mauricio Rivas Mier, Ángeles Miranda, Paty Montelongo muchas gracias

A mis amigos tesisistas gracias por el apoyo para concretar este sueño, por los consejos y sobre todo por su amistad y compañerismo en esos momentos donde en las buenas y en las malas siempre con muy buen humor .Gracias Esteban, Vilma, Miguel Ángel y Luz .

Un agradecimiento muy especial porque sin esta grandiosa institución hoy no sería nada gracias

Universidad Nacional Autónoma de México

A mi asesora, y amiga Dra. Deneb Camacho Morfín, por su tiempo y dedicación para lograr este paso importante en mi vida la creación de esta tesis, porque siempre se encargo de cargarme las pilas y siempre un consejo certero donde se necesitaba .gracias por la lección de vida y de desarrollo.

A mi coasesora, Q.B. Lilian Morfín Loyden, gracias por su comprensión y su paciencia y dedicación para con mi persona.

A mis sinodales, M.P.A. Lucas Gelasio Melgarejo, M.V.Z. Bricia Plata Anaya. M C. César Garzón Pérez, Dra. Ma. de los Ángeles Ortiz Rubio; por ser parte de la realización de este proyecto y su tiempo para dar sus mejores puntos de vista muchas gracias .

Índice	Página
Resumen	
1 Introducción	2
1.1 Importancia del contenido de materia seca.	2
1.2 Métodos para determinar la materia seca	3
1.2.1 Método de secado con microondas	3
1.3 Taninos	4
1.4 Leñosas forrajeras	6
1.5 Secado con horno microondas de forrajes	7
2 Objetivos	8
2.1 Objetivo general	8
2.2 Objetivos particulares	8
3 Materiales y métodos	9
3.1 Caracterización del método de secado con microondas	9
3.1.1 Muestras	9
3.1.2 Caracterización	9
3.1.2.1 Secado con microondas	9
3.1.2.2 Variación de los tiempos de exposición iniciales	10
3.2 Efecto del secado con microondas en el contenido de taninos	11
3.2.1 Muestras	11
3.2.3 Secado	12
3.2.4 Determinación de taninos	12
3.2.5 Análisis estadístico	12
4 Resultados	13
4.1 Caracterización del secado con microondas	13
4.2 Variación de los tiempos de exposición inicial	15
4.3 Efecto del secado con horno de microondas en el contenido de taninos	15
5 Discusión	23
6 Conclusiones	25
7 Bibliografía	26

Índice de Cuadros

Cuadro	Título	Página
3.1.	porcentaje de taninos en las diferentes especies forrajeras	11
4.1	Humedad total y tiempo de secado en horno de microondas de diferentes forrajes de zona templada con tiempo de exposición inicial de 2 minutos	13
4.2	Temperaturas que alcanzaron forrajeras de zonas templadas a diferentes tiempos de exposición inicial	14
4.3	Cinética Dinámica de la pérdida de humedad y cambios de temperatura durante el proceso de secado con horno de microondas y un tiempo de exposición inicial de 8 minutos en leñosas forrajeras.	20
4.4	Comparación el contenido de taninos condensados por secado con horno de microondas y estufa de aire forzado a 60 °C	21
4.5	Tiempo de secado y porcentaje de humedad total de leñosas forrajeras en horno de microondas.	22

Índice de Figuras

Figura	Título	Página
4.1	Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de avena fresca (<i>Avena sativa</i>) con diferentes tiempos de exposición inicial	16
4.2	Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de paja de avena (<i>Avena sativa</i>) con diferentes tiempos de exposición inicial	16
4.3	Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de heno de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) con diferentes tiempos de exposición inicial	17
4.4	Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de ensilado de maíz (<i>Zea mays</i>) con diferentes tiempos de exposición inicial	17
4.5	Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de veza de invierno (<i>Vicia villosa</i>) con diferentes tiempos de exposición inicial	18
4.6	Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de Kikuyo (<i>Pennisetum clandestinum</i>) con diferentes tiempos de exposición inicial	18
4.7	Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) con diferentes tiempos de exposición inicial	19
4.8	Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de Chichicastle (<i>Lemna minor</i>) con diferentes tiempos de exposición inicial	19

RESUMEN

Con objeto de comparar dos métodos de secado de forrajes con respecto a su efecto en la concentración de taninos se caracterizó el método de secado con microondas con respecto a tiempo y temperatura y se evaluó el contenido de taninos en forrajes secados por horno de microondas y estufa de aire forzado. Para lo cual, se colectaron muestras de avena en fresco (*Avena sativa*), ensilado de maíz (*Zea mays*), veza de invierno (*Vicia villosa*), pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), alfalfa (*Medicago sativa*) y chichicastle (*Lemna minor*). Las muestras se sometieron diferentes tiempos de exposición inicial (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20), y posteriormente a ciclos de 2 minutos, hasta peso constante. Durante el ciclo de secado se midió la temperatura interna del forraje con un termopar y se cuantificó el tiempo total de secado. Se observó que entre mayor es la humedad la temperatura también es mayor. Asimismo, la correlación entre humedad y temperatura es significativa. Se encontró que las muestras con alto contenido de humedad, alcanzaron temperaturas por arriba de 60°C en los tiempos de exposición inicial; independientemente del contenido de humedad, y el tiempo al que estuvieron expuestas no rebasó los 20 minutos. Para comparar el efecto en el contenido de taninos condensados con el secado con microondas (SCMO) y con estufa de aire forzado (EAF) se recolectaron muestras de Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Sauce llorón (*Salix babylonica*) y Mimosa (*Acacia saligna*). Cada muestra se dividió en seis porciones, tres de ellas se secaron en SCMO y el resto en EAF a 60 °C. Una vez secas las muestras se determinaron los taninos condensados con el método de azul de Prusia. Se concluyó que existen evidencias de que el método de secado con horno de microondas afectó el contenido de taninos condensados; sin embargo, es necesario profundizar en este aspecto.

Palabras clave: Secado por microondas, materia seca, tiempo de secado, taninos condensados.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del contenido de materia seca.

El muestreo de las praderas y otras áreas cultivadas de forrajes, es muy útil para el racionamiento del forraje pastoreado y evitar con ello desperdicios o deficiencias nutricionales en los animales. Los datos obtenidos los pastizales permiten inferir en los ciclos productivos subsecuentes la producción esperada en determinado predio y con ello hacer presupuestos forrajeros. Para determinar la disponibilidad de forraje anual y para cada época del año, se debe muestrear el área y obtener la disponibilidad, sin embargo, la demora en la estimación de materia seca (MS) determina que se deban realizar ajustes del área asignada a pastoreo (Ferri, 2002)

En un sistema de alimentación, es también importante contar con una rápida estimación del porcentaje MS, porque permite reducir la variación entre días y entre momentos de suministro dentro del mismo día, en la cantidad de materia seca que se ofrece a cada animal, por otro lado, los productores generalmente no cuentan con estufas de aire forzado, por lo que resulta difícil estimar porcentaje de MS (Bustamante *et al* 2007)

La utilización de la estufa de circulación forzada de aire es satisfactoria como método para obtener la materia seca, aunque este parámetro es necesario para tomar decisiones en el campo; en general, los productores no cuentan con este equipo para obtener la materia seca ya veces, recurren a otros métodos alternativos a la estufa, entre los que se incluye al horno microondas. Sin embargo, existe limitada información y consistencia sobre una estandarización del método sobre el secado de forrajes con el horno microondas y su posible efecto sobre la calidad del mismo (Bustamante *et al.*, 2007).

La utilización del método de secado con el horno de microondas permite obtener valores de materia seca (MS) similares a los obtenidos con la estufa de circulación de aire forzado, con una mayor rapidez y sin alterar los parámetros de calidad del forraje (Crespo y Castaño, 2003; Petruzzi *et al.*, 2005).

Además, el porcentaje de MS de los pastos es uno de los factores que determina la capacidad de consumo de los animales. La oferta de materia seca (MS) permite

establecer el consumo de nutrientes, el balance nutricional, y el cálculo de raciones (Carazo y Martín, 1992).

1.2 Métodos para determinar la materia seca

El método que tradicionalmente se utiliza para el secado de muestras para la determinación de materia seca es mediante el uso de estufas de aire forzado a 60°C durante un lapso que varía entre las 24 a 48 horas, dependiendo del contenido de humedad de la muestra (Bustamante *et al*, 2007).

El principio de funcionamiento de este método está basado en la calefacción de aire mediante resistencias eléctricas y su posterior circulación forzada mediante un sistema termodinámico de ventilación. Este sistema asegura la generación de un flujo homogéneo de aire caliente y la distribución uniforme de la temperatura (Morfin, 2011)

Por otro lado, existen otros métodos para determinar la materia seca que pueden ser utilizados y tienen menor inversión de tiempo y esfuerzo con respecto a la estufa de aire forzado, y este es el caso del secado de forrajes con microondas (Bustamante *et al*, 2007).

1.2.1 Método de secado con microondas

La operación del horno de microondas se basa en que las moléculas de agua poseen un dipolo eléctrico y el campo electromagnético genera que las moléculas se orienten en una dirección y vibren, esa fricción entre moléculas produce calor (Morfin, 2011)

El uso de microondas no deteriora de forma significativa la calidad de los alimentos y mantiene sus características físicas, químicas y organolépticas, además, a nivel energético son más eficientes (Higgins y Spooner. 1986)

Actualmente se ha incrementado el uso de las microondas, debido a los periodos breves de tiempo que utilizan y el calentamiento rápido y uniforme gracias a su penetración dentro de los productos (Caldwell *et al*, 1982).

1.3 Taninos

Los taninos son sustancias no bien definidas químicamente, pero que se agrupan debido a que tienen algunas propiedades comunes. Dichos compuestos están comprendidos dentro del grupo de los compuestos fenólicos, que abarca los ácidos fenólicos de 7 a 9 átomos de carbono, tales como los ácidos gálico y p-cumárico, los flavanos de 15 átomos de carbono, y las ligninas. Los taninos se clasifican en hidrolizables y condensados; los taninos hidrolizables están constituidos por un núcleo compuesto por un glúcido, cuyos grupos hidroxilo se encuentran esterificados con ácidos carboxílicos fenólicos. Por otro lado, los taninos condensados (proantocianidinas) son polímeros no ramificados de hidroxiflavonoles (flavan 3,4-diol, como el monómero leucoantocianidina y flavan 3-ol, tal como la catequina). Tanto unos como otros son insolubles en solventes no polares (éter, cloroformo, benzeno) y solubles en agua y alcohol (Giner Chávez *et al.*, 1997).

La gran cantidad de grupos hidroxilo fenólicos que poseen los taninos los hace muy reactivos, ya que les proporciona numerosos puntos de anclaje susceptibles de formar puentes de hidrógeno, por lo cual forman asociaciones reversibles con otras moléculas (Kumar *et al.*, 1995).

Los taninos tienen mayor afinidad por las proteínas debido a la fuerte tendencia a formar puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de los taninos y el oxígeno del grupo carbonilo de los péptidos. Se ha comprobado que los complejos tanino-proteína se forman con mayor facilidad a un pH próximo a 6.0 correspondiente a los valores medios en el rumen, y que se disocian a un pH menor de 3.5 y superior a 8.5. Además, se ha observado que la unión es más fuerte conforme avanza el tiempo y cuanto más insoluble en agua es la molécula de tanino (Belmar *et al.*, 1995). Tanto los taninos hidrolizables como los condensados se encuentran, principalmente, en hojas de árboles, arbustos y leguminosas herbáceas, El contenido en taninos de árboles y arbustos varía ampliamente entre especies, con las estaciones del año y con el estado fenológico de la planta (Belmar *et al.*, 1995; Cieslak *et al.*, 2012).

Además estos compuestos poseen alto grado de reactividad, lo cual conduce a que interactúen tanto con las proteínas de las plantas, lo que disminuye su accesibilidad, como con las enzimas digestivas de los herbívoros, lo que reduce su aprovechamiento por el animal (disminución de la digestibilidad de la materia orgánica), así como también

con las mucoproteínas de la saliva o directamente con los receptores gustativos, lo que provoca la sensación de astringencia característica de los taninos y, consecuentemente, la baja palatabilidad de las plantas que contienen cantidades elevadas de estos compuestos (Kumar *et al.*, 1995; Ammar *et al.*, 2011 ; Cieslak *et al.*, 2012).

Para aclarar las transformaciones que sufren los taninos condensados en su paso por el tracto digestivo de los rumiantes, se han realizado diversas pruebas con taninos, indicando algún cierto grado de absorción y/o digestión de los taninos condensados libres. Hay que tomar en cuenta que el efecto de los taninos varía, tanto con la particular fisiología del animal como con la estructura de los taninos ingeridos (Belmar *et al.*, 1995).

En cualquier caso, cuando se añaden a una ración cantidades elevadas de taninos, tanto condensados como hidrolizables, se observa una disminución de la ingestión, así como de la digestibilidad de los compuestos nitrogenados, pero con numerosas variaciones según sea la composición de las raciones y los aminoácidos implicados (Bustamante, 2007; Utsumi *et al.*, 2012).

En el caso de rumen se ha observado que los taninos inhiben muchas actividades microbianas como: la síntesis de RNA, la actividad proteolítica o celulolítica, debido a su acción sobre las enzimas microbianas (Bustamante *et al.*, 2007).

Hay que señalar que, tanto en experimentos *in vivo* como *in vitro* se ha encontrado un efecto depresor de los taninos sobre la digestibilidad de los glúcidos solubles y hemicelulosas, relacionado sobre la población microbiana y las enzimas bacterianas, (Kumar *et al.*, 1995).

Es conveniente recordar que las plantas emplean la misma vía metabólica para producir ambos tipos de polifenoles y que la concentración de ambos compuestos en la planta aumenta como respuesta a las mismas condiciones, por ejemplo, de estrés ambiental. Algunos trabajos recientes llevados a cabo en especies vegetales con elevado contenido en taninos ilustran comparativamente la disparidad de datos en la incidencia de las ligninas y las proantocianidinas sobre la ingestión voluntaria y la digestibilidad de la materia seca; Todo ello subraya la variabilidad entre especies en la composición y comportamiento de los taninos y su consiguiente incidencia en la utilización digestiva de los tejidos vegetales por los herbívoros. Por otra parte, muchos autores han coincidido en

señalar los efectos beneficiosos de la presencia de estos compuestos en la dieta (Giner-Chavez *et al.*, 1997; Juhnke *et al.*, 2012).

1.4 Leñosas forrajeras

El estudio de las características forrajeras de los árboles y arbustos es de vital importancia para el diseño de sistemas de alimentación sostenibles con la utilización de bajos insumos (Clavero, 1998; Behera *et al.*, 2005). Aún cuando son ampliamente reconocidas las bondades que presentan los árboles como mejoradores de los ecosistemas y el papel preponderante de la biomasa en las dietas de los animales, existe gran cantidad de especies de las cuales se desconoce su verdadero potencial en términos de producción de follaje, la calidad nutricional y la aceptabilidad de estas fuentes alimentarias (Baldizán *et al.*, 2003).

En las zonas ganaderas se considera el follaje de arbóreas y arbustivas como fuentes importantes de nutrimentos para los animales por el potencial que tienen para la alimentación en sistemas de pastoreo-ramoneo (Carabano *et al.*, 1997; Behera *et al.*, 2005).

Muchas de las especies arbóreas estudiadas como recursos forrajeros poseen un follaje generalmente rico en proteína y minerales y se utilizan como suplemento durante la época de verano en animales alimentados a base de pastos de pobre calidad y/o residuos de cosecha (Devendra, 1990; Ramírez- Rivera *et al.*, 2010).

Sin embargo, las leñosas pueden presentar compuestos antinutricionales que limiten la degradación de nutrientes y reduzcan la producción de ácidos grasos como productos finales de la degradación. Estos compuestos presentes en las especies arbóreas pueden ejercer efectos detrimentales sobre la digestibilidad, el consumo y por tanto sobre el comportamiento animal (Tolera *et al.*, 1997; Ramana *et al.*, 2000).

De ahí la importancia de la determinación de la presencia y actividad biológica de estos compuestos fenólicos (Salem *et al.*, 2006). La mayoría de las leguminosas forrajeras contienen altas concentraciones de taninos condensados que producen efectos depresivos sobre el consumo y la digestibilidad de la materia seca (MS). Sin embargo, niveles adecuados de taninos en la dieta protegen parte del N (nitrógeno) de la

degradación ruminal y favorecen su utilización más eficiente en el tracto posterior (Kumar y D'Mello, 1995).

1.5. Secado con horno microondas de forrajes

El secado con el horno de microondas se ha utilizado en forrajes, y se han encontrado diferencias significativas entre los tiempos de secado en los distintos materiales con que trabajó (Crespo *et al*, 2007). El horno microondas redujo significativamente el tiempo de secado en todos los materiales forrajeros evaluados respecto al método de la estufa de aire forzado (Crespo y Castaño, 2003; Carazo y Martin ,1992, Colombatto 2000).

Esto quiere decir que la eliminación de agua dará un calentamiento uniforme en toda la muestra creando un gradiente de humedad casi constante desde el interior hacia el exterior lo que facilita la eliminación del agua es decir entre mas temperatura haya la liberación de agua será mayor incrementando directamente la temperatura y con ello, aumentando la velocidad del secado mediante la técnica del microondas sin que ello se presenten alteraciones en las muestras (Oetzel *et al*, 1993)

Aunque se ha utilizado el horno de microondas para secar forrajes y esas muestras se han utilizado para análisis de PC, EE, C, DIG , FDN , FDA, no se han reportado las temperaturas que alcanzan los forrajes ni el efecto en taninos, lo cual es conveniente analizar para saber si este método de secado se puede utilizar para la preparación de muestras para análisis de taninos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Comparar el método de secado por microondas y el de secado en estufa de aire forzado a 60° con respecto a su efecto en la concentración de taninos en leñosas forrajeras de zonas templadas y áridas

2.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Caracterizar el método de secado con microondas con respecto a tiempo y temperatura.
- Evaluar el contenido de taninos en los forrajes secados por ambos métodos.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Caracterización del método de secado con microondas

3.1.1 Muestras

Se colectaron muestras de forrajes de clima templado con diferentes contenidos de humedad: avena en fresco (*Avena sativa*), ensilado de maíz (*Zea mays*), veza de invierno (*Vicia villosa*), pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), alfalfa (*Medicago sativa*) y chichicastle (*Lemna minor*). Los forrajes procedieron de la FES-C, campo 4, el cual está ubicado en la carretera Cuautitlán-Teoloyucan, Km. 2.5, San Sebastian Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, con una orientación de norte a sur y orientación geográfica de 19° 15' 51'' latitud norte y 99° 11' 24'' longitud oeste, se encuentra a 2250 metros sobre el nivel del mar. El clima es templado sub – húmedo con temporada de lluvia que inicia en mayo y finaliza en octubre, temperatura promedio de 16° centígrados con una mínima de 5° centígrados y una máxima de 27.8° centígrados. La precipitación anual promedio es de 564 mm (INEGI, 2010).

3.1.2 Caracterización

3.1.2.1 Secado con microondas

Se pesó 100 g de cada forraje por separado y cada uno se sometió a ciclos consecutivos de dos minutos a potencia máxima, en un horno de microondas marca GENERAL ELECTRIC Modelo JEB1860SMSS, hasta que alcanzaron el peso constante (dos pesadas consecutivas no diferían más allá del 1%), conforme el método que consigna Petruzzi *et al.* (2005). En cada ciclo de secado se colocó en el horno junto con la muestra un recipiente con un litro de agua, al finalizar el ciclo se registró la temperatura inmediatamente después de salir del horno y posteriormente el peso; la primera se midió con un termopar HANNA Instruments Modelo HI 8757, para lo cual el sensor se colocó en el centro de la muestra, evitando el contacto con el fondo del recipiente para evitar que dé lecturas del recipiente, cabe señalar que se considera que este punto es representativo de la temperatura de la muestra. Además, en cada ciclo se observó si había daño físico en la muestra, manifestado por cambio de color y en específico se buscó si había carbonización (Crespo y Castaño, 2003).

Asimismo, se cuantificó el tiempo total de secado mediante la suma de los tiempos hasta que, cada una de las muestras, alcanzó el peso constante; cabe señalar que las muestras se trabajaron por triplicado y para calcular la humedad se utilizaron los pesos obtenidos y se sustituyeron en la siguiente fórmula.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso de la muestra seca+ recipiente) - (peso de recipiente)}}{(\text{Peso de la muestra recipiente) - (peso de recipiente)}} \times 100$$

Los porcentajes de humedad obtenidos en cada ciclo representaron la pérdida de humedad en cada punto del proceso de secado y fueron graficados para representar la cinética de la pérdida de humedad.

3.1.2.2 Variación de los tiempos de exposición iniciales

Se pesó por triplicado 100 g de cada una de las muestras anteriores y por separado se sometieron a diferentes tiempos de exposición inicial (4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20 minutos) en un horno de microondas marca GENERAL ELECTRIC. Modelo JEB1860SMSS siguiendo el método consignado en el apartado 3.1.2.1. Posterior a ese tiempo de exposición inicial, las muestras se sometieron a ciclos de dos minutos sucesivamente hasta alcanzar el peso constante.

En cada ciclo se registró la temperatura inmediatamente después de salir del horno y posteriormente el peso (Petruzzi *et al*, 2005). Con estos últimos se calculó la pérdida de humedad en cada punto del proceso con la fórmula consignada en el apartado anterior. Los porcentajes de humedad obtenidos en cada ciclo representaron la pérdida de humedad en cada punto del proceso de secado y fueron graficados para representar la cinética de la pérdida de humedad con diferentes tiempos de exposición inicial.

Cabe señalar que el tiempo máximo de exposición inicial dependió del tiempo de secado de las muestras, obtenido en el apartado anterior; asimismo, se cuantificó el tiempo total de secado mediante la suma total de los ciclos de secado.

3.2 Efecto del secado con microondas en el contenido de taninos

3.2.1 Muestras

Se utilizaron ramas comestibles de leñosas con diferentes contenidos de taninos, según referencias bibliográficas (cuadro 3.1), las especies utilizadas fueron: Costilla de vaca (*Atriplex nummularia*), Huizache (*Acacia farnesiana*), Sauce llorón (*Salix babylonica*) y Mimosa (*Acacia saligna*).

Cuadro 3.1 porcentaje de taninos en las diferentes especies forrajeras

Nombre común	Nombre científico	Taninos condensados %	
Mimosa	<i>Acacia saligna</i>	20 ¹	20.4 ⁵
Sauce	<i>Salix babylonica</i>	8 ²	9.2 ⁶
Costilla de vaca	<i>Atriplex nummularia</i>	1.57 ³	1.4 ⁷
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	9.5 ⁴	14 ⁸

1. Pérez (1997)
2. Zapata *et al.* (2009)
3. Abu Zanat *et al.* (2003)
4. Lazcano *et al.* (2002)
5. Devendra *et al.* (1990)
6. Pitta *et al.* (2007)
7. Min *et al.* (2003)
8. Herrera-Arreola *et al.* (2006)

Las especies estudiadas se encontraban en etapa de pre floración y procedían del jardín de introducción de leñosas forrajeras de zonas templadas y áridas de la FES-C Campo 4, ubicado en la carretera Cuautitlán-Teoloyucan, Km. 2.5, San Sebastian Xhala, Cuautitlan Izcalli, Estado de México, con una orientación de norte a sur y orientación geográfica de 19° 15' 51'' latitud norte y 99° 11' 24'' longitud oeste, se encuentra a 2250 metros sobre el nivel del mar. El clima es templado sub – húmedo con temporada de lluvia que inicia en mayo y finaliza en octubre, temperatura promedio de 16° centígrados con una mínima de 5° centígrados y una máxima de 27.8° centígrados. La precipitación anual promedio es de 564 mm (INEGI, 2010).

Se consideró como rama comestible a aquella cuyos tallos eran flexibles y de color verde, cuya longitud varió de acuerdo a la leñosa en estudio. Dicho material se recolectó y se trasladó al laboratorio de Bromatología para trabajarse inmediatamente.

3.2.3. Secado

De cada muestra se pesaron seis porciones de 100 g cada una, tres de éstas se secaron en una estufa de aire forzado calibrada a una temperatura de 60 °C durante 48 horas, y las tres restantes se secaron en un horno de microondas, marca GENERAL ELECTRIC. Modelo JEB1860SMSS, con un tiempo de exposición inicial de 8 minutos. dicho tiempo se seleccionó con base en el apartado anterior. El método que se siguió para el secado en el horno de microondas fue el consignado en el apartado 3.1.2.1. Posterior a ese tiempo de exposición inicial, las muestras se sometieron a ciclos de dos minutos sucesivamente hasta alcanzar el peso constante.

Para calcular las pérdidas de humedad en el proceso se utilizó la fórmula que se consigna en el apartado 3.1.2.1.

3.2.4 Determinación de taninos

Las muestras secas de cada especie y por cada método de secado se molieron; se pesó 1 g de cada una y se colocó en un matraz erlenmeyer de 250 ml, al cual se le adicionó 100 ml de agua destilada previamente calentada. La muestra en el matraz se colocó en la parrilla previamente calentada a 200 °C hasta su ebullición, a partir de ese momento se contó de 3 a 4 minutos con agitación ocasional. Se enfrió y sedimentó, posteriormente se colocó en un matraz volumétrico de 100 ml y se aforó con agua destilada, posteriormente se filtró con papel filtro de poro medio.

Dicha solución se utilizó para determinar taninos condensados por el método de Azul de Prusia y se utilizó para la curva patrón ácido tánico como referencia (Waterman y Mole 1994).

3.2.5 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se sometieron a una t de student y la diferencia entre medias se sometió a una prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) (Daniel, 2009).

4 RESULTADOS

4.1 Caracterización del secado con microondas

En el cuadro 4.1 se muestra el contenido total de humedad y tiempo total de secado de los forrajes trabajados, resalta que a menor humedad menor es el tiempo de secado en el horno de microondas.

Cuadro 4.1. Humedad total y tiempo de secado en horno de microondas de diferentes forrajes de zona templada con tiempo de exposición inicial de 2 minutos.

Nombre común	Nombre científico	Humedad total %	Tiempo de secado Minutos
Avena en fresco	<i>Avena sativa</i>	75	10
Paja de avena	<i>Avena sativa</i>	7	6
Heno de cebada	<i>Hordeum vulgare</i>	3	6
Ensilado de maíz	<i>Zea mays</i>	69	14
Veza de invierno	<i>Vicia sativa</i>	76	8
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>	79	14
Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>	76	10
Chichicastle	<i>Lemna minor</i>	92	20

El cuadro 4.2 muestra las temperaturas que alcanzaron a diferentes tiempos de exposición inicial los forrajes trabajados; resalta que, en general, entre mayor sea tiempo de exposición inicial, excepto en alfalfa y en aquellos forrajes que tienen menor humedad, la temperatura es menor. Se encontró que los forrajes con alto contenido de humedad alcanzaron, en general, temperaturas por arriba de 60°C, en los tiempos de exposición inicial mayores de diez minutos; sin embargo, los forrajes no presentaron, en ninguno de los tiempos de exposición inicial, daños por carbonización, ni cambios de coloración que denotaran algún daño.

Cuadro 4.2 Temperaturas que alcanzaron forrajeras de zonas templadas a diferentes tiempos de exposición inicial

TEI (minutos)	Temperaturas (°C)							
	Avena fresca.	Paja de avena	Heno de cebada	Ensilado de maiz	Veza	Kikuyo	Alfalfa	Lemna
2	67.3±8.3	50.2±10.4	44.9±2.5	81.9±7.0	68.6±7.3	76.5±2.4	78.4±2.6	85.5±1.8
4	60.2±6.5	58.5±9.7	59.6±8.0	75.9±8.4	66.4±2.5	66.3±0.6	78.5±2.0	81.3±3.3
6	51.7±3.6	76.8±9.7	71.4±8.5	82.2±0.4	49.1±3.2	66.9±1.6	67.5±0.8	80.9±4.7
8	43.1±3.5			74.4±4.5	43.2±1.9	64.0±4.5	79.8±1.8	76.5±2.1
10	49.5±7.6			69.2±6.6		64.3±3.0	79.3±0.8	70.5±4.7
12			-	70.6±2.1		62.9±5.4		59.3±2.7
14			-	68.2±1.8	-	58.9±6.2		56.1±0.9
16			-		-			52.9±4.8
18			-	-	-	-		47.9±6.8
20			-	-	-	-		46.7±6.0

TEI: Tiempo de exposición inicial

4.2 Variación de los tiempos de exposición inicial

Las figuras 4.1 a la 4.8 muestran la cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado a diferentes tiempos de exposición inicial en el horno de microondas, se observa que las velocidades de secado, en las diferentes especies forrajeras trabajadas difieren. Además, destaca que los tiempos de exposición inicial no afectaron la velocidad de secado, a excepción de la alfalfa donde esto fue variable.

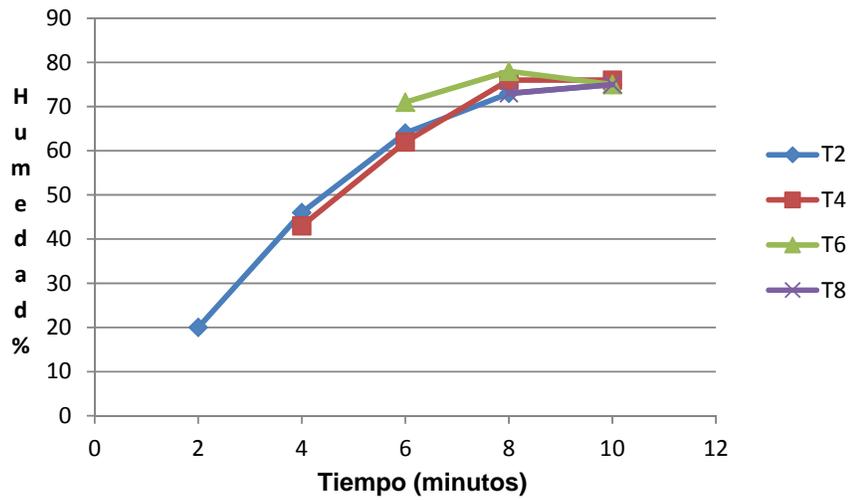
4.3 Efecto del secado con horno de microondas en el contenido de taninos

El cuadro 4.3 muestra la cinética de la pérdida de humedad y la temperatura durante el proceso de secado en horno de microondas de las leñosas trabajadas, resalta que la temperatura en sauce (*Salix babylonica*) es la más baja en relación con el resto de las especies. Por otro lado, costilla de vaca (*Atriplex nummularia*) y huizache (*Acacia farnesiana*) presentaron temperaturas similares. Destaca que durante el proceso de secado no hubo daños evidentes en las muestras, debido a que no hubo cambio en el color y no se carbonizaron, además las ramas en el punto final del secado fueron quebradizas.

La comparación entre el contenido de taninos condensados por ambos métodos de secado, horno de microondas y estufa de aire forzado, se muestra en el cuadro 4.4, resalta que el comportamiento en cuanto al contenido de taninos difiere según el método de secado y la especie, debido a que en mimosa y huizache son similares los contenidos de taninos por ambos métodos de secado; a diferencia de sauce y costilla de vaca, en los cuales el contenido de taninos difiere según el método.

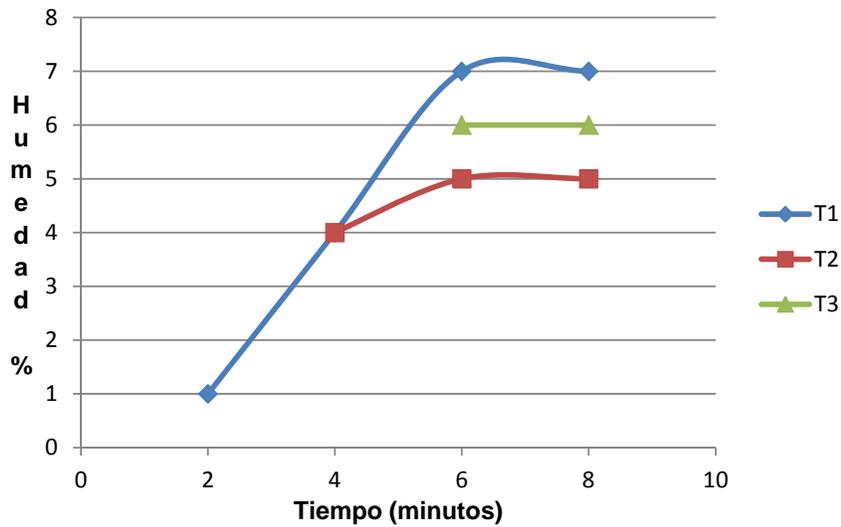
El contenido de humedad total así como el tiempo de secado de las leñosas en el horno de microondas se muestra en el cuadro 4.5, destaca que todas las muestras se secaron en tiempos menores a 15 minutos, aún sauce, el cual mostró el mayor contenido de humedad.

Figura 4.1 Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de avena fresca (*Avena sativa*) con diferentes tiempos de exposición inicial



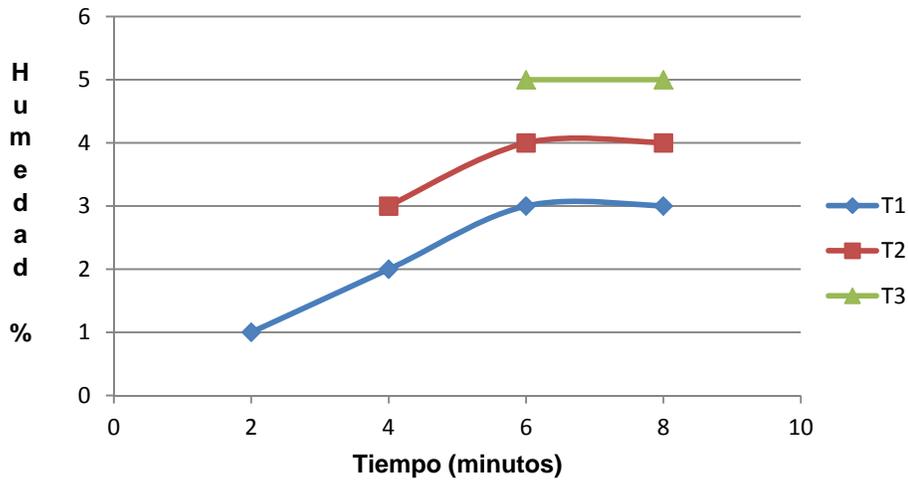
T: tiempo de exposición inicial. El número que acompaña la letra indica el tiempo en minutos de exposición inicial

Figura 4.2 Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de paja de avena (*Avena sativa*) con diferentes tiempos de exposición inicial



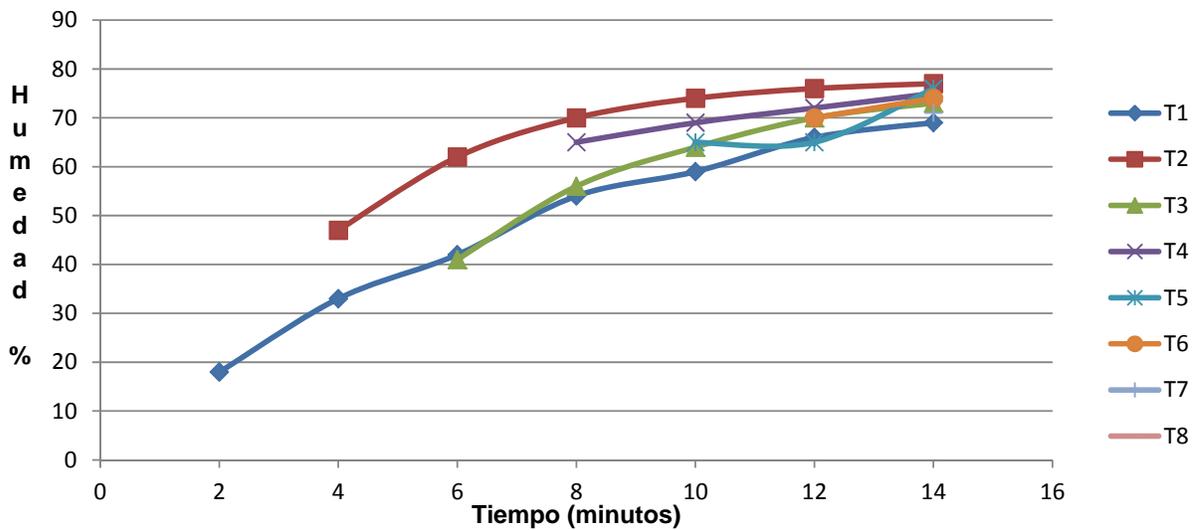
T: tiempo de exposición inicial. El número que acompaña la letra indica el tiempo en minutos de exposición inicial

Figura 4.3 Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de heno de cebada (*Hordeum vulgare*) con diferentes tiempos de exposición inicial



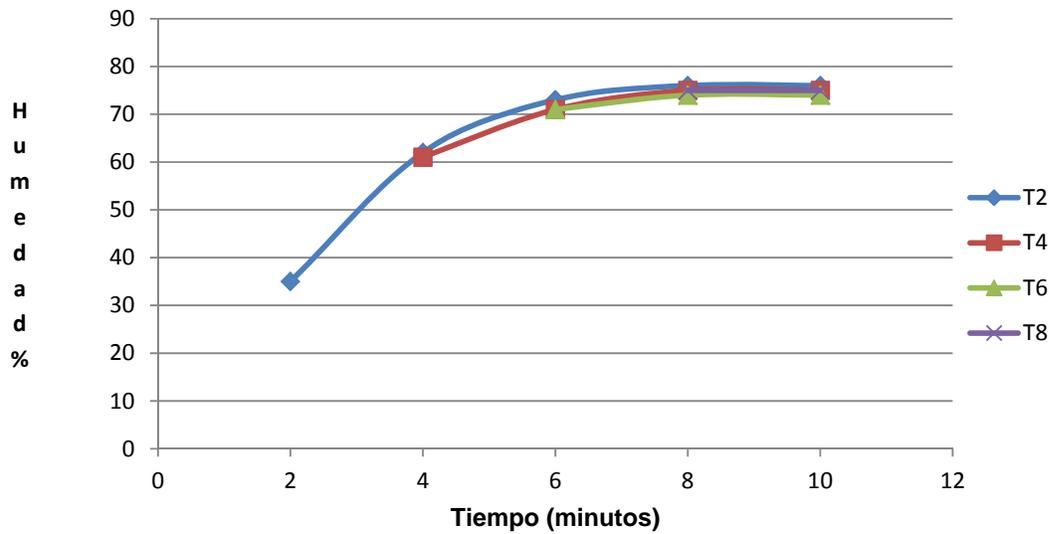
T: tiempo de exposición inicial. El número que acompaña la letra indica el tiempo en minutos de exposición inicial.

Figura 4.4 Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de ensilado de maíz (*Zea mays*) con diferentes tiempos de exposición inicial



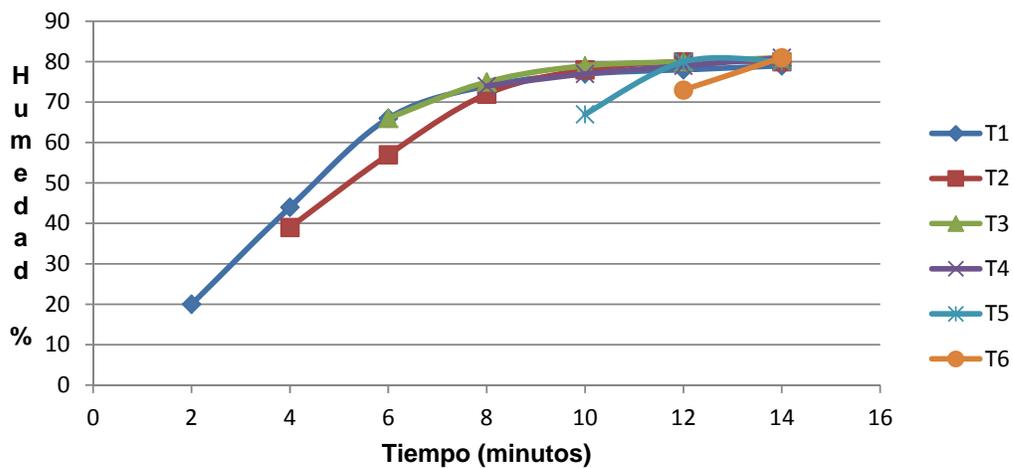
T: tiempo de exposición inicial minutos. El número que acompaña la letra indica el tiempo en minutos de exposición inicial

Figura 4.5 Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de veza de invierno (*Vicia villosa*) con diferentes tiempos de exposición inicial



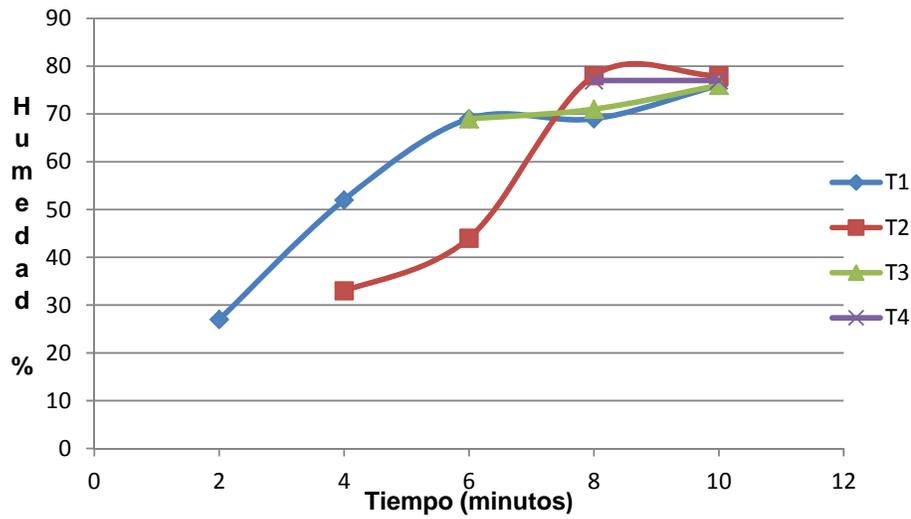
T: tiempo de exposición inicial minutos. El número que acompaña la letra indica el tiempo en minutos de exposición inicial

Figura 4.6 Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con diferentes tiempos de exposición inicial



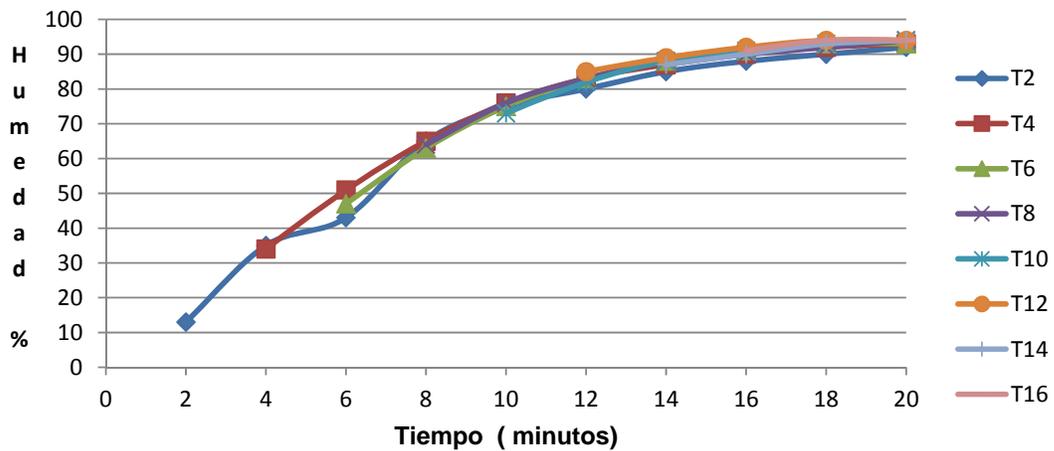
T: tiempo de exposición inicial minutos. El número que acompaña la letra indica el tiempo en minutos de exposición inicial

Figura 4.7 Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de Alfalfa (*Medicago sativa*) con diferentes tiempos de exposición inicial



T: tiempo de exposición inicial minutos. El número que acompaña la letra indica el tiempo en minutos de exposición inicial

Figura 4.8 Cinética de la pérdida de humedad durante el proceso de secado con horno de microondas de Chichicastle (*Lemna minor*) con diferentes tiempos de exposición inicial



T: tiempo de exposición inicial minutos. El número que acompaña la letra indica el tiempo en minutos de exposición inicial

Cuadro 4.3. Cinética de la pérdida de humedad y cambios de temperatura durante el proceso de secado con horno de microondas y un tiempo de exposición inicial de 8 minutos en leñosas forrajeras.

Tiempo (minutos)	Mimosa <i>Acacia saligna</i>		Sauce <i>Salix babylonica</i>		Costilla de vaca <i>Atriplex nummularia</i>		Huizache <i>Acacia farnesiana</i>	
	H	T	H	T	H	T	H	T
	%	°C	%	°C	%	°C	%	°C
8	55	60.2	65	68.7	46	64.6	39	65.7
10	58	68	69	62.4	52	61.3	41	60.5
12	59	66.9	70	58.3	56	73.3	44	73.7

H: Humedad T: Temperatura

Cuadro 4.4. Comparación del contenido de taninos condensados por secado con horno de microondas y por estufa de aire forzado a 60 °C.

Nombre común	Nombre científico	Horno de microondas	Estufa de aire forzado
Taninos condensados			
%			
Mimosa	<i>Acacia saligna</i>	20.57±0.95 ^a	22.59±3.74 ^a
Sauce	<i>Salix babylonica</i>	20.80±2.83 ^a	11.4±1.68 ^b
Costilla de vaca	<i>Atriplex nummularia</i>	4.41±1.71 ^a	4.3±2.01 ^b
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	20.57±0.47 ^a	20.19±3.04 ^a

a,b,c,d, Letras distintas en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (p<0.05)

Cuadro 4.5. Tiempo de secado y porcentaje de humedad total de leñosas forrajeras en horno de microondas.

Nombre común	Nombre científico	Humedad total	Tiempo de secado
		%	Minutos
Mimosa	<i>Acacia saligna</i>	59	12
Sauce	<i>Salix babylonica</i>	70	12
Costilla de vaca	<i>Atriplex nummularia</i>	56	12
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	39	12

5 Discusión

El fenómeno que sucede en el proceso de eliminación de agua de cualquier alimento se explica por la disposición de la humedad libre, la cual será eliminada a través de calor; al incrementar la temperatura se lleva a cabo un cambio de humedad crítica, la que será eliminada por la capilaridad hasta llegar a la humedad de equilibrio (Mwithiga *et al*, 2004; Vega y Lemus, 2005).

Durante el proceso de secado con microondas las moléculas tienen fricción entre ellas lo cual genera calor aumentando la temperatura, en este proceso se abren los capilares y se permite la salida del agua (Mwithiga *et al*, 2004); lo anterior explica la mayor temperatura que se encontró en los forrajes estudiados cuando contenían más humedad. Además, coincide con (Higgins y Spooner 1986), quienes mencionan que la temperatura que se alcanzan durante el proceso de secado dependerá del contenido de agua específicamente; es decir, que entre mayor sea la humedad la temperatura es mayor.

Temperaturas por arriba de 60 °C afectan las características de los forrajes, ya que pueden alterarse por la reacción de Maillard (Mc Donald *et al*, 2006).

En este trabajo se encontró que las muestras con alto contenido de humedad, alcanzaron temperaturas por arriba de 60 °C en los diferentes tiempos de exposición inicial; si bien, estas temperaturas se alcanzan con diferentes tiempos de exposición independientemente del contenido de humedad, el tiempo al que fueron expuestas rebasó los 20 minutos. Lo cual, podría indicar que habría alteración en los forrajes (Crespo y Castaño, 2003).

Por lo anterior, un tiempo inicial de 8 minutos para continuar con la segunda parte del experimento se justificó, ya que es un tiempo intermedio, y no afecta al alimento por el corto tiempo de exposición a esa temperatura lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Higgins y Spooner (1986).

Es importante tomar en cuenta que las diferencias de temperaturas entre los forrajes estudiados, con contenidos de humedad similares, se pueden atribuir a la etapa de madurez, al estrés del contenido de agua y a la composición química de los mismos (Crespo *et al.*, 2007).

El contenido de taninos en un forraje puede ser alterado por la temperatura a la cual se someta (Undersander *et al.*,1993), además, el contenido de humedad y la temperatura pueden alterar algunas características de los alimentos (Carazo y Martin ,1992). En este trabajo, las temperaturas mayores que se encontraron en las especies estudiadas, en algún punto del proceso de secado con horno de microondas, fueron de alrededor de los 70 °C. Sin embargo, en el caso de sauce y costilla de vaca hubo diferencias significativas entre los contenidos de taninos según el método de secado; lo cual no ocurrió en mimosa y huizache, lo cual podría atribuirse a su composición química, más que al proceso de secado, sin embargo, se requiere mayor investigación ya que los resultados obtenidos pueden ser evidencias de que el método de secado influye en la concentración de taninos.

En cuanto al contenido de taninos se encontró que los resultados obtenidos para mimosa coinciden con los obtenidos de otros autores (Devendra *et al.*, 1990; Pérez,1997); sin embargo en el caso de las otras especies leñosas los contenidos son mayores a los de otros autores (Lazcano *et al.*, 2002; Abu Zanat *et al.*, 2003; Min *et al.*, 2003; Herrera y Arreol, 2006; Pitta *et al.*, 2007; Zapata *et al.*, 2009). Lo cual se puede atribuir a que son diferentes ecotipos, al suelo y en general a las condiciones fisicoambientales de los lugares de donde proceden los forrajes (Barnes *et al.*, 2007).

6 Conclusiones

- A mayor sea el contenido de humedad del forraje la temperatura que alcanzará en el horno de microondas será mayor.
- Si bien durante el secado con horno de microondas se puede llegar a temperaturas mayores de 60 °C, el tiempo de exposición a la misma es menor a los veinte minutos.
- Existen evidencias de que el método de secado con horno de microondas afectó el contenido de taninos condensados; sin embargo, es necesario profundizar en este aspecto.

7.-Bibliografía.-

- Abu-Zanat MM, Al-Hassanat FM, Alawi M. y Ruyle GB. 2003. Oxalate and tannins assessment in *Atriplex halimus* L. and *A. nummularia* L. J. Range Manage. 56: 370-374.
- Ammar, H. López, S., Salem, A.Z.M., Bodas, R. y González, J.S. 2011. Effect of saliva from sheep that have ingested quebracho tannins on the in vitro rumen fermentation activity to digest tannin-containing shrubs. Anim. Feed Sci. Technol. 163 (2-4)77-83.
- Baldizán, A. 2003. Producción de biomasa y nutrimentos de la vegetación del bosque seco tropical y su utilización por rumiantes a pastoreo en los Llanos Centrales de Venezuela. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Edo. Aragua, Venezuela. p 288.
- Barnes R.F., Collins M. y Nelson C. J. 2007. Forages, an Introduction to Grassland Agriculture: An Introduction to Grassland Agriculture. Volumen I. Ames, Iowa. Blackwell.
- Behera, M.D. , Kushwaha, S.P.S. , Roy, P.S., 2005 Rapid assessment of biological richness in a part of Eastern Himalaya: an integrated three-tier approach. Forest Ecology and Management. 207 (3), p.363-384,
- Belmar C. R. y Nava M. R. 1995. Factores anti nutricionales en la alimentación de animales monogástricos. FMVZ-UADY. Yucatán México
- Bustamante, A.A, Espadas M. 2007.Evolución del porcentaje de materia seca del forraje verde a lo largo del año Menorca España. En línea <http://www.cime.es/ca/ccea/htm>. consultado el 12 septiembre de 2012
- Caldwell,J.A. , Welsh.j.d. 1982. Tailings disponal in rugged. hrg. precipitation enviroments.- En: Ellis,D.V., (Eds) Marine Tailings Disponal. Ann Arbor Sci. 5-62
- Carabaño, R.; Motta-Ferrerira,W.; de Blas, J.C. 1997. Substitution of sugarbeet pulp for alfafa hay in diets for growing rabbits. Anim Feed Sci. and Techonol. V. 65(1)249-256.
- Carazo J. L. y Martín L. B. 1992. Método rápido de estimación del contenido en materia seca de muestras de maíz con horno de microondas Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad Católica de Loviana 61 (720): 614-617
- Cieslak, A , Zmora, P , Pers,K. E., Szumacher.S, M. 2012. Effects of tannins source (*Vaccinium vitisidaea* L.) on rumen microbial fermentation in vivo. Animal Feed Science and Technology, 176 (1-4), p.102-106.

- Clavero T. 1998. *Leucaena leucocephala*. Alternativa para la alimentación animal. Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. p.78
- Colombatto D. 2000. Análisis de Alimentos: Aplicaciones prácticas. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. http://www.agro.uba.ar/catedras/p_lechera/resumencolombatto.pdf consultado 8 septiembre del 2012
- Crespo R .J., y Castaño J. A. 2003 Determinación de materia seca con el horno de microondas en especies forrajeras puras. Congreso Argentino de Producción Animal. http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pastoreo%20sistemas/43-uso_microondas_ms.pdf consultado 13 septiembre del 2012
- Crespo R. J., Castaño J. A. y Capurro J. A. 2007. Secado de forraje con el horno microondas: efecto sobre el análisis de calidad. Agricultura Técnica. Chile. 67(2):210-218.
- Daniel.W.W. 2009 Biostatistics :a foundation for analysis in the health sciences. New York.755.p.
- Devendra, C. 1990. The use of shrubs and tree fodder by rumi-nants. Denpasar, Indonesia. International Development research centre. Ottawa, Canada. p-. 214-245.
- Ferri, C.M. 2002 Implicaciones del diferimiento de la utilización de Panicum Colorato L.Sobre al consumo de ovinos en pastoreo. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Mar de Plata. p.153
- Giner.C. B. I; Van Soest P J, Robertson J B, Lascano C, Reed J D Y Pell .A. N .1997 A method for isolating condensed tannins from crude plant extracts with trivalent y terbium. Journal of the Sci. of Food and Agriculture. USA. p. 369-368
- Herrera. A.; Herrera G., .Reyes. R, Y Dendooven, B.G.L. 2006 Mesquite (*Prosopisjuliflora* (Sw.) DC.), huisache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) and catclaw (*Mimosa biuncifera*Benth.) and their effect on dynamics of carbon and nitrogen in soils of the semi-arid highlands of Durango Mexico Cinvestav. Journal of arid Enviroments, 69 p. 583-598
- Higgins, T.R., Y Spooner. A.E. 1986. Microwave drying of alfalfa compared to field and oven drying: Effects on forage quality. Anim. Feed Sci. Technol.

16:16.<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/forrajes/crespo4.htm>

- INEGI. 2010. Anuario Estadístico del Estado de México.<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/.../estadisticas/2012/ambiente18.doc> Consultado el 15 de febrero 2012
- Juhnke, J. , Miller, J. , Hall, J.O. , Provenza, F.D. , Villalba, J.J., 2012 Preference for condensed tannins by sheep in response to challenge infection with *Haemonchus contortus* *Veterinary Parasitology*, 188 (1-2), p.104-114,
- Kumar,R Y D Mello J.P.F. 1995 . Antinutritional factors in forages legumens. *In: Tropical Legumens in animal Nutrition*. Eds. CAB International .U.K. p. 95-133
- Lazcano C., Rincón A., Plazas C., Avila P., Bueno G. y Argel P. 2002. Cultivar veranera (*Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze): Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con periodos prolongados de sequía. Cali , Colombia. CIAT. p.28
- Mc Donald, P., Edwards, Green. H, R.A., J.F.D., Y Morgan C.A., 2006.-Nutrición Animal. (Traducción de la 6ª edición original, 2002). Ed. Acribia. Zaragoza. p.581.
- Min B.R., Barry T.N., Attwood G.T., McNabb W.C.,. 2003. The effect of condensed tannins on the nutrition of ruminants fed fresh temperate forages. A review. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 106, p. 3–19.
- Morfin LL. 2011 Manual de Laboratorio de Bromatología. Universidad Nacional Autónoma de México. 54-62 p.
- Mwithiga, G. y Olwal, J.O. 2004. The drying kinetics of kale (*Brassica oleracea*) in a convective hot air dryer”, *Journal of Food engineering*: 71, 373-378
- Oetzel G.R., Villalba F.P., Goodger W.J., y Nordlund K.V. 1993. A Comparison of On Farm Methods for Estimating the Dry Matter Content of Feed Ingredients. *Journal of Dairy Science*. 76 (1) p. 293–299.
- Pérez R. M.A. 1997 Valor nutricional foliar de tres especies de acacia. Tesis de maestría. UANL. Linares, Nuevo León. México.
- Petruzzi H J, Stritzler N P, Ferri C M, Pagella J H y Rabotnikof C M 2005 Determinación de materia seca por métodos indirectos: Utilización del horno a microondas. *Boletín de Divulgación Técnica*. 88: 8-11
- Pitta, D. W. 2007. Efectos del sauce (*Salix spp*) en oveja reproducción y microbiología ruminal bajo condiciones de alimentación sequía. Tesis para el grado de Doctor en Ciencia Animal. Universidad de Massey. Palmerston North, Nueva Zelanda 68:101-108

- Ramana, DBV; Sultan, S; Solanki, KR; Negi, AS. 2000 Nutritive evaluation of some nitrogen and nonnitrogen fixing multipurpose tree species. *Animal Feed Science and Tecnology* 88 (1-2): 103-111.
- Tolera, K. Khazaal, E.R. Orskov 1997 Nutritive evaluation of some browse species *Anim. Feed Sci. Technol.*, 67 p. 181–195
- Undersander D, Mertens D R.Thiex N 1993. *Forage analysis procedures*. National Forage Testing Association (NFTA). consultado el 8 de agosto del 2012 http://www.foragetesting.org/lab_procedure/sectionB/2.1/part2.1.3.htm
- Utsumi, S. A. , Cibils, A. F. , Estell, R. E. , Soto-Navarro, S. A. , Chen, Liang, Hallford, Dennis M., 2012. Effects of adding protein, condensed tannins, and polyethylene glycol to diets of sheep and goats fed one-seed juniper and low quality roughage. *Small Ruminant Research, In Press*. 63:373–386
- Vega, A. R. Lemus, 2005. Importancia de las Isotermas en los Alimentos. *Revista Indualimentos*: 8(35),p. 71-74
- Waterman P.G. Mole S. 1994. *Análisis of phenolic plant metabolites*. Blackwell. Sci London UK, p.90-91
- Zapata Y,C. Solarte A. Calle D,Z. Murgueitio R,E. 2009 El sauce: una especie autoctona con multiples aplicaciones en los sistemas silvopastoriles. (CIPAV) Medellin, Colombia p. 60.