



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO
DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

**CARACTERÍSTICAS DEL YOGURT ELABORADO CON LECHE DE
OVEJAS PELIBUEY SUPLEMENTADAS CON EXTRACTO DE
Moringa oleifera LAM.**

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS

PRESENTA:

ING. MIRIAM MARLENY MENDOZA TACO

DIRECTOR (A)

DR. ALDENAMAR CRUZ HERNÁNDEZ

CODIRECTOR (A)

DR. ALFONSO JUVENTINO CHAY CANUL

VILLAHERMOSA TABASCO

ENERO, 2022

OFICIO DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE TESIS



**UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO**

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



**DIVISIÓN ACADÉMICA
DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS**



JEFATURA DE POSGRADO

Villahermosa, Tabasco a 21 de enero de 2022

Of. No. 035/JP/2022

Asunto: Impresión de Tesis

**C. MIRIAM MARLENY MENDOZA TACO
ESTUDIANTE (182C26003) DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROALIMENTARIAS
P R E S E N T E.**

En conformidad con lo establecido en el Artículo 71 del Reglamento de Estudios de Posgrado vigente, le comunico que el Comité Sinodal asignado, analizó y aprobó la versión final del trabajo recepcional bajo la modalidad de tesis titulada: "**Características del Yogurt elaborado con leche de ovejas pelibuey suplementadas con extracto de Moringa oleífera Lam.**" Por lo cual, esta Dirección a mi cargo le autoriza proceder a la impresión de su tesis.

Sin otro particular, me despido enviándoles un cordial y afectuoso saludo.

A T E N T A M E N T E

**Ph.D. ROBERTO ANTONIO CANTÚ GARZA
D I R E C T O R**

U.J.A.T.



**DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN**

c.c.p. Dr. Miguel Hernández Hernández- Jefe de Posgrado
Dr. Rodolfo Osorio Osorio – Presidente del Comité Sinodal
Dr. César Márquez Quiroz – Coordinador del Programa de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias
RACG'mhh

Km 25, Carretera Villahermosa-Teapa
Ra. La Huasteca, 2ª sección, 86298, Centro, Tabasco, México
Teléfono 993 358 1500 EXT 6601 Y 6602
Correo electrónico: dirección.daca@ujat.mx

www.ujat.mx

CARTA DE CEDE DE DERECHOS

El que suscribe, Miriam Marleny Mendoza Taco del programa de estudios de posgrado de la Maestría en Ciencias Agroalimentarias, con número de matrícula 182C26003, adscrito a la División Académica de Ciencias Agropecuarias, manifiesto ser autora intelectual y titular de los Derechos de Autor del presente Trabajo de Tesis denominada “**Características del yogurt elaborado con leche de ovejas Pelibuey suplementadas con extracto de *Moringa oleifera* Lam.**”, y autorizo a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco para que utilice el presente trabajo con fines Académicos y de Investigación ya sea de forma física o digital para su difusión y sin fines de lucro; autorización que se hace de manera enunciativa más no limitativa para subirla a la Red Abierta de Bibliotecas Digitales (RABID) y a cualquier otra red académica con las que la Universidad tenga relación institucional.

Por lo antes manifestado, libero a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco de cualquier reclamación legal que pudiera ejercer respecto al uso y manipulación de la tesis mencionada y para los fines estipulados en éste documento.

Se firma la presente autorización en la Ciudad de Villahermosa, Tabasco; a los 24 días del mes de enero del año 2022

ATENTAMENTE.



**Ing. Miriam Marleny Mendoza Taco
182C26003**

RECONOCIMIENTO

Reconocimiento al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento otorgado de la maestría, a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), al Instituto Tecnológico de Mérida (ITM) por haberme permitido la realización de los análisis y al rancho San Francisco por la participación en la investigación y a la financiación parcial del proyecto.

México.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

DEDICATORIA

A mis padres Francisco Mendoza y Angélica Taco por su apoyo, consejos, oportunidad, confianza y por haberme motivado constantemente para alcanzar mis metas.

A mis hermanos por darme el apoyo incondicional, cariño, confianza y creer en mí impulsándome a ser un mejor profesional.

“Enseñar no es transferir conocimiento, sino crear las posibilidades para su producción o su construcción. Quien enseña aprende al enseñar y quien enseña aprende a aprender”

Paulo Freire

México.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a mi familia por darme la fuerza para salir de las pruebas difíciles que la vida me puso y por brindarme la oportunidad de terminar mis estudios de maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por el apoyo económico para poder realizar mis estudios de maestría.

A la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT) a través de la División Académica de Ciencias Agropecuarias (DACA), por permitirme formar parte de su programa de posgrado y darme la oportunidad de llevar a cabo mis estudios de maestría.

Al Instituto Tecnológico de Mérida (ITM) y al rancho San Francisco por el apoyo y participación en la investigación.

A mi director de Tesis, Dr. Aldenamar Cruz Hernández y codirector Dr. Alfonso J. Chay Canul, por su valioso tiempo invertido, apoyo, orientación, consejos y aportaciones al trabajo de investigación.

Al Dr. Víctor Moo Huchin, Dr. Víctor Toledo López y Dra. Lorena Guadalupe Ramón Canul, por la asesoría técnica, consejos y apoyo con los análisis de las muestras de la investigación.

Al comité revisor por su compromiso y aportaciones durante el proceso de aprobación de este trabajo.

A todos profesores y profesoras quienes con su dedicación, compromiso y enseñanza de su valioso conocimiento hicieron que pueda crecer como profesional y me brindaron su apoyo durante la realización de la maestría.

A todos mis amig@s y compañer@s, quienes me brindaron su tiempo, apoyo, hospitalidad durante mi estancia en México y con quienes he compartido grandes momentos y gran parte de mi vida diaria durante la realización de la maestría.

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|--|--------|
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE FIGURAS | x |
| ABREVIATURAS | xi |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| | |
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 4 |
| 3 JUSTIFICACIÓN | 6 |
| 4 OBJETIVOS | 8 |
| 4.1 Objetivo general | 8 |
| 4.2 Objetivos específicos | 8 |
| 5 HIPOTESIS | 9 |
| 6 REVISIÓN DE LITERATURA | 10 |
| 6.1 Producción de ovinos | 10 |
| 6.1.1 Producción de leche ovina a nivel mundial, América Latina y México | 10 |
| 6.2 Uso de forrajes y hierbas en la alimentación animal | 11 |
| 6.3 <i>Moringa oleifera</i> | 12 |
| 6.4 Composición nutricional de la leche ovina | 17 |
| 6.5 Producción de yogurt | 18 |
| 6.5.1 Composición nutricional del yogurt | 19 |
| 6.6 Evaluación sensorial | 20 |
| 7 MATERIALES Y MÉTODOS | 22 |
| 7.1 Localización del estudio | 22 |
| 7.2 Extracto de <i>M. oleifera</i> | 22 |
| 7.2.1 Preparación del extracto de <i>M. oleifera</i> | 22 |
| 7.2.2 Análisis fitoquímica de los extractos de <i>M. oleifera</i> | 23 |
| 7.3 Manejo de los animales | 24 |
| 7.3.1 Alimentación y proporción de alimento | 24 |

| | | |
|---------|---|----|
| 7.3.2 | Ordeño y conservación de la leche | 25 |
| 7.4 | Proceso de elaboración del yogurt natural con leche de ovejas Pelibuey..... | 26 |
| 7.4.1 | Preparación del yogurt natural..... | 26 |
| 7.5 | Análisis fisicoquímica de la leche y del yogurt natural..... | 27 |
| 7.5.1 | Determinación de acidez y pH..... | 28 |
| 7.5.2 | Determinación de sólidos no grasos | 28 |
| 7.5.3 | Determinación del porcentaje de humedad..... | 29 |
| 7.5.4 | Determinación de cenizas | 29 |
| 7.5.5 | Determinación de proteínas totales..... | 29 |
| 7.5.6 | Determinación de péptidos | 30 |
| 7.6 | Evaluación sensorial del yogurt natural..... | 31 |
| 7.7 | Diseño experimental y análisis de datos | 31 |
| 8 | RESULTADOS | 34 |
| 8.1 | Caracterización fitoquímica de los extractos de hojas de <i>M. oleifera in vitro</i> | 34 |
| 8.1.1 | Rendimiento, saponinas totales, taninos condensados, taninos hidrolizados y flavonoides totales | 34 |
| 8.1.2 | Actividad antioxidante del extracto de <i>M. oleifera</i> | 35 |
| 8.1.2.1 | Actividad antioxidante <i>in vitro</i> por DPPH y ABTS | 35 |
| 8.2 | Análisis fisicoquímica de la leche y del yogurt natural..... | 36 |
| 8.3 | Efecto del extracto de moringa en la aceptación general del yogurt natural | 39 |
| 9 | DISCUSIÓN..... | 40 |
| 9.1 | Evaluación fitoquímica de los extractos crudos de hojas de <i>M. oleifera</i> | 40 |
| 9.1.1 | Rendimiento del extracto crudo..... | 40 |
| 9.1.2 | Compuesto fenólicos totales | 40 |
| 9.1.3 | Saponinas totales | 41 |
| 9.1.4 | Actividad antioxidante DPPH y ABTS | 41 |
| 9.2 | Análisis fisicoquímica de la leche y del yogurt natural..... | 42 |
| 9.2.1 | Proteína y ceniza de la leche..... | 42 |
| 9.2.2 | Péptidos de la leche | 42 |
| 9.2.3 | Sólidos no grasos de la leche..... | 43 |
| 9.3 | Análisis fisicoquímica del yogurt natural..... | 43 |

| | | |
|-------|--|----|
| 9.3.1 | Comportamiento del pH y acidez durante el almacenamiento | 43 |
| 9.3.2 | Comportamiento de proteína y péptidos del yogurt natural durante el almacenamiento | 45 |
| 9.3.3 | Comportamiento de las cenizas y sólidos no grasos del yogurt natural durante el almacenamiento | 47 |
| 9.4 | Evaluación del análisis sensorial del yogurt natural | 47 |
| 10 | CONCLUSIONES | 48 |
| 11 | RECOMENDACIONES | 49 |
| 12 | LITERATURA CITADA | 50 |
| | ANEXOS | 58 |

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE TABLAS

| | Página |
|---|--------|
| <i>Tabla 1.</i> Producción de leche en rumiantes suplementados con <i>M. oleifera</i> | 15 |
| <i>Tabla 2.</i> Comparación nutricional de la leche ovina, caprina y bovina | 17 |
| <i>Tabla 3.</i> Especificaciones fisicoquímicas del yogurt y métodos de prueba | 19 |
| <i>Tabla 4.</i> Composición química (g / kg de materia seca) del concentrado y forraje ofrecido a ovejas lactantes | 25 |
| <i>Tabla 5.</i> Caracterización fitoquímica de extractos de hojas secas de <i>M. oleifera</i> | 34 |
| <i>Tabla 6.</i> Actividad antioxidante de los extractos de <i>M. oleifera</i> | 36 |
| <i>Tabla 7.</i> Propiedades fisicoquímicas de la leche | 37 |
| <i>Tabla 8.</i> Propiedades fisicoquímicas del yogurt natural durante el almacenamiento | 37 |
| <i>Tabla 9.</i> Evaluación del análisis sensorial del yogurt natural | 39 |

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| <i>Figura 1.</i> Propiedades y beneficios de la <i>M. oleifera</i> | 14 |
| <i>Figura 2.</i> Proceso de producción del yogurt natural | 27 |

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ABREVIATURAS

| | |
|-------------------|---|
| EM | Extracto de Moringa |
| DB | Dieta basal |
| pH | Potencial de hidrógeno |
| SNG | Sólidos no grasos |
| ALC | Ácido linoléico conjugado |
| MO | <i>Moringa oleifera</i> |
| g | Gramo |
| mg | Miligramo |
| L | Litro |
| SP | Sobre peso |
| O | Obesidad |
| CH ₄ | Metano |
| MS | Materia seca |
| PC | Proteína cruda |
| FDN | Fibra detergente neutra |
| N | Nitrógeno |
| EAG | Equivalente ácido gálico |
| HA | Heno de alfalfa |
| MOP | <i>Moringa oleifera peregrina</i> |
| DM2 | Diabetes mellitus tipo 2 |
| SM | Síndrome metabólico |
| rpm | Revoluciones por minuto |
| v v ⁻¹ | Volumen volumen |
| FST | Fenoles solubles totales |
| FT | Flavonoides totales |
| ABTS | Ácido 2'2-azino-bis-[3-etilbenzotiazol-6-sulfónico] |
| DPPH | 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo |
| PV | Peso vivo |
| AFRC | Consejo de Investigación agrícola y alimentaria |
| EM | Energía metabolizable |
| UI | Unidades internacionales |
| M | Molar |
| N | Normal |
| DE | Desviación estándar |
| ST | Saponinas totales |
| TC | Taninos condensados |
| TH | Taninos hidrolizados |
| CFT | Compuetos fenolicos totales |
| ED | Equivalente diosgenina |
| EC | Equivalente catequina |
| EAT | Equivalente ácido tánico |
| EAG | Equivalente ácido gálico |
| EQ | Equivalente a quercetina. |
| mM | Mili mol |

RESUMEN

El objetivo del presente experimento fue evaluar el efecto de la administración oral de 0, 20, 40 y 60 mL de extracto de hojas de *Moringa oleifera* (EM) al día por ovejas⁻¹ sobre la composición fisicoquímica del yogurt durante el almacenamiento ($6\pm 2^{\circ}\text{C}$ por 14 días) y aceptación sensorial del yogurt natural. Durante 45 días, 24 ovejas lactantes (Pelibuey \times Katahdin) fueron asignadas de manera aleatoria a cuatro tratamientos (T): T₁: dieta basal (DB) +0 mL EM, T₂: DB+20 mL EM, T₃: DB+40 mL EM y T₄: DB+60 mL EM. En la leche, se observó un incremento significativo ($P<0.05$) del 6% de proteína, 26% de leucina, 14% de ceniza y 1% de pH. Sin embargo, los valores de densidad disminuyeron en un 0.3% respecto al EM-0 ($P<0.05$) y los sólidos no grasos (SNG) no presentaron diferencia entre tratamientos ($P>0.05$). En el yogurt, se observó un incremento del 5% de proteína, 113% de leucina y 9% de SNG. Durante el almacenamiento el pH disminuyó y hubo un incremento del 39% de leucina, 26% de ceniza y 19% de SNG ($P<0.05$). El EM no influyó en la aceptación general del yogurt natural. Se concluye que la suplementación con 20 mL de extracto de moringa influye en la composición fisicoquímica de la leche y del yogurt natural durante el almacenamiento de 14 días a $6\pm 2^{\circ}\text{C}$, sin alterar la aceptación general.

PALABRAS CLAVE: Extractos de moringa, composición fisicoquímica, leche, yogurt natural.

ABSTRACT

The objective of the present experiment was to evaluate the effect of oral administration of 0, 20, 40, and 60 mL of *Moringa oleifera* leaf extract (ME) per day by ewe⁻¹ on the physicochemical composition of yogurt during storage (6± 2°C for 14 days) and sensory acceptance of natural yogurt. During 45 days, 24 lactating ewes (Pelibuey × Katahdin) were randomly assigned to four treatments (T): T₁: basal diet (DB) +0 mL ME, T₂: DB+20 mL ME, T₃: DB+40 mL ME, and T₄: DB+60 mL ME. In milk, a significant increase (P<0.05) of 6% protein, 26% leucine, 14% ash, and 1% pH were observed. However, density values decreased by 0.3% compared to EM-0 (P<0.05) and non-fat solids (NFS) did not show any difference between treatments (P>0.05). In yogurt, an increase of 5% protein, 113% leucine, and 9% NFS was observed. During storage, the pH decreased and there was an increase of 39% leucine, 26% ash, and 19% NFS (P<0.05). The ME did not influence the general acceptance of natural yogurt. It is concluded that supplementation with 20 mL of *M. oleifera* leaf extract affects the physicochemical composition of milk and natural yogurt during storage for 14 days at 6± 2°C, without altering the general acceptance.

KEY WORDS: Moringa extracts, physicochemical composition, milk, natural yogurt.

1 INTRODUCCIÓN

La leche de oveja es un alimento altamente nutritivo, su importancia en la industria alimentaria se debe a su contenido de proteínas, vitaminas y compuestos antioxidantes (Caroprese *et al.*, 2019; Kholif *et al.*, 2019), péptidos bioactivos, ácidos grasos, ácido linoléico conjugado (ALC), selenio y calcio (Khan *et al.*, 2019). La leche de oveja se aprovecha en su totalidad en la producción de yogurt y queso (Selmi *et al.*, 2020). El yogurt es un producto lácteo que se obtiene por la fermentación, acidificación y coagulo por la acción de las bacterias ácido lácticas, el cual se considera uno de los productos lácteos más apetecibles a nivel mundial por sus diversas variedades y presentaciones que ofrece el mercado comercial.

Una alternativa para optimizar la producción animal e incrementar el valor nutricional de los productos, es el uso de sistemas silvopastoriles, por su alto potencial en la ganadería ecológica, los metabolitos secundarios presentes en estos forrajes han demostrado manipular algunos procesos metabólicos en los rumiantes (Casanova *et al.*, 2018). La *Moringa oleifera* (MO), un forraje tropical nativo del Himalaya, que se distribuye en todo el mundo y se cultiva en regiones tropicales y subtropicales (Kholif *et al.*, 2015), resistente a sequías y con un rendimiento de biomasa de materia fresca entre 25.8 y 41.18 t ha⁻¹ al año, se considera un recurso fitogénico con alto potencial en la ganadería agroecológica, su follaje contiene más del 18% de proteína cruda (PC), 32.0% de fibra (Pérez *et al.*, 2010; Casanova *et al.*, 2018), 845 mg kg⁻¹ de calcio, 108 mg kg⁻¹ de fósforo y 421 mg kg⁻¹ de potasio (El-Gammal *et al.*, 2017).

El uso de los extractos acuosos liofilizados de hierbas, extracto de propóleo, aceites y arbóreas tropicales como la MO son algunas alternativas que han mostrado tener efectos en los parámetros productivos del animal y calidad nutricional de los productos lácteos (Vastá y

Luciano, 2011; Babiker *et al.*, 2016). Actualmente la MO se encuentra en estudio; sin embargo, al adicionarse a la dieta de las ovejas se han observado incrementar los compuestos nutraceuticos en productos lácteos (Vasta y Luciano, 2011; Babiker *et al.*, 2016).

La adición de 1g 100 g⁻¹ de extracto acuoso liofilizado de hierbas (mate verde, clavo y limoncillo) en la leche fermentada, aumentó el contenido fenólico total, la actividad antioxidante y la aceptación sensorial, que resultó superior al 70% (Ramos *et al.*, 2017). También al adicionar extracto de propóleo rojo en la alimentación de ovejas Santa Inés con 3 g al día por ovejas⁻¹ incrementa el contenido de grasa del 32.1 a 37.1 g kg⁻¹ y la producción de leche del 1.12 a 1.36 kg día⁻¹ (Morsy *et al.*, 2016). Mohamed *et al.* (2018) mencionaron que los extractos de *Moringa oleifera* de 2, 3 y 4g 100g⁻¹ UF-retenido en la elaboración del queso crema presentan efectos conservantes, mejoran el contenido nutricional, mejoran el sabor y el crecimiento de las cepas probióticas en el producto final.

Los componentes nutricionales presentes en los productos lácteos, presentan efectos antiinflamatorios, antitumorales, antioxidantes, hipocolesterolémicos, inmunoestimulantes y antimicrobianos en la fisiología humana (Khan *et al.*, 2019). También, existen estudios donde hacen evidente que los extractos de MO modifican la concentración de ácidos grasos insaturados (Kholif *et al.*, 2018), mejoran la aceptación de los productos derivados durante el almacenamiento, mejoran el crecimiento de las cepas probióticas y funcionan como agente conservante natural de productos lácteos (El-Gammal *et al.*, 2017; Mohamed *et al.*, 2018). Efectos atribuidos a la amplia variedad de polifenoles, ácidos fenólicos, ácidos grasos, flavonoides, glucosinolatos, terpenos y antocianinas (Dhakad *et al.*, 2019), que presentan compuestos antioxidantes para eliminar los radicales libres (Isitua *et al.*, 2015; El-Gammal *et al.*, 2017). Por tanto, podrían proporcionar alternativas de bajo costo para mejorar la digestión,

fermentación ruminal e incrementar el rendimiento durante la lactancia en los rumiantes (Kholif *et al.*, 2018).

También se han reportado altos niveles de actividad de catalasa en la leche de ovejas que se alimentan con MO, causando la inhibición oxidativa de las grasas y la conservación de sus características nutricionales (Mbikay, 2012); en especial la calidad de los lípidos presentes en los productos lácteos (Palmquist *et al.*, 1993), además el yogurt de leche de oveja podría caracterizarse como un alimento con bajo riesgo aterogénico y trombogénico debido a su composición lipídica saludable (Balthazar *et al.*, 2016).

En este sentido, la leche ovina es una alternativa a la leche de vaca, por su alto contenido de ceniza, grasa, proteína (Balcones *et al.*, 1996) y por su alto contenido de compuestos fenólicos totales de 168 mg L⁻¹, mientras que la leche de vaca contiene 49 mg L⁻¹, diferencias atribuibles a los patrones de alimentación entre rumiantes (Raikos *et al.*, 2019).

Sin embargo, existe poca información sobre los extractos de MO en la alimentación animal como mejoradores del perfil nutricional en la leche y los productos lácteos (Kholif *et al.*, 2018), lo que conlleva a seguir explorando la respuesta nutricional de la leche desde la alimentación animal (Chillard y Ferlay, 2004).

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial existe gran interés en mejorar la salud humana, disminuyendo los problemas cardiovasculares que son la principal causa de mortalidad y morbilidad en Europa y en todo el mundo; cada año son responsables de 10.000 muertes en Irlanda y 1.8 millones en la Unión Europea debido a las enfermedades coronarias, enfermedades cardíacas (cardiopatía coronaria) y enfermedades circulatorias (Lordan *et al.*, 2018).

En México, Shamah *et al.* (2018) reportaron el índice de prevalencia de sobre peso y/o obesidad (SP+O) en <5 años, 5.8% en niñas y 6.5% en niños; escolares, 32.8% en niñas y 33.7% en niños; adolescentes, 39.2% en mujeres y 33.5% en hombres. Este SP+O, muestran mayores probabilidades de sufrir problemas de salud, dentro de las principales causas se atribuyen a la dieta y al estilo de vida (Rondanelli y Rondanelli, 2014).

En la mayoría de las dietas se incluye el consumo de al menos un producto derivado de la leche, productos que aportan del 25 a 35% de grasa saturada del consumo general, convirtiendo un tema preferencial de crítica por los nutricionistas (Chilliard y Ferlay, 2004). El yogurt es un alimento lácteo comúnmente consumido por las personas en todo el mundo (Babiker *et al.*, 2017). Actualmente la producción mundial del yogurt representa el 10% del total de la producción de leche y México se encuentra entre los países con menos producción y bajo consumo (6 kg año⁻¹ por persona), en comparación de países que consumen más del 12.5 kg año⁻¹ como Canadá, Irlanda (13 kg año⁻¹), Argentina (16 kg año⁻¹), y Francia (30 kg año⁻¹), variabilidad muy amplia y de consideración (Granato *et al.*, 2017). Sin embargo, la principal causa del bajo consumo es el desconocimiento de los beneficios de la leche ovina y la falta de tradición de tomarla en forma líquida. A pesar que se han demostrado que algunas grasas saturadas como el ácido esteárico no

tienen efectos aterogénicos (Chilliard y Ferlay, 2004), y tampoco incrementan los niveles de lipoproteína en el plasma sanguíneo en personas que consumen yogurt de leche bovina y ovina (Olmedilla *et al.*, 2017). Asimismo la alimentación animal es un factor que correlaciona con el aporte de nutrientes y su posterior utilización a nivel metabólico y fisiológico (Palmquist *et al.*, 1993; Mejía *et al.*, 2017) para incrementar la composición nutricional y modificar la composición lipídica saludable de la leche (Chay-Canul *et al.*, 2019).

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

3 JUSTIFICACIÓN

M. oleifera, es un árbol originario de la India, crece en cualquier tipo de suelos, en climas cálidos, son resistentes a la sequía y presentan altas propiedades nutritivas (Casanova *et al.*, 2018). Actualmente se utiliza en la industria farmacéutica para combatir diferentes enfermedades como la diabetes tipo II, problemas cardiovasculares y gastritis en humanos (Falowo *et al.*, 2018).

También se emplea en la alimentación animal, por lo que sus propiedades están siendo estudiadas de diversas formas. En la alimentación de rumiantes, existe interés en evaluar el uso de extractos, ya que existen reportes del aumento de la calidad nutricional, ácidos grasos insaturados y sensorial en productos lácteos (Salas *et al.*, 2018; Kholif *et al.*, 2018). Los productos lácteos son considerados una fuente importante de nutrientes en la alimentación básica de las personas (Salas *et al.*, 2018; Kholif *et al.*, 2018).

Los cambios en la composición y perfil de ácidos grasos en la leche son atribuidos a la modificación del régimen de alimentación y la suplementación fitogénica de los alimentos (Kholif *et al.*, 2018). La suplementación con *M. oleifera*, incrementa la composición (sólidos totales, sólidos no grasos, grasa, proteína, lactosa y ceniza) y el contenido energético de la leche de ovejas y cabras (Babiker *et al.*, 2017). La suplementación oral de 20 y 40 ml de extracto de *M. oleifera* en cabras Nubia incrementa los niveles de ácidos grasos insaturados del 17.4 a 23.4%, ácidos linoléico conjugado total de 17.4 a 23.3% y una disminución de los ácidos grasos saturados del 5.6 a 4.6% (Kholif *et al.*, 2018), por la cual se espera que el extracto de *M. oleifera* permita reducir las grasas saturadas en la leche de las borregas.

Además la leche ovina presenta niveles altos de compuestos fenólicos y nutrientes (Balcones *et al.*, 1996; Raikos *et al.*, 2019) con respecto a la leche bovina, lo que permite

incrementar los niveles de ácidos grasos funcionales (ácido oleico, ácido vaccénico y ácido linoléico conjugado ALC) que han demostrado tener efectos benéficos en la disminución del cáncer y la capacidad de normalizar el metabolismo de la glucosa, cuando se tiene ingestas (ALC) diarias de 620 mg en hombres y 441 mg en mujeres (Ritzenthaler *et al.*, 2001).

Sin embargo, existen evidencias que al sustituir en un 5% la energía provenientes de las grasas saturadas por insaturadas disminuyen en un 42% el riesgo de padecer enfermedades coronarias y un reemplazo del 2% de energía proveniente de las grasas trans por insaturadas podrían reducir hasta el 53% (Hu *et al.*, 1997). Por otro lado, el ácido linoléico conjugado ha demostrado tener efectos benéficos en la disminución del cáncer y capacidad de normalizar el metabolismo de la glucosa, entre otros beneficios en la salud del consumidor (Ritzenthaler *et al.*, 2001; Chilliard y Ferlay, 2004).

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt elaborado con leche de ovejas Pelibuey suplementadas con diferentes niveles de extracto de hojas de *Moringa oleifera*.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la composición fisicoquímica del yogurt natural elaborado con leche de ovejas Pelibuey suplementadas con diferentes niveles de extracto de hojas de *Moringa oleifera*.
- Determinar la aceptación sensorial del yogurt natural elaborado con leche de ovejas Pelibuey suplementadas con diferentes niveles de extracto de hojas de *Moringa oleifera*.

5 HIPOTESIS

Los niveles de inclusión de extracto de *Moringa oleifera* en la dieta de ovejas Pelibuey mejoran la composición fisicoquímica y la aceptación sensorial del yogurt natural.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

6 REVISIÓN DE LITERATURA

6.1 Producción de ovinos

La población ovina del mundo es de 1,209,908,142 cabezas (SAGARPA, 2016), de las cuales en los continentes de África y Asia se encuentran el 70% de la población ovina y en el continente Americano se encuentra la menor cantidad de ovinos con el 7.2% (SAGARPA, 2016)

El país que contiene el mayor número de ovejas es Brasil (17,614,454) y le siguen Argentina (14,700,000), Perú (12,415,395), Bolivia (9,499,147) y México (8,575,908) éste último se encuentra en la quinta posición, con un incremento del 20% del 2004 al 2014 (SAGARPA, 2016). En seis estados de México se concentran el 55% (4,268,602) del inventario ovino, México e Hidalgo son los principales productores con el 16% (1,398,954) y 14% (1,185,294), respectivamente (SAGARPA, 2016).

Se identifican 20 razas de ganado ovino a nivel nacional, de las cuales nueve se encuentran adaptadas a las diversas zonas agroecológicas del país, las razas que más se utilizan son: el Criollo, Hampshire, Suffolk, Black Belly (SAGARPA, 2002) y la raza Pelibuey es la más utilizada en el trópico húmedo por su rusticidad, precocidad, fertilidad, prolificidad y adaptación al clima (Chay-Canul *et al.*, 2016).

6.1.1 Producción de leche ovina a nivel mundial, América Latina y México

La producción de la leche ovina es importante en las zonas mediterráneas, a nivel mundial se incrementó en un 15% pasando de 8.8 a 10.1 millones de toneladas (Mt) del 2004 al 2013 (SAGARPA, 2016). En el continente Europeo se produce un 29.81%, Asia el 47.58%, África 22.20% y en América el 0.42% de la producción total de leche en el mundo, tanto para consumo

en fresco como transformada en productos lácteos (SAGARPA, 2016), estimando un incremento del consumo de la leche por el aumento de la población mundial (Kholif *et al.*, 2018).

En México existen alrededor de 20 explotaciones ganaderas con potencial para ordeñar ovejas, con un inventario de 6000 animales distribuidas en los estados de Guanajuato, México, Puebla, Veracruz y Querétaro. Se registró el estado de Querétaro como el mayor productor de leche el 2009 con más de 30.000 litros (Pérez, 2010). A pesar de que la actividad ovina se encuentra en el último lugar del impacto económico en la industria pecuaria, la elevada demanda de los productos por la población urbana hace que la actividad sea importante para los pequeños ganaderos (Pérez, 2010).

La producción ovina en México (s.f.) presentan índices de producción deficientes por tal motivo se establecen esquemas de cruzamientos para hacer de la producción ovina una actividad rentable, competitiva y sustentable, al abatir los costos de producción y mejorar los parámetros productivos de la producción ovina en el trópico húmedo. Cabe mencionar que dicho aspecto es aplicable en la ovinocultura social y empresarial, pues la transferencia de tecnología no está peleada con el tipo de productor, biológicamente se está trabajando con un animal que fisiológicamente es capaz de producir por lo menos un cordero vivo por oveja al año.

6.2 Uso de forrajes y hierbas en la alimentación animal

Diversos estudios, resaltan los beneficios del uso de las hierbas en la alimentación de los rumiantes por sus múltiples funcionalidades, buscando no solo alimentar sino aportar compuestos para atender la salud humana y animal, además de mejorar la productividad y calidad de los productos, también muestran una reducción de gases efecto invernadero (CH₄). En este sentido se ha demostrado que al utilizar un 30% de arbóreas tropicales mejoran los aportes de proteína,

digestibilidad de la materia seca (MS), proteína cruda y fibra detergente neutra (FDN) de los alimentos en la producción ovina (Piñeiro *et al.*, 2017).

También existen evidencias del uso de extractos de quebracho (2%) con aceite de girasol (2%), que mejoran los perfiles lipídicos de la leche de igual manera se obtienen un incremento de la grasa y lactosa en la leche, con el reemplazo del 62.5% del heno de alfalfa por moringa (Toral *et al.*, 2015; Babiker *et al.*, 2016).

6.3 *Moringa oleifera*

M. Oleifera es un árbol originario del noreste de la India y del sur del Himalaya, Bangladesh, Afganistán y Pakistán (Casanova *et al.*, 2018). Actualmente se distribuye en las regiones tropicales, sub tropicales de África y América Latina (Casanova *et al.*, 2018) de todo el mundo, debido a sus múltiples beneficios por su alto contenido fenólico y por sus propiedades biológicas (Richter *et al.*, 2003).

Es un árbol de crecimiento rápido con un elevado rendimiento de biomasa como materia fresca (25.8 y 41.18 t ha⁻¹ año), también es considerada un alimento valioso por su fuente de proteína (>18%), minerales, vitaminas y baja en fibra (32.0%) (Kholif *et al.*, 2018). Además de contribuir en la conservación y fertilización de suelos, por su rápida descomposición (85.3%) liberando N al suelo (89.0%) y su empleo como cerca viva (Casanova *et al.*, 2018). El uso de este árbol es aprovechado desde las semillas, tallos, hojas, raíz y corteza, que aportan cantidades sustanciales de vitaminas (A, C y E), proteínas, calcio, potasio, magnesio, hierro, manganeso, cobre y fenoles totales (Hekmat *et al.*, 2015; García *et al.*, 2017).

La mayor concentración de compuestos fenólicos se encuentran en las hojas, donde se ha reportado desde 5.11 mg EAG g⁻¹ hasta 340.82 mg EAG g⁻¹ en extractos de moringa (Babiker

et al., 2016; El-Gammal *et al.*, 2017), en hojas secas del 2.7 a 3.4% de MS total (Makkar y Becker, 1996; Richter *et al.*, 2003) estas podrían mejorar la salud de los animales, así como también prevenir la oxidación lipídica de la leche y su alta actividad antioxidante del 67.96% puede ser usado para eliminar los radicales libres (Babiker *et al.*, 2016).

Respecto a los factores antinutricionales, las hojas presentan baja cantidad de taninos (12 g kg^{-1} de MS), fitatos (21 g kg^{-1} de MS) y ausencia de inhibidores de tripsina y amilasa, lectinas, glucósidos cianogénicos y glucosinolatos, conteniendo cantidades irrelevantes de taninos en vainas y tallos, pero las saponinas y los alcaloides están presentes en las hojas y en el tallo hasta en 80 g kg^{-1} de MS, que se consideran niveles no tóxicos para los rumiantes (Casanova *et al.*, 2018).

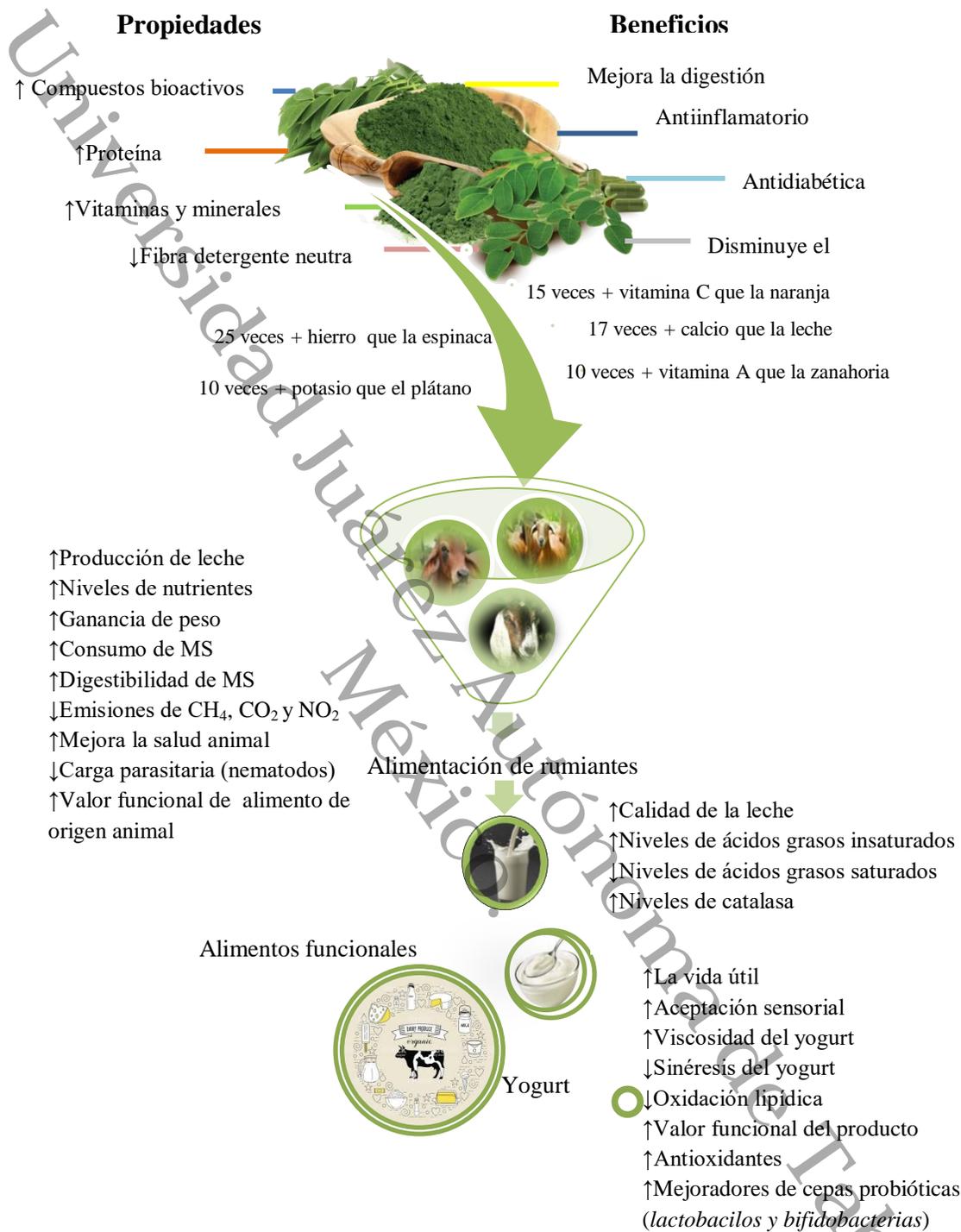


Figura 1. Propiedades y beneficios de la *M. oleifera*

Fuente: Adaptado de: Mbikay *et al.*, 2012; Dey *et al.*, 2014; Isitua *et al.*, 2015; Babiker *et al.*, 2017; El-Gammal *et al.*, 2017; González *et al.*, 2017; Mejía *et al.*, 2017; Casanova *et al.*, 2018; Falowo *et al.*, 2018; Kholif *et al.*, 2018; Al-Juhaimi *et al.*, 2020; Selmi *et al.*, 2020).

Los productos lácteos adicionados con moringa pueden llegar a ser denominados alimentos funcionales ya que a diferencia de los productos lácteos básicos (Kholif *et al.*, 2018; Yu y Hu, 2018), se incrementa el valor nutricional, mejora el valor sensorial (Figura 1), crecimiento de las cepas probióticas y actúa como un conservante natural (El-Gammal *et al.*, 2017; Mohamed *et al.*, 2018; Falowo *et al.*, 2018) inhibiendo la oxidación de las grasas y propiciando una mejor conservación de las características nutricionales de la leche (Mbikay, 2012).

Estudios en vacas lactantes (Sánchez *et al.*, 2006), cabras (Kholif *et al.*, 2018) y ovejas (Babiker *et al.*, 2016) que se suplementaron con heno de alfalfa, sésamo, harina de soya, *B. brizantha*, follajes, extractos de *M. oleifera* han demostrado mejorar la producción de la leche, composición nutricional, modificación del perfil lipídico, mejorador de la fermentación ruminal, consumo de MS, mayor ganancia de peso y disminución del estrés oxidativo (Tabla 1).

Tabla 1. Producción de leche en rumiantes suplementados con *M. oleifera*

| Tratamiento | Alimento suplido | Especie | Estado de la moringa | % de moringa | Producción de leche (kg día ⁻¹) | Autor |
|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|-----------------|---|------------------------------|
| Control | Alfalfa | Vacas lecheras Holstein | Polvo hojas, raquis y ramitas | 0% | 29.6 | Dong <i>et al.</i> , 2019 |
| T ₁ | Alfalfa | Vacas lecheras Holstein | Polvo hojas, raquis y ramitas | 3% | 29.7 | Dong <i>et al.</i> , 2019 |
| T ₂ | Alfalfa | Vacas lecheras Holstein | Polvo hojas, raquis y ramitas | 6% | 31 | Dong <i>et al.</i> , 2019 |
| T ₃ | Alfalfa | Vacas lecheras Holstein | Polvo hojas, raquis y ramitas | 9% | 28.6 | Dong <i>et al.</i> , 2019 |
| Control | Heno de alfalfa | Ovejas Najdi | Hojas en polvo | 40% alfa | 2.00 ± 0.22 ^a | Babiker <i>et al.</i> , 2016 |
| T ₁ | <i>M. oleifera</i> | Ovejas Najdi | Hojas en polvo | 25% MO +15%MP | 2.43 ± 0.12 ^b | Babiker <i>et al.</i> , 2016 |
| T ₂ | <i>M. peregrina</i> | Ovejas Najdi | Hojas en polvo | 25%MP +15%MO | 2.23 ± 0.16 ^{ab} | Babiker <i>et al.</i> , 2016 |
| Control | Alfalfa | Ovejas Najdi | Hojas en polvo | 40% alfa | 1.84 ± 0.29 ^a | Babiker <i>et al.</i> , 2017 |
| T ₁ | <i>Moringa oleifera</i> | Ovejas Najdi | Hojas en polvo | 15% Alfa +25%MO | 2.63 ± 0.46 ^b | Babiker <i>et al.</i> , 2017 |

| Tratamiento | Alimento suplido | Especie | Estado de la moringa | % de moringa | Producción de leche (kg día ⁻¹) | Autor |
|----------------|-------------------------------|--------------|---|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| Control | Alfalfa | Cabras Aardi | Hojas en polvo | 40% alfa | 3.46 ± 0.44 ^a | Babiker <i>et al.</i> , 2017 |
| T ₁ | <i>Moringa oleifera</i> | Cabras Aardi | Hojas en polvo | 15% Alfa +25%MO | 5.34 ± 0.59 ^b | Babiker <i>et al.</i> , 2017 |
| Control | Trigo | Vacas | Ensilaje | 20.90% | 41.8 ^a | Cohen <i>et al.</i> , 2015 |
| T ₁ | Moringa+trigo | Vacas | Ensilaje | 18%(37%MO +54%heno trigo+9% melaza) | 42.6 ^b | Cohen <i>et al.</i> , 2015 |
| Control | | Cabras Nubia | Harina de sesamo | 15% sesamo (200g) | 0.8186 ^b | Kholif <i>et al.</i> , 2015 |
| T ₁ | Harina de moringa | Cabras Nubia | Harina (hojas y ramitas delgadas, ramas y tallos) | 100 g moringa + 100 g sesamo | 0.9069 ^a | Kholif <i>et al.</i> , 2015 |
| T ₂ | Harina de moringa | Cabras Nubia | Harina (hojas y ramitas delgadas, ramas y tallos) | 150 g moringa +50 g sesamo | 0.9430 ^a | Kholif <i>et al.</i> , 2015 |
| T ₃ | Harina de moringa | Cabras Nubia | Harina (hojas y ramitas delgadas, ramas y tallos) | 200 g + 0 g sesamo | 0.9015 ^a | Kholif <i>et al.</i> , 2015 |
| Control | <i>Trifolium alexandrinum</i> | Cabras Nubia | Trifolium alexandrinum | 0 | 0.809 ^a | Kholif <i>et al.</i> , 2017 |
| T ₁ | Premezcla de moringa | Cabras Nubia | Mezcla concentrado | 25% (12.5% de moringa) | 0.852 ^{ab} | Kholif <i>et al.</i> , 2017 |
| T ₂ | Premezcla de moringa | Cabras Nubia | Mezcla concentrado | 50% (25%MO) | 0.877 ^b | Kholif <i>et al.</i> , 2017 |
| T ₃ | Premezcla de moringa | Cabras Nubia | Mezcla concentrado | 75% (37.5%MO) | 0.900 ^b | Kholif <i>et al.</i> , 2017 |
| Control | | Cabras Nubia | Extracto | 0mL | 0.849 ^a | Kholif <i>et al.</i> , 2018 |
| T ₁ | | Cabras Nubia | Extracto | 10mL | 0.899 ^{ab} | Kholif <i>et al.</i> , 2018 |
| T ₂ | | Cabras Nubia | Extracto | 20mL | 0.921 ^b | Kholif <i>et al.</i> , 2018 |
| T ₃ | | Cabras Nubia | Extracto | 40mL | 0.951 ^b | Kholif <i>et al.</i> , 2018 |
| Control | Harina de soja | vacas | Concentrado comercial+pasto elefante | 20% | 13.2 ^a | Mendieta <i>et al.</i> , 2010 |
| T ₁ | Harina de hojas de moringa | Vacas | Harina de hojas de moringa+pasto elefante | 20% | 12.3 ^b | Mendieta <i>et al.</i> , 2010 |
| T ₂ | Concentrado comercial | Vacas | Concentrado comercial pasto elefante | 0% | 12.1 ^b | Mendieta <i>et al.</i> , 2010 |
| Control | | Vacas | Heno | 0 | 3.10 ^b | Sánchez <i>et al.</i> , 2006 |
| T ₁ | | Vacas | Heno | 2kg | 4.91 ^a | Sánchez <i>et al.</i> , 2006 |
| T ₂ | | Vacas | Heno | 3kg | 5.07 ^a | Sánchez <i>et al.</i> , 2006 |

6.4 Composición nutricional de la leche ovina

La leche se considera uno de los alimentos importantes en la dieta de la población por sus características nutritivas; energía dietética, proteínas de alta calidad, minerales y vitaminas (Agudelo y Bedoya, 2005; Kholif *et al.*, 2018).

La composición nutricional de la leche es variable y puede ser afectada por factores intrínsecos; raza, especie, genética y extrínsecos; medio ambiente, sanitario, manejo de hembras durante la época de lactancia, peso corporal y número de corderos (Mejía *et al.*, 2017; Chay-Canul *et al.*, 2019), dentro de estos factores la alimentación juega un papel importante debido a la cantidad y composición de los alimentos que ingiere el animal (Tabla 2), debido a la correlación que existe entre el aporte de nutrientes y su posterior utilización a nivel metabólico y fisiológico para convertirlo en leche (Palmquist *et al.*, 1993; Mejía *et al.*, 2017).

Tabla 2. Comparación nutricional de la leche ovina, caprina y bovina

| Raza | Lugar de estudio | Proteína (%) | Grasa (%) | Lactosa (%) | Autor |
|--------------------------------------|-------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------------------------|
| Travnik | Travnik, Croacia | 5.90±0.05 | 7.52±0.17 | 4.55±0.04 | Pavić <i>et al.</i> , 2002 |
| Pelibuey | Villahermosa | 5.03±0.02 | 6.06±0.13 | 4.93±0.02 | Avendaño, 2017 |
| Khatahdin | Villahermosa | 5.12±0.02 | 6.17±0.17 | 5.04±0.03 | Avendaño, 2017 |
| Najdi | Reino de Arabia Saudita | 4.83±0.14 | 4.12±0.23 | 4.21±0.17 | Babiker <i>et al.</i> , 2017 |
| Najdi | Reino de Arabia Saudita | 4.80 ± 0.13 | 3.72 ± 0.30 | 4.13 ± 0.19 | Babiker <i>et al.</i> , 2016 |
| Comisana | Perugia | 6.22±0.571 | 7.26±0.340 | 4.81±0.400 | Buccioni <i>et al.</i> , 2015 |
| Aardi | Reino de Arabia Saudita | 3.56±0.06 | 4.29±0.10 | 4.73±0.03 | Babiker <i>et al.</i> , 2017 |
| Nubian | Behera | 3.61 | 3.43 | 4.32 | Kholif <i>et al.</i> , 2018 |
| Mestizas Siboney, Holstein por Cebú. | Mayabeque- Cuba | 3.04±0.42 | 2.80±0.88 | 4.10±0.50 | González <i>et al.</i> , 2017 |

Los principales componentes lácteos son: proteína, carbohidratos, minerales, lactosa, vitaminas y grasa (Kholif *et al.*, 2018), esta última está formada por ácidos grasos que se

sintetizan en la glándula mamaria y por el aporte del flujo sanguíneo, donde se encuentran el aporte dietario (Chilliard y Ferlay, 2004). De acuerdo a Kholif *et al.* (2015), la suplementación con *M. oleifera* en cabras lactantes, disminuyen los ácidos grasos saturados hasta un 13% y aumentan los ácidos grasos insaturados en un 29%, y proporciones de ALC de 47 a 58%. También Dey *et al.* (2014) reportan un incremento del valor nutricional de los alimentos procesados con *M. oleifera*.

6.5 Producción de yogurt

El yogurt, es un alimento lácteo que es comúnmente consumido por las personas en todo el mundo (Babiker *et al.*, 2017). Actualmente la producción mundial del yogurt representa el 10% del total de la producción de leche, proveniente de los principales países productores como: China con 6.0 Mt, Irán con 4.0 Mt, Turquía con 2-8 Mt, Rusia y EEUU con 2-5 Mt. México se encuentra entre los países con menos producción y bajo consumo (6 kg año⁻¹ por persona), en comparación con países que consumen más del 12.5 kg año⁻¹ como Canadá, Irlanda (13 kg año⁻¹), Argentina (16 kg año⁻¹), y Francia (30 kg año⁻¹), variabilidad muy amplia y de consideración (Granato *et al.*, 2017). Las principales variedades de yogurt en México son: el natural, con frutas y/o cereales, bebible y licuado (CANELIC, 2018).

El yogurt es un producto lácteo que se obtiene por la fermentación de la leche por la acción de las bacterias ácido lácticas: *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* responsables de las características positivas de flavor, acidez, sabor y la asimilación del organismo humano (Granato *et al.*, 2017). Se usa principalmente la leche de vaca para el proceso del yogurt, por su bajo contenido en grasa en comparación con la leche ovina, sin embargo se ha demostrado que los niveles de grasa no afectan los niveles de lipoproteína en el plasma sanguíneo en personas que consumen yogurt natural de leche bovina y ovina (Olmedilla *et al.*, 2017).

Asimismo no existe evidencia epidemiológica suficiente para restringir el consumo de productos lácteos enteros pero existe evidencia sólida sobre la prevención y la disminución del riesgo de padecer enfermedades como las diabetes (DM2), obesidad y el síndrome metabólico (SM). El consumo del yogurt independientemente de su contenido en grasa (Salas *et al.*, 2018), tiene propiedades benéficas y neutrales, como el alto contenido de proteínas, minerales, vitaminas, antioxidantes y un perfil lipídico saludable (Redondo *et al.*, 2018; Salas *et al.*, 2018).

6.5.1 Composición nutricional del yogurt

Según la Norma Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010 las especificaciones fisicoquímicas que deben cumplir el yogurt al término de la fermentación son las siguientes que se describen en la Tabla 3:

Tabla 3. Especificaciones fisicoquímicas del yogurt y métodos de prueba

| Características | Contenido | Método de prueba |
|--|----------------------------|--|
| Proteína Láctea (% m/m) | Mínimo 2.9% ^{1,2} | Determinación de Proteína por Micro-Kjedahl conforme a la NOM-155-SCFI-2003, numeral 8.5 |
| Grasa Butírica (% m/m) | Máximo 15.0% | Método de Caracterización de ácidos grasos conforme a la NMX-F-490-NORMEX-1999, Método para grasa butírica conforme a la NOM-086-SSA1-1994 Apéndice normativo C inciso 1.2 Hidrólisis alcalina |
| Acidez Valorable, expresada como porcentaje de Ácido Láctico (% m/m) | Mínimo 0.6% | Método de prueba de bacterias que fermentan los productos, del numeral 8 de la NMX-703-COFOCALEC-2004 o NOM-185-SSA1-2002 Apéndice normativo A inciso 1 |
| Sólidos Lácteos no grasos | Mínimo 8.25% | Determinación de Sólidos no grasos conforme a la NOM-155-SCFI-2003, numeral 8.4 |

¹ La relación de la caseína proteína presente en el producto final debe ser al menos de 70% (m/m).

² La proporción de proteína láctea respecto a los sólidos lácteos no grasos totales contenidos en el yogurt, no debe disminuir respecto de la proporción de proteína láctea presente originalmente en la leche.

6.6 Evaluación sensorial

Es la disciplina científica que se utiliza para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones humanas a aquellas características de los alimentos y materiales que son percibidos a través de los sentidos de la vista, oído, olfato, gusto y tacto (Cárdenas *et al.*, 2018).

La evaluación sensorial de los alimentos se consideran muy importante en la investigación y el desarrollo de alimentos, con la aplicación de los tipos de pruebas sensoriales que dependerán del tipo de información a obtener (Olivas *et al.*, 2009). Existen tres tipos principales de pruebas: afectivas, discriminación, y descriptivas. Las pruebas afectivas son aquellas que buscan establecer el grado de aceptación de un producto a partir de la reacción de degustadores no experimentados (Cárdenas *et al.*, 2018), utilizando una tarjeta de puntuación de una escala hedónica de nueve puntos en la que 1= no me gusta extremadamente, 5 = neutral, y 9 = me gusta extremadamente (Hekmat *et al.*, 2015).

El-Gammal *et al.* (2017) al usar 0.4% de extracto acuoso de hojas de MO en yogurt informaron que mejoró los atributos sensoriales respecto al tratamiento control, así mismo el sabor y textura disminuyo gradualmente durante los 15 días de almacenamiento. Por otro lado, en un estudio con 0.5% de MO y 1% de MO añadida al yogurt no encontraron diferencias en la aceptación general (Hekmat *et al.*, 2015). En otro estudio, 75 panelistas no entrenados evaluaron la aceptación del yogurt elaborado con leche de cabra donde se le añadió puré de plátano y mango, dando como resultado una aceptabilidad inicial de ambos yogures, debido a la incorporación de frutas que ayudo a enmascarar el sabor y potencializar la aceptabilidad por los consumidores. Por otro lado, la aceptabilidad sensorial disminuyó notablemente a una temperatura de 25°C a las 72 horas, esto se debió a que la aceptabilidad de los consumidores está

basada principalmente en parámetros satisfactorios de calidad texturales y sensoriales (Vásquez *et al.*, 2015)

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

7 MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Localización del estudio

El estudio se realizó en el “Rancho San Francisco”, ubicado a 21°14'48”LN y 89°02'35”LO, a 5 metros sobre el nivel del mar, en el municipio de Dzidzantun (Yucatán, México). La temperatura del ambiente promedio es de 26.3 °C, con 9.8 mm de lluvia durante los meses experimentales (entre noviembre y diciembre) y extremos de humedad relativa entre 66% y 89% (INAFED, 2020; INEGI, 2020).

La elaboración de los productos lácteos, análisis fisicoquímico, y evaluación sensorial se realizó, en en el taller de productos lácteos y laboratorios de análisis, presentes en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Mérida, ubicado en la Av. Tecnológico km. 4.5 S/N, Mérida, Yucatán, México. Las hojas de *M. oleifera* fueron procedentes del Rancho Laborcitas, municipio de Tamaulipas, México, ubicado entre las coordenadas 19°19'46.4” N y 99°10'38.4”O.

7.2 Extracto de *M. oleifera*

7.2.1 Preparación del extracto de *M. oleifera*

Las hojas de MO, fueron recolectadas al azar de plantas jóvenes y maduras. Posteriormente, las hojas se cortaron (1 a 2 cm de largo), se lavaron con agua y se secaron a 40 °C durante 72 h en un horno de convección forzada. Las hojas secas fueron trituradas con un molino (Mikro-Feinmuhle-Culatti Alemania) de 0.5 – 1 mm.

Como análisis extra se utilizó diferentes disolventes de extracción, etanol 70%, agua y etanol-agua (1:1 v v⁻¹), con el objetivo de evaluar el mejor disolvente y elegir el adecuado para preparar el extracto de *M. oleifera*. De acuerdo a los resultados (Tabla 5) del análisis anterior, el extracto de moringa (EM) se elaboró a partir de 1 g de polvo de hojas de MO que se depositó en un matraz erlenmeyer con 20 mL de solución agua-etanol (1:1 v v⁻¹), con agitación continua (120

rpm) a 25°C durante 2 h. El extracto resultante se centrifugo a 1500 rpm a 25 °C por 10 min. Después del centrifugado se recogió el sobrenadante y el sedimento se sometió a extracción adicional utilizando el mismo procedimiento descrito anteriormente. Los sobrenadantes obtenidos de las dos extracciones se agruparon y depositaron en frascos de color ámbar para su uso posterior (Granato *et al.*, 2017; Rivero *et al.*, 2018).

7.2.2 Análisis fitoquímica de los extractos de *M. oleifera*

Los compuestos bioactivos presentes en el extracto fueron analizados por los siguientes métodos analíticos: los compuestos fenólicos totales (CFT) se determinaron por el método espectrofotométrico desarrollado por Folin-Ciocalteu, fundamentado por una reacción de óxido-reducción (Singleton y Rossi, 1965) modificado por González-Aguilar *et al.* (2007). Concentración de flavonoides totales (FT) por el método descrito por Moo-Huchin *et al.* (2015). Actividad antioxidante por el método ABTS (2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) metodología desarrollado por Re *et al.* (1999) como generadores de radicales libres y la actividad de eliminación de radicales DPPH (2, 2,- difenil-2-picril-hidrazilo) fue determinada por el metodología desarrollada por Brand *et al.* (1995). Taninos condensados (TC) fueron determinados por el método vanillina-HCL descrito por Selcuk y Erkan (2015). Taninos hidrolizados (TH) se analizaron por el método espectrofotométrico descrito por Willis y Allen (1998) modificado por Cam y Hisil (2010) y saponinas totales (ST) por el método vanillin según lo descrito por Ncube *et al.* (2011). La descripción detallada de los métodos empleados para el análisis fitoquímica del extracto se puede encontrar en un documento descrito por Olvera *et al.* (2020).

7.3 Manejo de los animales

Veinticuatro ovejas (Pelibuey x Katahdin) clínicamente sanas, fueron asignadas de manera aleatoria a cuatro grupos de seis animales por tratamiento; T₁: 0 mL EM, T₂: 20 mL EM, T₃: 40 mL EM y T₄: 60 mL EM, con 2 a 3 años de edad, recién paridas (3-5 días), con un peso corporal de 35.7±5.02 kg y con una condición corporal de 2.07±0.18 (Russel *at al.*, 1969).

Las ovejas fueron confinadas en corrales individuales de 2x3 m con sus respectivos corderos durante los 45 días de experimento. Antes del comienzo del experimento, las ovejas fueron desparasitadas con Closantel 5% ® (Wyeth LLC, Madison, Nueva Jersey, EE. UU.) a una dosis de 10 mg kg PV.

7.3.1 Alimentación y proporción de alimento

Las ovejas fueron alimentadas con una dieta basal comercial (Campialimentos S.A. de C.V.) mixta *ad libitum*, a base de maíz molido, harina de soja, melaza de caña de azúcar, minerales, vitaminas y como forraje tallos de pasto Taiwan (*Pennisetum purpureum*); fresco picado; ofrecido a las 18:00 h, en una proporción de 80:20, respectivamente, con niveles de alimentación diseñados para asegurar un margen de rechazo diario del 10%, con un ajuste semanal según varío el peso vivo y con agua a libre disposición.

Antes de iniciar el experimento, los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación de siete días con la dieta y posteriormente el periodo del experimento fue de 45 días. El alimento concentrado comercial fue ofrecido durante la mañana (8:00 am) y por la tarde el pasto Taiwan (18:00 pm).

La dieta se complementó con el suministro diario de EM a una dosis de 0 mL (T₁: EM-0), 20 mL (T₂: EM-20), 40 mL (T₃: EM-40) y 60 mL (T₄: EM-60), los niveles de EM animal⁻¹ fueron

utilizados de acuerdo al nivel de EM empleado por Kholif *et al.* (2019) en cabras, quienes completaron 10, 20 y 40 mL día⁻¹ de EM en la dieta.

Para evitar la clasificación del pienso, los tratamientos se mezclaron manualmente con 200 g de concentrado, una vez terminado la porción de alimento, se les proporcionó el resto del concentrado comercial. Las dietas contaban con una energía metabolizable estimada de 11.5 MJ*kg de MS calculado con ecuación la Norma Agrícola y directrices del Food Research Council (AFRC, 1993), como se menciona en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Composición química (g / kg de MS) del concentrado y forraje ofrecido a ovejas lactantes

| Parámetro | Concentrado | Pasto |
|-----------------------------------|-------------|-------|
| Materia seca | 900 | 283 |
| Proteína cruda | 150 | 31 |
| Fibra detergente neutra | 438 | 693 |
| Fibra detergente ácida | 160 | 470 |
| Materia orgánica | 963 | 953 |
| Extracto etéreo | 43 | 19.2 |
| Energía metabolizable (MJ/kg MS)* | 11.5 | 7.6 |

* Estimado por la ecuación de la AFRC. Fuente: AFRC (1993).

7.3.2 Ordeño y conservación de la leche

Las ovejas fueron ordeñadas manualmente dos veces por semana durante las mañanas (7:00 am). Los corderos de cada oveja fueron retirados 12 h antes de cada ordeña (19:00 pm), antes de la ordeña se aplicó una dosis de 3 UI de oxitocina vía intramuscular (Velasco *et al.*, 2001), para estimular la secreción de la leche. La leche obtenida se procedió inmediatamente a enfriar a 4 °C y al registro diario individual correspondiente de la leche, hasta su transporte a cámaras de congelación, para su posterior análisis en el laboratorio y elaboración del yogurt (Babiker *et al.*, 2016).

7.4 Proceso de elaboración del yogurt natural con leche de ovejas Pelibuey

La leche que se obtuvo de las ovejas durante el experimento se agrupó por tratamiento y se sometió a un proceso de control de calidad cuantitativa (acidez, pH, sólidos no grasos y densidad), antes del proceso del yogurt.

7.4.1 Preparación del yogurt natural

El yogurt fue procesado en el taller de productos lácteos del Instituto Tecnológico de Mérida, siguiendo el protocolo de Hekmat *et al.* (2015) con algunas modificaciones, como la temperatura de incubación de 37 °C a 45 °C y el porcentaje de cultivo del 4% por el recomendado por la empresa impresa en el sobre.

La leche recolectada durante el ordeño fue sometida a pasteurización a 85°C por 30 min, luego se dejó enfriar a 45 °C para el inóculo del cultivo microbiano (Bioprox® –YP-700, Francia) compuesto por cepas de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, se incubó hasta alcanzar un descenso del pH a 4.6, descenso producido por las bacterias durante la fermentación. Posteriormente se almacenó en una cámara de frío a 6±2 °C para su posterior análisis fisicoquímica y sensorial (Figura 2).

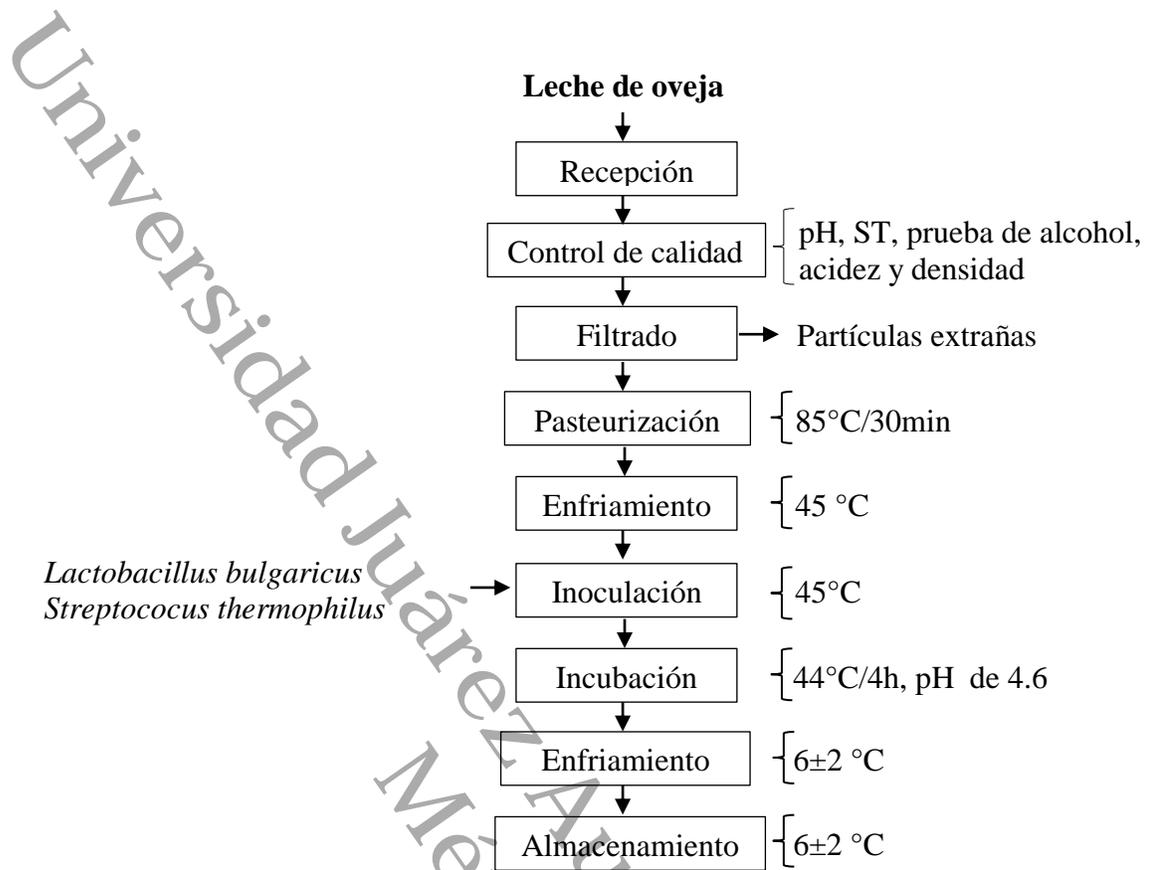


Figura 2. Proceso de producción del yogurt natural

7.5 Análisis fisicoquímica de la leche y del yogurt natural

La leche entera de oveja fue agrupada por tratamiento y se tomó una sub muestra de 150 mL de leche para su posterior análisis fisicoquímica por los siguientes métodos descritos por la AOAC (2000). La acidez titulable (% ácido láctico) se midió mediante valoración con hidróxido de sodio al 0.1 N, el valor del pH se determinó utilizando un potenciómetro digital (HI-2210, HANNA®) mediante inserción directa del electrodo a la muestra, los sólidos no grasos (SNG) con un refractómetro (ATAGO® RX-5000, japonés), el contenido de nitrógeno por el método Kjeldahl (991.20; AOAC, 2000) y la proteína de la leche se calculó como $N \times 6.38$, el porcentaje de ceniza por incineración (945.46; AOAC, 2000) y la concentración de péptidos por el método colorimétrico modificado de ninhidrina (Doi, Shibata y Matoba, 1981). Todos los análisis se

realizaron por triplicado. Las muestras experimentales de yogurt fueron almacenadas en una cámara de frío a 6 ± 2 °C y se evaluaron los parámetros mencionados en los días 1, 7 y 14 de almacenamiento.

7.5.1 Determinación de acidez y pH

Los parámetros de acidez titulable y pH de muestras de yogurt natural fueron evaluados en los días 1, 7 y 14 de almacenamiento. El pH, se midió con un potenciómetro digital (HI-2210, HANNA®, México), calibrado con soluciones buffer de pH 4.0 y pH 7.0. Una vez calibrado el potenciómetro, se prosiguió con la medición del pH por triplicado, mediante inserción directa del electrodo en muestras de yogurt natural, posteriormente se realizó la lectura correspondiente de cada medición.

Acidez titulable, se determinó por el método descrito por la NOM-185-SSA1-2002, donde 9 mL de yogurt fueron disueltos en 9 mL de agua destilada, posteriormente se le agregó de 5-6 gotas de fenolftaleína al 1% ($C_{29}H_{14}O_4$) en etanol al 95% como indicador de pH (pH 8.3). Se prosiguió a titular con NaOH al 0.1 N, hasta la aparición de un color rosa permanente durante un aproximado de 30 s. La acidez se expresó como porcentaje de ácido láctico, utilizando el volumen gastado de NaOH en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{(\text{mL de NaOH} * 0.1 \text{ N de NaOH} * 0.09)}{\text{mL de muestra}} * 100$$

7.5.2 Determinación de sólidos no grasos

Se colocó 2 a 3 gotas de muestras de yogurt natural, sobre el prisma del refractómetro (ATAGO® RX-5000, japonés) posteriormente se realizó la lectura correspondiente.

7.5.3 Determinación del porcentaje de humedad

Para cuantificar el porcentaje de humedad del yogurt se usó el método gravimétrico de pérdida de agua de la muestra. Se introdujeron crisoles a una mufla a temperatura de 105 °C hasta obtener un peso constante. Se pesaron 2 g de yogurt en crisoles a peso constante y posteriormente fue llevada a la estufa a 60 °C hasta llegar a peso constante.

$$\% \text{ humedad} = \frac{(Pf - Pi)}{M} * 100$$

Dónde:

Pf: Peso final (g)

Pi: Peso inicial (g)

M: Peso de la muestra (g)

7.5.4 Determinación de cenizas

En un crisol se deposita la muestra previamente deshidratada y se lleva a la mufla a 550°C durante 4 h, para efectuar la calcinación completa; transcurrido el tiempo se procede a enfriar los crisoles en un desecador por 30 min y se procede al cálculo de los valores (945.46; AOAC, 1997).

$$\% \text{ cenizas} = \frac{(P - p)}{M} * 100$$

Dónde:

P = Masa del crisol con las cenizas (g)

p = Masa de crisol vacío (g)

M = Masa de la muestra (g)

7.5.5 Determinación de proteínas totales

Se utilizaron 2.5 gramos de yogurt y fueron depositados en un tubo kjeldahl de 300 mL, posteriormente se agregó 10 mL de H₂SO₄ concentrado más el catalizador. Los tubos fueron llevados al digestor durante 90 min, una vez que terminó el proceso de digestión, se dejó enfriar

las muestras digeridas durante 30 min con el fin de disipar los gases. Finalmente se prosiguió con el proceso de destilación, con la carga y dosificación paulatina de 25 mL de NaOH al 50% pv^{-1} a la muestra digerida hasta obtener una coloración verde esmeralda del H_3BO_3 al 4% pv^{-1} . La reacción es valorada y calculada finalmente con el proceso de titulación con HCl al 0.1N y el volumen gastado.

7.5.6 Determinación de péptidos

Preparación del extracto de yogurt: Se preparó un extracto de yogurt acorde a las especificaciones descritas por Shori, Sashid, y Baba, (2018) con algunas modificaciones. Se tomó una muestra de 10 g de yogurt con tres repeticiones por tratamiento, las muestras fueron ajustadas a un pH de 4.0, con HCl al 1M, para reducir la solubilidad de la caseína presente en las muestras. La solución se incubó a 45 °C durante 10 min. A continuación, las muestras se sometieron a un proceso de centrifugación de 1500 rpm a 4 °C durante 10 min con el fin de remover las proteínas precipitadas presentes en la muestra. Se recuperó el sobrenadante para ajustar el pH a 7.0 con NaOH al 0.5 M. Posteriormente, se prosiguió con la centrifugación en las mismas condiciones mencionadas anteriormente con el fin de precipitar las proteínas y sales. El último sobrenadante se utilizó en los análisis posteriores.

Descripción del método aplicado: Para evaluar la concentración de péptidos se utilizó el método colorimétrico cadmio-ninhidrina (Doi, Shibata y Matoba, 1981). Preparación del reactivo cadmio-ninhidrina: Se disolvió 0.8 g de ninhidrina en 80 mL de etanol absoluto; a esta solución se adicionó 10 mL de ácido acético glacial y 1.0 g de CdCl_2 diluido en 1 mL de agua destilada. La solución se mantuvo en agitación constante durante 30 min, posteriormente llevadas a baño maría y luego se procedió a filtrar.

Procedimiento Colorimétrico cadmio-ninhidrina: Se midió 50 μL de extracto acuoso del yogurt y leche, y 950 μL de agua destilada, fueron vertidos en un tubo de ensayo (con agitación previa del extracto en un vortex), y se procedió a agitar en un vortex durante 60 min; posteriormente se adicionó 2 mL de reactivo cadmio-ninhidrina (agitación constante). Por último la solución se calentó a 84°C durante 10 min; transcurrido el tiempo, se procedió a enfriar los tubos a temperatura ambiente (color rosa intenso) que indico el manifiesto de la reacción.

Las muestras fueron leídas a una absorbancia de 507 nm en un espectrofotómetro (Cary 60 Agilet, Australia). Los resultados obtenidos fueron calculados a partir de la curva patrón obtenida con concentraciones conocidas de leucina (100 y 1000 ppm), expresados en mg Leucina por cada g de proteína.

7.6 Evaluación sensorial del yogurt natural

La evaluación sensorial del yogurt se realizó con 70 consumidores (40 mujeres y 30 hombres de entre 20 y 50 años). Los consumidores fueron seleccionados según su disponibilidad para el estudio y su nivel de consumo de este tipo de producto (ISO 8586-1, 1993).

Posteriormente, cada consumidor recibió cuatro vasos con muestras (10 mL) de cada tipo de yogurt natural y una hoja de evaluación sensorial donde cada panelista evaluó la apreciación global de cada muestra utilizando la escala hedónica de 9 puntos (1 = me desagrada muchísimo y 9 = Me gusta muchísimo). Las muestras se codificaron aleatoriamente con tres dígitos y se sirvieron de manera secuencial monádica (MacFie *et al.*, 1989).

7.7 Diseño experimental y análisis de datos

Para el análisis *in vitro* del extracto de *M. oleifera*, composición fisicoquímica de la leche y análisis sensorial, se analizaron mediante el programa estadístico SAS, versión 9.4, 2002, con

un diseño completo al azar (DCA) con un ANOVA para probar la significancia de los tratamientos. Para el EM se consideró los disolventes usados para la extracción y para la leche y aceptación sensorial los niveles de MO: 0, 20, 40 y 60 mL.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde:

- Y_{ij} : Variable de respuesta (Análisis *in vitro* del EM, análisis fisicoquímico de la leche y evaluación sensorial del yogurt natural)
- μ : Media general del ensayo (Análisis *in vitro* del EM, análisis fisicoquímico de la leche y evaluación sensorial del yogurt natural)
- T_i : Efecto del extracto de moringa (Disolventes de extracción y niveles de EM; 0, 20, 40 y 60 mL de EM)
- ϵ_{ij} : Efecto aleatorio del error experimental (Análisis *in vitro* del EM, análisis fisicoquímico de la leche y evaluación sensorial del yogurt natural)
- i : Tratamientos (Disolventes de extracción y niveles de EM; 0, 20, 40 y 60 mL)

Los valores de la composición fisicoquímica del yogurt natural se analizó mediante el programa estadístico SAS, versión 9.4, 2002. Se utilizó un ANOVA para probar la significancia de los tratamientos con un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo bifactorial (nivel de EM y días de almacenamiento).

$$Y_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + a\beta_{ij} + e_{ijk}$$

Dónde:

- Y_{ijk} : Variable de respuesta (Análisis fisicoquímica del yogurt natural)
- μ : Media general del ensayo (Análisis fisicoquímica del yogurt natural)
- a_i : Efecto del extracto de moringa (Nivel de EM; 0, 20, 40 y 60 mL)
- β_j : Efecto de días de almacenamiento (1, 7 y 14 días de almacenamiento)

$a\beta_{ij}$ Efecto de la interacción del nivel de extracto de moringa y días de almacenamiento

ϵ_{ijk} : Efecto aleatorio del error experimental

Para todas las variables estudiadas se utilizó una prueba de Shapiro-Wilk para la normalidad de errores, prueba de Levene para homogeneidad de varianzas y para la comparación de medias se empleó la prueba de Tukey con una significancia del 5 %.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

8 RESULTADOS

8.1 Caracterización fitoquímica de los extractos de hojas de *M. oleifera* *in vitro*

8.1.1 Rendimiento, saponinas totales, taninos condensados, taninos hidrolizados y flavonoides totales

Como se aprecia en el Tabla 5, se obtuvo la presencia de diferentes compuestos fitoquímicos entre los diferentes disolventes utilizados en la preparación de los extractos de moringa, se encuentra una alta significancia ($P < 0.05$) para todas las variables estudiadas.

Tabla 5. Caracterización fitoquímica de extractos de hojas secas de *M. oleifera*

| Variables | Disolventes | | | Valor p |
|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------|
| | Etanol Media \pm DE ¹ | Agua Media \pm DE | Etanol/agua Media \pm DE | |
| Rendimiento (%) | 0.36 \pm 0.001 ^b | 1.34 \pm 0.03 ^a | 1.35 \pm 0.009 ^a | *** |
| ST (mg ED/100 mL) | 52.10 \pm 8.67 ^a | 39.25 \pm 6.36 ^b | 21.395 \pm 1.40 ^c | *** |
| TC (mg EC/100 mL) | 5.27 \pm 1.07 ^c | 10.83 \pm 0.46 ^a | 7.82 \pm 0.13 ^b | *** |
| TH (mg EAT/100 mL) | 121.4 \pm 3.18 ^b | 113.75 \pm 3.85 ^c | 182.55 \pm 11.03 ^a | *** |
| CFT (mg EAG/100 mL) | 55.14 \pm 0.65 ^c | 122.28 \pm 7.42 ^b | 140.41 \pm 3.40 ^a | *** |
| FT (mg EQ/100 mL) | 1.96 \pm 0.23 ^c | 2.60 \pm 0.38 ^b | 3.72 \pm 0.19 ^a | *** |

¹DE= Desviación estándar; abc: Letras distintas dentro de la misma fila indican diferencias significativas, Valor p: *** = $P < 0.001$; ST: Saponinas totales; TC: Taninos condensados; TH: Taninos hidrolizados; CFT: Compuestos fenólicos totales; FT: Flavonoides totales; ED: Equivalentes de diosgenina; EC: Equivalentes de catequina; EAT: Equivalentes de ácido tánico; EAG: Equivalentes de ácido gálico; EQ: Equivalente a quercetina.

Los resultados obtenidos en el presente estudio revelan el efecto de los diferentes solventes (agua, etanol-agua y etanol) usados para la extracción de compuestos fenólicos de la MO, revelando una alta concentración de compuestos bioactivos y antioxidantes (Tabla 5). Los solventes etanol-agua y agua, mostraron un alto rendimiento ($P < 0.05$) de materia seca (1.35% y 1.34%, respectivamente) respecto al etanol (0.36%) valores expresados respecto al volumen de extracto.

Los extractos con etanol-agua y agua, al igual que el rendimiento EM, presentaron el mayor contenido de fenoles totales (140.41 y 122.28 mg EAG/100 mL vs 55.14 mg EAG/100

mL) y flavonoides totales (3.72 y 2.60 mg EQ/100 mL vs 1.96 mg EQ/100 mL), respecto al solvente etanol. Mientras, los solventes etanol-agua y etanol mostraron efectos positivos en la concentración de taninos hidrolizados (182.55 y 121.4 mg EAT/100 mL, respectivamente) y los taninos condensados se encontraron en mayor concentración (10.83 mg EC/100 mL) con el solvente agua.

Por otro lado, los extractos con etanol registraron valores más altos de saponinas totales (52.10 mg ED/100 mL); seguido por los extractos con agua (39.25 mg ED/100 mL), mientras que los extractos etanol-agua registraron los valores más bajos (21.395 mg ED/100 mL). Los taninos condensados junto con la saponina muestran efectos benéficos como supresores sobre el crecimiento y la actividad de las bacterias productoras de metano y esto podría ahorrar energía e incrementar la producción animal (Azzaz *et al.*, 2016).

8.1.2 Actividad antioxidante del extracto de *M. oleifera*

Entre los métodos espectrofotométricos químicos más utilizados para determinar la actividad antioxidante son el DPPH y ABTS, este último método es uno de los más aplicados al considerarse un método de elevada sensibilidad, práctico, rápido y muy estable. A pesar que exista diferencias entre los métodos, los resultados obtenidos con los dos métodos permiten alcanzar conclusiones similares (Kuskoski *et al.*, 2005)

8.1.2.1 Actividad antioxidante *in vitro* por DPPH y ABTS

Los resultados obtenidos de la actividad antioxidante de los extractos por los dos métodos se han expresado en equivalentes trolox. Se observa una variación ($P < 0.05$) entre los solventes usados, mostrando una alta actividad con agua y etanol-agua (31.41 y 32.64 mM trolox/100 mL, respectivamente) respecto al etanol (20.80 mM trolox/100 mL) en ensayos de DPPH (Tabla 6). Por otra parte con la metodología ABTS se registró una alta actividad con el etanol-agua,

siguiendo el etanol y con una baja actividad el agua (200.13, 251.24 y 271.50 mM trolox/100 mL, respectivamente).

Tabla 6. Actividad antioxidante de los extractos de *M. oleifera*

| Variables | Disolventes | | | Valor p |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------|
| | Etanol Media \pm DE ¹ | Agua Media \pm DE | Etanol/agua Media \pm DE | |
| DPPH (mM trolox/100 mL) | 20.80 \pm 0.62 ^b | 31.41 \pm 3.05 ^a | 32.64 \pm 3.74 ^a | *** |
| ABTS (mM trolox/100 mL) | 251.24 \pm 24.95 ^b | 271.50 \pm 22.41 ^a | 200.13 \pm 8.84 ^c | *** |

¹DE= Desviación estándar; abc: Letras distintas dentro de la misma fila indican diferencias significativas; P valor: *** = P < 0.001.

La ventaja del método ABTS es la buena solubilidad que presenta, permitiendo el ensayo de compuestos tanto de naturaleza lipofílica como hidrofílica mientras que el DPPH solo puede disolverse en medio orgánico, y presenta un pico de absorbancia a 515 nm (Kuskoski *et al.*, 2005).

8.2 Análisis fisicoquímica de la leche y del yogurt natural

La suplementación del EM sobre los análisis fisicoquímico de la leche muestran las diferencias significativas (P<0.05) en todas las variables estudiadas, excepto el contenido de sólidos no grasos en la leche (Tabla 7). Los sólidos no grasos y la densidad de la leche fueron relativamente similares entre tratamientos con una ligera disminución en las ovejas suplementadas con extractos de moringa. Sin embargo, se observa que el contenido de proteína y cenizas, de la leche incrementaron (P<0.05) a mayores niveles de extractos en la dieta respecto al control.

Tabla 7. Propiedades fisicoquímicas de la leche

| Variables | Inclusión de extracto de <i>M. oleifera</i> (mL) | | | | Valor p |
|----------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|
| | T ₁ : EM-0 Media ± DE ¹ | T ₂ : EM-20 Media ± DE | T ₃ : EM-40 Media ± DE | T ₄ : EM-60 Media ± DE | N |
| pH | 6.64±0.04 ^{ab} | 6.62±0.02 ^b | 6.58±0.06 ^b | 6.71±0.01 ^a | *** |
| Acidez (%) | 0.37±0.01 ^a | 0.34±0.01 ^b | 0.26±0.01 ^c | 0.35±0.01 ^b | *** |
| Densidad (g/mL) | 1.042±0.00 ^a | 1.039±0.00 ^c | 1.040±0.00 ^b | 1.039±0.00 ^c | *** |
| Sólidos no grasos (%) | 13.17±0.20 | 13.08±0.06 | 13.03±0.07 | 13.04±0.18 | NS |
| Leucina (mg/100g proteína) | 2.72±0.16 ^b | 3.43±0.15 ^a | 2.63±0.07 ^b | 1.73±0.13 ^c | *** |
| Proteína (%) | 4.26±0.10 ^{ab} | 4.34±0.12 ^{ab} | 4.22±0.16 ^b | 4.52±0.27 ^a | * |
| Ceniza (%) | 0.84±0.04 ^b | 0.96±0.01 ^a | 0.94±0.01 ^a | 0.96±0.04 ^a | *** |

¹DE= Desviación estándar; ^{abc} Medias en la misma fila con diferentes superíndices son significativamente diferentes entre tratamientos; Valor p: *** = P < 0.001; ** = P < 0.01; * = P < 0.05; NS = P > 0.05; N= Nivel de extracto de *Moringa oleifera*.

Por otro lado, el efecto del nivel de EM, tiempo de almacenamiento e interacción muestran un efecto significativo (P<0.05) en el comportamiento de los nutrientes del yogurt durante el almacenamiento a 6±2°C por 14 días en todas las variables, excepto, el efecto del tiempo e interacción en los valores de proteína (Tabla 8).

Tabla 8. Propiedades fisicoquímicas del yogurt natural durante el almacenamiento

| Variables | Inclusión de extracto de <i>M. oleifera</i> (mL) | | | | Valor p | | |
|----------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|-----|-----|
| | T ₁ : EM-0 Media ± DE ¹ | T ₂ : EM-20 Media ± DE | T ₃ : EM-40 Media ± DE | T ₄ : EM-60 Media ± DE | N | T | N*T |
| pH | 4.72±0.08 ^a | 4.38±0.16 ^c | 4.48±0.30 ^b | 4.66±0.08 ^a | *** | *** | ** |
| Ceniza (%) | 0.93±0.08 ^a | 0.88±0.09 ^{ab} | 0.87±0.08 ^b | 0.90±0.06 ^{ab} | * | *** | *** |
| Acidez (%) | 1.16±0.07 ^c | 1.38±0.14 ^a | 1.33±0.09 ^b | 1.33±0.05 ^b | *** | *** | *** |
| Sólidos no grasos (%) | 8.43±0.15 ^b | 8.23±0.19 ^c | 8.55±0.12 ^b | 9.19±0.73 ^a | *** | *** | *** |
| Leucina (mg/100g proteína) | 3.23±0.62 ^c | 6.90±2.13 ^a | 5.53±0.60 ^b | 3.02±0.77 ^c | *** | *** | *** |
| Proteína (%) | 4.48±0.26 ^a | 4.72±0.29 ^a | 4.13±0.28 ^b | 4.08±0.33 ^b | *** | NS | NS |
| Humedad (%) | 85.97±0.50 ^a | 84.81±0.71 ^b | 85.99±0.66 ^a | 83.95±3.40 ^b | *** | *** | *** |

¹DE= Desviación estándar; ^{abc} Medias en la misma fila con diferentes superíndices son significativamente diferentes entre tratamientos; Valor p: *** = P < 0.001; ** = P < 0.01; * = P < 0.05; NS = P > 0.05; N= Nivel de extracto de *Moringa oleifera*; T: Tiempo de almacenamiento; N*T: Interacción del nivel de extracto por tiempo de almacenamiento.

En la Tabla 8, se observa el efecto significativo ($P < 0.05$) del EM en el comportamiento del pH y ácido láctico del yogurt. El pH del yogurt proveniente de la leche de ovejas que se alimentaron con 40 mL de EM tendió a disminuir de manera paulatina y constante a partir del día uno al día 14 (4.68 a 4.26), similar comportamiento ocurrió con el yogurt provenientes de ovejas alimentadas con 20 mL de EM (4.59 a 4.24).

Sin embargo, al incrementar la cantidad de EM a 60 mL de EM (4.77 a 4.57) esta no tendió a disminuir de manera drástica durante los 14 días de almacenamiento al igual que el tratamiento testigo EM-0 mL (4.76 a 4.69). Por otro lado, el comportamiento del ácido láctico del yogurt aumentó durante los 14 días de almacenamiento a $6 \pm 2^\circ\text{C}$ en los tratamientos EM-40 (1.22 a 1.41%) y EM-20 (1.27 a 1.42%) respecto a los tratamientos EM-60 y EM-0

En cuanto al contenido de proteína del yogurt natural se observa el efecto significativo ($P < 0.05$) de los EM en los tratamientos EM-0 y EM-20 respecto al EM-40 y EM-60. El comportamiento de la proteína mostró un ligero incremento durante el tiempo de almacenamiento en los tratamientos EM-0 y EM-20 (4.36 a 4.61% y 4.62 a 4.80% respectivamente), y existe un ligero descenso en los tratamientos EM-40 y EM-60 mL a partir del día siete (3.87 a 4.20% y 4.04 a 3.88 % respectivamente).

Estos valores están dentro del valor mínimo de 2.7 % en la norma mexicana NOM-181-SCFI-2010 para yogurt de leche de vaca. Por otro lado, los niveles de leucina incrementaron durante el almacenamiento en los tratamientos EM-20 y EM-40 hasta el día siete, posteriormente esta tiende a disminuir hasta el día 14 al igual que el EM-0. Cabe mencionar que el yogurt proveniente de leche de ovejas alimentadas con 60 mL de EM mostró un decreciente nivel de leucina al igual que el porcentaje de proteína en el yogurt.

Para el contenido de ceniza el EM-40 y EM-60, muestran un incremento significativo ($P < 0.05$) durante el almacenamiento (0.79 a 0.96% y 0.85 a 0.96%, respectivamente) al igual que las interacciones entre ambos factores (nivel y tiempo de almacenamiento). Por otro lado, los tratamientos EM-0 y EM-20, muestran diferencias no significativas ($P > 0.05$).

El valor de los sólidos no grasos (SNG) del yogurt de leche proveniente de animales alimentados con EM-60 mL mostró un incremento del 19% en 14 días a $6 \pm 2^\circ\text{C}$ no obstante los SNG de los tratamientos EM-0 y EM-40 (8.60 a 8.29 y 8.45 a 8.64%) tendieron a disminuir un 3.7 a 4.18%, respectivamente. Por otro lado, se observa la influencia significativa de los EM en el comportamiento de la humedad del yogurt durante el periodo de almacenamiento (14 días). El EM-60 muestra un incremento abismal durante el almacenamiento, respecto a los tratamientos EM-0, EM-20 y EM-40 mL.

8.3 Efecto del extracto de moringa en la aceptación general del yogurt natural

Tabla 9. Evaluación del análisis sensorial del yogurt natural

| Variable | Inclusión de extracto de <i>M. oleifera</i> (mL) | | | | Valor p |
|--------------------|--|------------------------|------------------------|------------------------|---------|
| | T ₁ : EM-0 | T ₂ : EM-20 | T ₃ : EM-40 | T ₄ : EM-60 | |
| | Media \pm DE ¹ | Media \pm DE | Media \pm DE | Media \pm DE | N |
| Aceptación general | 2.99 \pm 2.35 | 2.95 \pm 2.13 | 3.94 \pm 2.48 | 3.88 \pm 2.41 | NS |

¹DE= Desviación estándar; Valor p: NS = $P > 0.05$; N= Nivel de extracto de *Moringa oleifera*.

Los resultados del análisis sensorial revelan que la adición del EM en la dieta de ovejas lactantes no presentan efecto significativo ($P > 0.05$) en la aceptación general del yogurt. Se aprecia que la aceptación del yogurt se encuentran en la región de la escala hedónica “me disgusta moderadamente a me disgusta ligeramente” (Tabla 9). Los EM-40 y EM-60 obtuvieron puntuaciones superiores con 3.94 y 3.88, respectivamente, respecto al EM-0 con 2.99.

9 DISCUSIÓN

9.1 Evaluación fitoquímica de los extractos crudos de hojas de *M. oleifera*

9.1.1 Rendimiento del extracto crudo

Los solventes etanol-agua y agua, mostraron un alto rendimiento de MS respecto al etanol, estos resultados son consistentes con los reportados por Adeoye *et al.* (2014) y Rivero *et al.* (2018) quienes encontraron valores similares con solventes agua y etanol (1.13 y 1.2%, respectivamente). Por otro lado Engsuwana *et al.* (2017) encontraron rendimientos altos con solventes agua, etanol al 50% y etanol al 95% (7.54, 7.20 y 11.71%, respectivamente), en extractos foliares de MO, valores expresados en relación a la cantidad de moringa usada en la extracción.

Estas diferencias podrían ser atribuidas a la polaridad y tipo de solvente usado en el extracto, que tienen una gran influencia en el rendimiento y composición química de los extractos de MO y por las diversas interacciones con los compuestos bioactivos (Adeoye *et al.*, 2014).

El mayor rendimiento del extracto con el solvente etanol-agua probablemente se explica a la solubilidad de los compuestos orgánicos presentes en la moringa. Para garantizar la calidad y poder estandarizar los extractos de moringa Engsuwana *et al.* (2017) considera que los isotiocinatos y astragalina, compuestos bioactivos con acción antiinflamatoria y antioxidante, pueden usarse como parámetros de calidad de los extractos, lo cual nos indicaría el potencial activo en productos cosméticos y de salud.

9.1.2 Compuesto fenólicos totales

Las concentraciones de CFT obtenidas en este estudio son superiores con los encontrados por El-Gammal *et al.* (2017). Estos resultados muestran que el mejor sistema de extracción probado es con el disolvente agua-etanol (1:1 v v⁻¹), contrario a lo reportado por Zullaikah *et al.*

(2019) quienes obtuvieron una mayor concentración de CFT con el disolvente etanol al 96%. Por tanto, un alto contenido fenólico total en los extractos de moringa (etanol-agua) podrían mejorar la producción, el estado de salud de los animales al eliminar los radicales libres, así como prevenir la oxidación de la grasa de la leche y aumentar la vida útil de los productos derivados de la leche (Al-Juhaimi *et al.*, 2020).

9.1.3 Saponinas totales

La moringa presenta un importante efecto antiparasitario debido a su fuente importante de taninos condensados (Puerto *et al.*, 2014), es probable que los efectos antiparasitarios no solo sean por algún metabolito secundario en particular, sino por la presencia combinada de ellos, encontrando mayores valores de este compuesto con el solvente etanol y etanol-agua. Por otro lado, los solventes etanol-agua y etanol muestran efecto positivos en la concentración de taninos hidrolizados y flavonoides (Tabla 5)

9.1.4 Actividad antioxidante DPPH y ABTS

En cuanto a la actividad antioxidante de los extractos, se observa una variación entre los solventes usados, mostrando una alta actividad de eliminación de radicales de DPPH con agua y etanol-agua respecto al etanol. Por otra parte con la metodología ABTS los resultados mostraron una mayor eliminación de radicales con los extractos de etanol-agua y etanol, respecto al solvente agua con baja actividad. Los altos niveles de flavonoides, vitamina E, A y selenio, presentes en la moringa (Kekana *et al.*, 2019), probablemente fueron responsables de la mayor actividad antioxidante. A la vez los compuestos fenólicos, muestran una gran capacidad para captar radicales libres y la ventaja del método ABTS muestra una buena solubilidad, permitiendo el ensayo de compuestos tanto de naturaleza lipofílica como hidrofílica (Kuskoski *et al.*, 2005) mientras que el DPPH solo puede disolverse en medio orgánico, y presenta un pico de

absorbancia a 515 nm (Kuskoski *et al.*, 2005). Su alta actividad antioxidante atribuida a compuestos polifenólicos sugiere que podría utilizarse como complemento para prevenir enfermedades de estrés oxidativo en animales.

9.2 Análisis fisicoquímica de la leche y del yogurt natural

9.2.1 Proteína y ceniza de la leche

El incremento del contenido de proteína y cenizas de la leche a mayor nivel de EM, podría explicarse a una mayor fermentación ruminal y a una alta digestibilidad de la proteína y MS del alimento (Azzaz *et al.*, 2016), y debido a los compuestos fitobioticos (compuestos bioactivos) presentes en EM que lograron estimular la secreción de fluidos digestivos, lo que provocó un cambio en la fermentación ruminal (Kumar *et al.*, 2018), resultados similares fueron encontrados por Al-Juhaimi *et al.* (2020); Kekana *et al.* (2019) quienes hallaron ligeros incrementos de proteína en la leche de cabras y vacas alimentadas con moringa. Kholif *et al.* (2018) reportaron que las inclusiones del 10, 20 y 40 ml de extracto *M. oleifera* en cabras Nubias, incrementan los porcentajes de proteínas y cenizas en la leche a mayor concentración de extracto, debido al resultado de una mejor digestión de los nutrientes y a la tasa de absorción ruminal (Tabla 7). Por otro lado Babiker *et al.* (2016) reportó que el contenido de proteína de la leche no se vio afectado por las dietas de Moringa, debido a los niveles adecuados de fibra y proteína en la dieta de los animales. Los resultados de este estudio muestran el efecto positivo de suplementar extractos de Moringa en la dieta de ovejas lactantes sin alterar de forma negativa la composición de la leche.

9.2.2 Péptidos de la leche

La suplementación con 20 mL de EM afectó significativamente el contenido de leucina en la leche. Zulueta *et al.* (2009) especifica que el principal contribuyente de la capacidad

antioxidante total (hidrofílica y lipofílica) de la leche entera es la fracción de caseína, junto con la vitamina C y el ácido úrico (hidrofílico). Lo cual nos conllevaría a obtener en estudios posteriores mayor capacidad antioxidante en la leche de animales suplementados con extractos debido al incremento de los niveles de proteína registrados en esta investigación (Tabla 7).

9.2.3 Sólidos no grasos de la leche

El contenido de sólidos no grasos de la leche fue similar entre los tratamientos de estudio. Estos resultados concuerdan con los reportes de Sánchez *et al.* (2006) quienes informaron que la dieta con moringa en vacas y ovejas, respectivamente, puede provocar variaciones en la grasa de la leche y proteína, pero los sólidos totales permanecen constantes con las dietas de moringa. Por otro lado, los valores de SNG encontrados en este estudio son mayores (13.08%) a los encontrados por Babiker *et al.* (2016) en ovejas alimentadas con MO (12.83%).

9.3 Análisis fisicoquímica del yogurt natural

9.3.1 Comportamiento del pH y acidez durante el almacenamiento

Se observa un efecto significativo del EM en las dietas de las ovejas y durante los 14 días de almacenamiento a 6 ± 2 °C, sobre el pH del yogurt. El pH del yogurt provenientes de la leche de ovejas que se alimentaron con 40 mL de EM disminuyó de manera paulatina y constante a partir del día uno al día 14, similar comportamiento ocurrió con el yogurt de leche de ovejas que se alimentaron con 20 mL de EM.

Sin embargo, al incrementar la cantidad de EM a 60 mL en la dieta esta no propicia cambios de pH en el yogurt, lo que generó menor cantidad de ácido láctico al final del almacenamiento (Tabla 8). Similares valores fueron reportados por El-Gammal *et al.* (2017) y Cardines *et al.* (2018) en yogures suplementados con extractos de hojas y semillas de MO, donde

los resultados variaron de 0.80 a 1.11 g de ácido láctico 100 g⁻¹ de yogurt durante el tiempo de almacenamiento.

Esta tendencia a disminuir el pH y aumentar la acidez del yogurt durante el almacenamiento en el presente estudio (Tabla 8) fue consistente con los reportes de Güler y Gürsoy (2011), quienes atribuyen los valores altos de acidez a la degradación de la lactosa a ácido láctico por las bacterias ácido lácticas, al mayor contenido de acetaldehído producido por la escisión de la treonina, tipo de cultivo usado en la fermentación sin importar el tipo de leche y al bajo contenido de diacetilo, presentes en el yogurt en condiciones de refrigeración. Pasephol *et al.* (2008) y Balthazar *et al.* (2016) atribuyen al metabolismo continuo y actividad enzimática de los cultivos durante el almacenamiento. Respecto a los yogures con baja acidez, estas fueron influidas por los niveles altos de sólidos totales presentes en la leche (Güler y Gürsoy 2011).

Sin embargo, los cambios de pH en los yogures también se le atribuyen al tipo de aditivo que se utiliza durante el proceso, independiente del tipo de alimentación que reciben las ovejas, como afirma Huertas (2013) donde señala que al adicionar 1% (p v⁻¹) del té verde al yogurt, estimula el crecimiento de las bacterias ácido lácticas, propiciando valores del pH de 4.5 a 4.39 durante el almacenamiento (20 días) en condiciones de refrigeración (4°C).

En otro estudio realizado por Vazquez *et al.* (2015) reportan de igual manera una disminución del pH de yogures con frutas de mango y plátano, durante el almacenamiento (4.35 a 4.10 y 4.36 a 4.18, respectivamente), y un incremento del 1.1 y 0.93% de ácido láctico. Balthazar *et al.* (2016) reporta un incremento del 1 al 1.35% de ácido láctico durante los 28 días de almacenamiento en yogures que contienen inulina (2, 4 y 6%), explica este comportamiento a la actividad metabólica y enzimática persistente de las bacterias ácido lácticas durante el

almacenamiento a baja temperatura. Lo cual nos indica que los valores de pH y acidez en este estudio se encuentran dentro de los rangos establecidos por la norma mexicana NOM-181-SCFI-2010 y por la Comisión del Codex Alimentario (2010), donde señala una acidez del 0.5-1.5% con leche de vaca como mínimo.

9.3.2 Comportamiento de proteína y péptidos del yogurt natural durante el almacenamiento

Los valores de proteína en este estudio fueron ligeramente inferiores a los reportados por Güler y Gürsoy (2011) en yogures de leche de oveja ($5.5 \pm 0.65\%$) y superior a los valores reportados por Cardines *et al.* (2018) donde encuentra valores desde 3.12 a 3.20 g 100 g⁻¹ en yogures con inclusión de extractos de semillas de moringa (0.5 y 1.5%) respecto al testigo 2.73 g 100 g⁻¹ (Cardines *et al.*, 2018). El uso de 20 mL de extracto en la dieta de las ovejas mejora de manera significativa los niveles de proteína respecto al 40 y 60 mL de extracto. Por otro lado los niveles de los extractos no condujeron las modificaciones de la proteína durante el almacenamiento. Pero probablemente los compuestos presentes en el EM ayuden a mejorar la cohesión estructural de los compuestos, debido a la mayor capacidad de unión del agua con los sitios activos de la proteína añadida al yogurt (Cardines *et al.*, 2018).

Las micelas de caseínas (proteína de la leche con más del 80%) contenidas en los productos lácteos (yogures probióticos) presentan propiedades importantes; como el transporte de polifenoles (Khan *et al.*, 2019) y su efecto potencial antioxidante de los péptidos (liberación por la acción proteolítica de las bacterias *Lactobacillus casei / acidophilus*), que participan en la disminución del estrés oxidativo (Fardet y Rock, 2018) causante de la mayoría de las enfermedades crónicas.

Razón por la que es importante ampliar alternativas de sistemas de gestión en la alimentación que ayuden a mejorar los compuestos bioactivos de la leche; proteínas (inmunoglobulinas, lactoferrina y péptidos), grasas, minerales, oligosacáridos y melatonina que son capaces de proporcionar protección contra las infecciones, activación inmune, reducción de inflamación, efecto antitumoral y antimicrobiano (Khan *et al.*, 2019).

Los resultados obtenidos en cuanto al contenido de proteína en el presente estudio son consistentes con los reportados por Al-Juhaimi *et al.* (2020) y Kholif *et al.* (2018) quienes hallaron ligeros incrementos de proteína y ceniza en la leche de cabras suplementadas con 25% de hojas y 20 mL de extracto de MO, respectivamente. El efecto positivo del incremento de la proteína en la leche podría deberse al resultado de una mayor fermentación ruminal y a una alta digestibilidad de la proteína y MS (Azzaz *et al.*, 2016; Kholif *et al.*, 2018). Kumar *et al.* (2018) atribuye el incremento a los compuestos fitobióticos (compuestos bioactivos) que lograron estimular la secreción de los fluidos digestivos, lo que provocaría un cambio en la fermentación ruminal positivo.

Por otro lado, Babiker *et al.* (2016) y Kekana *et al.* (2019) reportaron que el contenido de proteína de la leche no se vio afectado por las dietas con Moringa, debido a los niveles adecuados de fibra y proteína en la dieta de los animales. Por lo que posiblemente los EM aportaron proteínas y compuestos bioactivos a la dieta, debido a la correlación proteína láctea y proteína del alimento (Sánchez *et al.*, 2006). Además estudios (Zulueta *et al.*, 2009) han demostrado que el principal contribuyente de la capacidad antioxidante total (hidrofílica y lipofílica) de la leche entera es la fracción de caseína, junto con la vitamina C y el ácido úrico (hidrofílico).

9.3.3 Comportamiento de las cenizas y sólidos no grasos del yogurt natural durante el almacenamiento

Los valores de SNG de yogures fueron significativamente ($P < 0.05$) superiores en animales suplementados con 60 mL de extracto de *M. oleifera* y durante el periodo (14 días) de almacenamiento. Similares resultados (10.7%) fueron reportados por Güler y Gürsoy (2011) donde emplearon diferentes cultivos en la fermentación del yogurt. Por otro lado Jung *et al.* (2016) reportaron valores superiores (12.40%) en yogures suplementados con extractos de ginseng rojo (0.5, 1, 1.5 y 2%). Esta variación podría ser explicado a la procedencia de la leche (raza, edad, especie y alimentación animal) empleado en la fermentación del yogurt.

9.4 Evaluación del análisis sensorial del yogurt natural

Los resultados del análisis sensorial revelan que la adición del EM en la dieta de ovejas lactantes no presenta efecto significativo en la aceptación general del yogurt. Se aprecia que la aceptación del yogurt natural se encuentra en la región de la escala hedónica “me disgusta moderadamente a me disgusta ligeramente” (Tabla 9). Esto puede deberse a que los productos evaluadas no contenían azúcares. Autores como Ramírez *et al.* (2016) mencionan que la adición de azúcares y edulcorantes pueden influir de manera positiva en la preferencia de los consumidores. Sin embargo, se resalta el efecto del EM sobre la puntuación a mayor nivel de extracto en la aceptación del yogurt natural.

10 CONCLUSIONES

La inclusión de extracto etanólico de *M. oleifera* en la dieta a ovejas lactantes mostró un efecto favorable en los contenidos de proteína, cenizas, acidez y leucina en la leche. Sin embargo, el efecto de 20 y 40 mL del extracto de *M. oleifera* sobre el yogurt se manifestó con un aumento de sólidos no grasos, cenizas y leucina durante el almacenamiento a los 14 días a $6\pm 2^{\circ}\text{C}$. En general, la alimentación de ovejas con 20 mL de *M. oleifera* tuvo el resultado más favorable para la composición fisicoquímica de la leche y del yogurt natural. Además, el extracto etanólico de *M. oleifera* no influyó en la aceptación general del yogurt natural, lo que hace que los extractos pueden ser usados como alternativa en la producción animal para mejorar la calidad de la leche y por ende los productos lácteos como el yogurt natural.

11 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el estudio sobre el efecto del extracto de moringa en la dieta de las ovejas como antihelmíntico y su efecto en mayor nivel en la producción para evaluar el comportamiento físicoquímico, perfil de ácidos grasos de la leche, yogurt y como otros productos lácteos.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

12 LITERATURA CITADA

- Adeoye, M. D., Lawal, A. T., Azeez, L. A., & Olayiwola, O. A. (2014). Effect of solvent type on the yields and mineral compositions of the leaf extracts of *Moringa oleifera* L. *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, 8(9), 134-146.
- AFRC (1993). Technical Committee on responses to nutrients. Energy and protein requirements of ruminants. CAB International, Wallingford, UK.
- Agudelo, D. A. & Bedoya M. O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de investigación*, 2(1).
- Al-Juhaimi, F. Y., Alsawmahi, O. N., Abdoun, K. A., Ghafoor, K., & Babiker, E. E. (2020). Antioxidant potential of Moringa leaves for improvement of milk and serum quality of Aardi goats. *South African Journal of Botany*, 129, 134-137.
- AOAC International, 2000. Métodos oficiales de análisis, 17^a ed. Gaithersburg, USA.
- Avendaño, M. (2017). Evaluación de la raza y tipo de parto sobre la producción y composición de la leche en ovejas Pelibuey y Katadhin mantenidas en el trópico húmedo. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Azzaz, H. H., Farahat, E. S., Morsy, T. A., Aziz, H. A., Hadhoud, F. I., & Abd-Alla, M. S. (2016). Moringa oleifera and Echinacea purpurea as supplements for Rhamani lactating ewe's diets and their effect on rumen characteristics, nutrients digestibility, blood parameters, milk production, composition and its fatty acid profile. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(1), 684-692.
- Babiker, E. E., Juhaimi, F. A., Ghafoor, K. & Abdoun, K. A. (2017). Comparative study on feeding value of Moringa leaves as a partial replacement for alfalfa hay in ewes and goats. *Livestock Science*, 195, 21-26.
- Babiker, E. E., Juhaimi, F. A., Ghafoor, K., Mohamed, H. E. & Abdoun, K. A. (2016). Effect of partial replacement of alfalfa hay with Moringa species leaves on milk yield and composition of Najdi ewes. *Tropical animal health and production*, 48(7), 1427-1433.
- Balcones, E., Olano, A. & Calvo, M. M. (1996). Factors affecting the rennet clotting properties of ewe's milk. *Journal of agricultural and food chemistry*, 44(8), 1993-1996.
- Balthazar, C. F., Júnior, C. C., Moraes, J., Costa, M. P., Raices, R. S. L., Franco, R. M., ... & Silva, A. C. O. (2016). Physicochemical evaluation of sheep milk yogurts containing different levels of inulin. *Journal of Dairy Science*, 99(6), 4160-4168.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Buccioni, A., Pauselli, M., Viti, C., Minieri, S., Pallara, G., Roscini, V. & Mele, M. (2015). Milk fatty acid composition, rumen microbial population, and animal performances in response to diets rich in linoleic acid supplemented with chestnut or quebracho tannins in dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 98(2), 1145-1156
- Çam, M., & Hişıl, Y. (2010). Pressurised water extraction of polyphenols from pomegranate peels. *Food chemistry*, 123(3), 878-885.

- CANILEC (Cámara Nacional de Industriales de la Leche) (2018). Estadísticas del Sector Lácteo 2010-2017. Recuperado de www.canilec.org.mx/estadisticas-lacteos-2010-2017.pdf. 25 de abril del 2019.
- Cárdenas, N. V., Cevallos, C. E., Salazar, J. C., Romero, E. R., Gallegos, P. L. & Cáceres, M. E. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 253-263.
- Cardines, P. H., Baptista, A. T., Gomes, R. G., Bergamasco, R., & Vieira, A. M. (2018). Moringa oleifera seed extracts as promising natural thickening agents for food industry: Study of the thickening action in yogurt production. *Lwt*, 97, 39-44.
- Caroprese, M., Ciliberti, M. G., Albenzio, M., Marino, R., Santillo, A., & Sevi, A. (2019). Role of antioxidant molecules in milk of sheep. *Small Ruminant Research*, 180, 79-85.
- Casanova, F., Cetzal, W., Díaz, V. F., Chay, A. J., Oros, O. I., Piñeiro, A. T. & González, N. A. (2018). *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae): Árbol exótico con gran potencial para la ganadería ecológica en el trópico. *Agroproductividad*, 11(2).
- Chay, A. J., García, R., Magaña, J. G., Macias, U., & Luna, L. (2019). Productividad de ovejas Pelibuey y Katahdin en el trópico húmedo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 159-165.
- Chay, A. J., Magaña, J. G., Chizotti, L. M., Piñeiro, A. T., Canul, J. R., Ayala, A. J., & Tedeschi, O. (2016) Energy requirements of hair sheep in the tropical regions of Latin America. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(1), 105-125.
- Chilliard, Y., & Ferlay, A. (2004). Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development*, 44(5), 467-492.
- Codex Alimentario (2010). Leche y Productos Lácteos Segunda edición. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i2085s/i2085s.pdf>. 20 de mayo del 2020.
- Cohen, Z., M., Leibovich, H., Vaknin, Y., Sagi, G., Shabtay, A., Ben, M., Y. y Miron, J. (2015). Effect of feeding lactating cows with ensiled mixture of Moringa oleifera, wheat hay and molasses, on digestibility and efficiency of milk production. *Animal Feed Science and Technology*, 211, 75-83
- Dey, A., Paul, S. S., Pandey, P. & Rathore, R. (2014). Potential of Moringa oleifera leaves in modulating *in vitro* methanogenesis and fermentation of wheat straw in buffalo. *Indian J. Anim. Sci*, 84(5).
- Dhakad, A. K., Ikram, M., Sharma, S., Khan, S., Pandey, V. V., & Singh, A. (2019). Biological, nutritional, and therapeutic significance of Moringa oleifera Lam. *Phytotherapy Research*, 33(11), 2870-2903.
- Doi, E., Shibata, D., & Matoba, T. (1981). Modified colorimetric ninhydrin methods for peptidase assay. *Analytical biochemistry*, 118(1), 173-184.
- Dong, L., Zhang, T., y Diao, Q. (2019). Effect of Dietary Supplementation of Moringa Oleifera on the Production Performance and Fecal Methanogenic Community of Lactating Dairy Cows. *Animals*, 9(5), 262

- El-Gammal, R. E., Abdel-Aziz, M. E. & Darwish, M. S. (2017). Utilization of Aqueous Extract of *Moringa oleifera* for Production of Functional Yogurt. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8 (1), 45- 53
- Engsuwana, J., Waranuchb, N., Limpeanchobc, N., & Ingkaninana, K. (2017). HPLC methods for quality control of *Moringa oleifera* extract using isothiocyanates and astragalins as bioactive markers. *Science Asia*, 43(3), 169-174.
- Falowo, A. B., Mukumbo, F. E., Idamokoro, E. M., Lorenzo, J. M., Afolayan, A. J., & Muchenje, V. (2018). Multi-functional application of *Moringa oleifera* Lam. in nutrition and animal food products; a review. *Food research international*, 106, 317-334.
- Fardet, A., & Rock, E. (2018). *In vitro* and in vivo antioxidant potential of milks, yoghurts, fermented milks and cheeses: a narrative review of evidence. *Nutrition Research Reviews*, 31(1), 52-70.
- García, I. I., Mora, J., Estrada, J. & Piñeros, R. (2017). ¿Cuál es el efecto de la *Moringa oleifera* sobre la dinámica ruminal? Revisión sistemática. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(1), 43-55.
- González, B. P., Hernandez, A.P. & Hernández, F.M. (2017). Efecto de la alimentación con *Moringa oleifera* en la dieta de vacas lecheras. *Revista Ingeniería Agrícola*, 5(4), 40-45.
- González-Aguilar, G. A., Villegas-Ochoa, M. A., Martínez-Téllez, M. A., Gardea, A. A., & Ayala-Zavala, J. F. (2007). Improving antioxidant capacity of fresh-cut mangoes treated with UV-C. *Journal of Food Science*, 72(3), S197-S202.
- Granato, D., Nunes, D. S. & Barba, F. J. (2017). An integrated strategy between food chemistry, biology, nutrition, pharmacology, and statistics in the development of functional foods: A proposal. *Trends in Food Science y Technology*, 62, 13-22.
- Güler, Z., & Gürsoy-Balcı, A. C. (2011). Evaluation of volatile compounds and free fatty acids in set types yogurts made of ewes', goats' milk and their mixture using two different commercial starter cultures during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 127(3), 1065-1071.
- Hekmat, S., Morgan, K., Soltani, M. & Gough, R. (2015). Sensory evaluation of locally-grown fruit purees and inulin fibre on probiotic yogurt in mwanza, Tanzania and the microbial analysis of probiotic yogurt fortified with *Moringa oleifera*. *Journal of health, population, and nutrition*, 33(1), 60.
- Hu, F. B., Stampfer, M. J., Manson, J. E., Rimm, E., Colditz, G. A., Rosner, B. A. & Willett, W. C. (1997). La ingesta de grasas en la dieta y el riesgo de enfermedad coronaria en las mujeres. *New England Journal of Medicine*, 337 (21), 1491-1499.
- Huertas, R. A. P. (2013). Efecto del té verde (*Camellia sinensis* L.) en las características fisicoquímicas, microbiológicas, proximales y sensoriales de yogurt durante el almacenamiento bajo refrigeración. @ limentech. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 11(1).
- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal). Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de Yucatán.

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM31yucatan/municipios/31027a.html>.
(3 de enero de 2020).

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). Anuario geográfico. https://www.inegi.org.mx/app/cuadroentidad/AnuarioGeografico/Yuc/2018#mapa_m_climas. (3 de enero de 2020).
- Isitua, C. C., Lozano, M., J., S., Jaramillo, C. J. & Dutan, F. (2015). Phytochemical and nutritional properties of dried leaf powder of *Moringa oleifera* Lam. from machala el oro province of Ecuador. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 5(2), 8-16.
- ISO. 1993. ISO-856-1: Sensory analysis-General guidance for the selection, training and monitoring of assessors-Part 1: Selected assessors. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- Jung, J., Paik, H. D., Yoon, H. J., Jang, H. J., Jeewanthi, R. K. C., Jee, H. S., ... & Lee, S. K. (2016). Physicochemical characteristics and antioxidant capacity in yogurt fortified with red ginseng extract. *Korean journal for food science of animal resources*, 36(3), 412.
- Kekana, T. W., Marume, U., Muya, C. M., & Nherera-Chokuda, F. V. (2019). Lactation performance and blood metabolites in lactating dairy cows micro-supplemented with *Moringa oleifera* leaf meal. *South African Journal of Animal Science*, 49(4), 709-716.
- Khan, I. T., Bule, M., Rahman Ullah, M. N., Asif, S., & Niaz, K. (2019). The antioxidant components of milk and their role in processing, ripening, and storage: Functional food. *Veterinary world*, 12(1), 12.
- Kholif, A. E., Gouda, G. A., Anele, U. Y. & Galyean, M. L. (2018). Extract of *Moringa oleifera* leaves improves feed utilization of lactating Nubian goats. *Small Ruminant Research*, 158, 69-75.
- Kholif, A. E., Gouda, G. A., Galyean, M. L., Anele, U. Y., & Morsy, T. A. (2019). Extract of *Moringa oleifera* leaves increases milk production and enhances milk fatty acid profile of Nubian goats. *Agroforestry Systems*, 93(5), 1877-1886.
- Kholif, A. E., Gouda, G. A., Morsy, T. A., Salem, A. Z. M., López, S. & Kholif, A. M. (2015). *Moringa oleifera* leaf meal as a protein source in lactating goat's diets: feed intake, digestibility, ruminal fermentation, milk yield and composition, and its fatty acids profile. *Small Ruminant Research*, 129, 129-137.
- Kholif, A. E., Gouda, G. A., Olafadehan, O. A., y Abdo, M. M. (2017). Effects of replacement of *Moringa oleifera* for berseem clover in the diets of Nubian goats on feed utilisation, and milk yield, composition and fatty acid profile. *Animal*, 12(05), 964-972.
- Kumar, A., Mosa, K. A., Ji, L., Kage, U., Dhokane, D., Karre, S., & Pathania, N. (2018). Metabolomics-assisted biotechnological interventions for developing plant-based functional foods and nutraceuticals. *Critical reviews in food science and nutrition*, 58(11), 1791-1807.
- Kuskoski, E. M., Asuero, A. G., Troncoso, A. M., Mancini-Filho, J., & Fett, R. (2005). Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Food Science and Technology*, 25, 726-732.

- La producción ovina en México (s.f.). Recuperado de: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-chapingo/produccion-animal/la-produccion-ovina-en-mexico/2796497>. [18 de enero de 2022].
- Lordan, R., Tsoupras, A., Mitra, B. & Zabetakis, I. (2018). Grasas lácteas y enfermedades cardiovasculares: ¿Realmente debemos preocuparnos? *Alimentos*, 7 (3), 29.
- MacFie, H. J., N. Bratchell, K. Greenhoff and L. V. & Vallis. (1989). Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests. *Journal of sensory studies*, 4(2), 129-148.
- Makkar, H. A. & Becker, K. (1996). Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. *Animal feed science and technology*, 63(1-4), 211-228.
- Mbikay, M. (2012). Therapeutic potential of *Moringa oleifera* leaves in chronic hyperglycemia and dyslipidemia: a review. *Frontiers in pharmacology*, 3, 24.
- Mejía, O. B., Arias, S. P., Cardona, L. M. & Ruales, A. D. (2017). Efecto del ensilaje de *thitonia diversifolia* sobre la composición láctea en hembras ovinas y su relación con el estatus nutricional. *Revista Lasallista de Investigación*, 14(1).
- Mendieta-Araica, B., Spörndly, R., Reyes-Sánchez, N., & Spörndly, E. (2011). *Moringa* (*Moringa oleifera*) leaf meal as a source of protein in locally produced concentrates for dairy cows fed low protein diets in tropical areas. *Livestock Science*, 137(1-3), 10-17.
- Mohamed, E. F., Salama, H. H., El-Sayed, S. M., El-Sayed, H. S. & Zahran, H. A. H. (2018). Utilization of Natural Antimicrobial and Antioxidant of *Moringa oleifera* Leaves Extract in Manufacture of Cream Cheese. *Journal of Biological Sciences*, 18(2), 92-106.
- Moo-Huchin, V. M., Moo-Huchin, M. I., Estrada-León, R. J., Cuevas-Glory, L., Estrada-Mota, I. A., Ortiz-Vázquez, E., Sauri-Duch, E. (2015). Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, 166, 17–22.
- Morsy, A. S, Soltan, Y. A, Sallam, S. M, Alencar, S. M. & Abdalla, A. L (2016). Impacto del extracto de propóleo rojo brasileño en los metabolitos sanguíneos, la producción de leche y el rendimiento del cordero de las ovejas Santa Inês. *Producción y sanidad animal tropical* , 48 (5), 1043-1050.
- Ncube, B., Ngunge, V. N. P., Finnie, J. F., & Van Staden, J. (2011). A comparative study of the antimicrobial and phytochemical properties between outdoor grown and micropropagated *Tulbaghia violacea* Harv. plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 134(3), 775–780.
- NOM-185-SSA1-2002 (2010). Norma Oficial Mexicana, NOM-185-SSA1-2002, Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias. 25-26

- NORMA Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010. Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba. Recuperado de www.norlexinternacional.com/arch/16111002.htm. 16 de junio del 2019.
- Olivas, R., Nevárez, G. V. & Gastélum, M. G. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecno ciencia Chihuahua*, 3(1), 1-7
- Olvera, G., Mendoza, M. M., Arcos, D. N., Piñeiro, A. T., Moo-Huchin, V. M., Canul, J. R., & Chay, A. J. (2020). Effect of Feeding Lactating Ewes with Moringa oleifera Leaf Extract on Milk Yield, Milk Composition and Prewaning Performance of Ewe/Lamb Pair. *Animals*, 10(7), 1117.
- Olmedilla, B., Nova, E., García, N., Martín, A. B., Fontecha, J., Delgado, D. & Asensio, C. (2017). Effect of ewe's (semi-skimmed and whole) and cow's milk yogurt consumption on the lipid profile of control subjects: a crossover study. *Food y nutrition research*, 61(1), 1391669.
- Palmquist, D. L., Beaulieu, A. D. & Barbano, D. M. (1993). Feed and animal factors influencing milk fat composition1. *Journal of dairy science*, 76(6), 1753-1771.
- Pasephol, T., Small, D. M., & Sherkat, F. (2008). Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. *Journal of Texture Studies*, 39(6), 617-634.
- Pavić, V., Antunac, N., Mioč, B., Ivanković, A. & Havranek, J. L. (2002). Influencia de la etapa de lactancia en la composición química y propiedades físicas de la leche de oveja. *Revista checa de ciencia animal*, 47 (2), 80-84
- Pérez R. (2010). [http://spo.uno.org.mx/wp-content/uploads/2011/07/jprm_producción de leche y valoragregado.pdf](http://spo.uno.org.mx/wp-content/uploads/2011/07/jprm_producción_de_leche_y_valoragregado.pdf). Consultado el 20 de septiembre del 2019.
- Piñeiro, A. T., Canul, J. R., Casanova, F., Chay, A. J., Ayala, A. J., Solorio, F. J. & Ku, J. C. (2017). Emisión de metano en ovinos alimentados con Pennisetum purpureum y árboles que contienen taninos condensados. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(2), 111-119.
- Puerto Abreu, M., Arece García, J., López Leyva, Y., Roche, Y., Molina, M., Sanavria, A., & da Fonseca, A. H. (2014). Efecto *in vitro* de extractos acuosos de Moringa oleifera y Gliricida sepium en el desarrollo de las fases exógenas de estronglidos gastrointestinales de ovinos. *Revista de Salud Animal*, 36(1), 28-34.
- Raikos, V., Ni, H., Hayes, H. & Ranawana, V. (2019). Antioxidant properties of a yogurt beverage enriched with Salal (Gaultheria shallon) berries and blackcurrant (Ribes nigrum) pomace during cold storage. *Beverages*, 5(1), 2.
- Ramírez, N. M., Farias, L. M., Santana, F. A., Leite, J. P. V., Dantas, M. I. D. S., Toledo, R. C. L., ... & Ribeiro, S. M. R. (2016). Extraction of mangiferin and chemical characterization and sensorial analysis of teas from Mangifera indica L. leaves of the Ubá variety. *Beverages*, 2(4).
- Ramos, L. R., Santos, J. S., Daguier, H., Valese, A. C., Cruz, A. G. & Granato, D. (2017). Analytical optimization of a phenolic-rich herbal extract and supplementation in fermented milk containing sweet potato pulp. *Food chemistry*, 221, 950-958.

- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Redondo, N., García, N., Diaz, L. E., Olmedilla, B., Martín, A. B., Asensio, C. & Nova, E. (2018). Effects of ewe's milk yogurt (whole and semi-skimmed) and cow's milk yogurt on inflammation markers and gut microbiota of subjects with borderline-high plasma cholesterol levels: a crossover study. *European journal of nutrition*, 58(3), 1113-1124.
- Richter, N., Siddhuraju, P. & Becker, K. (2003). Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 217(1-4), 599-611.
- Ritzenthaler, K. L., McGuire, M. K., Falen, R., Shultz, T. D., Dasgupta, N. & McGuire, M. A. (2001). Estimation of conjugated linoleic acid intake by written dietary assessment methodologies underestimates actual intake evaluated by food duplicate methodology. *The Journal of nutrition*, 131(5), 1548-1554.
- Rivero, C. L., Quiñones, J., Martínez, A. T. P., Ortiz, C. C. C., Paneca, M. R., Valdéz, G. A. C., & Ruiz, Y. K. C. (2018). Obtención de extractos fenólicos foliares de *Moringa oleifera* Lam mediante el uso de diferentes métodos de extracción. *Biotecnología Vegetal*, 18(1), 47 – 56
- Rondanelli, I. R., & Rondanelli, S. R. (2014). Estilo de vida y enfermedad cardiovascular en el hombre. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 25(1), 69-77.
- Russel, A. J. F., Doney, J. M., & Gunn, R. G. (1969). Subjective assessment of body fat in live sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 72(3), 451-454.
- SAGARPA (2002). Informe sobre la Situación de los Recursos Genéticos Pecuarios en México. Recuperado de www.sagarpa.mx/ganaderia/Publicaciones/Paginas/InfoRGPEcuariosM.aspx. 18 de abril del 2019.
- SAGARPA (2016). Plan rector sistema producto ovinos (2015-2024). Actualización 2016 (con base en resultados de la reunión de planeación estratégica. Febrero 2016). Recuperado de spo.uno.org.mx/wp-content/uploads/2016/05/plan_rector_ovinos2016. 10 de Marzo del 2019.
- Salas, J., Babio, N., Juárez, M., Picó, C., Ros, E. & Aznar, A. M. (2018). Importancia de los alimentos lácteos en la salud cardiovascular:¿ enteros o desnatados?. *Nutrición Hospitalaria*, 35(6), 1479.
- Sánchez, N. R., Spörndly, E. & Ledin, I. (2006). Effect of feeding different levels of foliage of *Moringa oleifera* to creole dairy cows on intake, digestibility, milk production and composition. *Livestock Science*, 101(1-3), 24-31.
- Selcuk, N., & Erkan, M. (2015). The effects of 1-MCP treatment on fruit quality of medlar fruit (*Mespilus germanica* L. cv. Istanbul) during long term storage in the palliflex storage system. *Postharvest biology and technology*, 100, 81-90.

- Selmi, H., Bahri, A., Ferchichi, A., & Rouissi, H. (2020). Effect of supplementing *Moringa oleifera* essential oils on milk quality and fatty acid profile in dairy sheep. *Indian Journal of Animal Research*, 54(7), 879-882.
- Shamah, T., Cuevas, L., Gaona, E. B., Gómez, L. M., Morales, D. C., Hernández, M. & Rivera-Dommarco, J. Á. (2018). Sobrepeso y obesidad en niños y adolescentes en México, actualización de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de Medio Camino 2016. *Salud pública de México*, 60(3), 244-253.
- Shori, A. B., Rashid, F., & Baba, A. S. (2018). Effect of the addition of phytomix-3+ mangosteen on antioxidant activity, viability of lactic acid bacteria, type 2 diabetes key-enzymes, and sensory evaluation of yogurt. *LWT*, 94, 33-39.
- Toral, P. G., Angulo, G. H., Ferrando, Á. B. & Frutos, P. (2015). Utilización de taninos de quebracho en la dieta de ovejas lecheras. *Albéitar: publicación veterinaria independiente*, (188), 48-49.
- Vásquez, V., Aredo, V., Velásquez, L., & Lázaro, M. (2015). Propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de yogurt de leche descremada de cabra frutado con mango y plátano en pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 177-189.
- Vasta, V. & Luciano, G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research*, 101(1-3), 150-159.
- Velasco, S., Cañeque, V., Díaz, M. T., Pérez, C., Lauzurica, S., Huidobro, F. & González, J. (2001). Producción lechera y composición lipídica de la leche de ovejas Talaveranas durante el período de lactancia. *Investigación agraria: Producción y Sanidad Animales*, 16(1), 181-192.
- Yu, E., & Hu, F. B. (2018). Dairy products, dairy fatty acids, and the prevention of cardiometabolic disease: a review of recent evidence. *Current atherosclerosis reports*, 20(5), 24.
- Zullaikah, S., Naulina, R. Y., Meinawati, P., Fauziyah, K., Rachimoellah, M., Rachmaniah, O., & Prasetyo, E. N. (2019, June). Enhanced extraction of phenolic compounds from moringa oleifera leaves using subcritical water ethanol mixture. *Conference Series: Materials Science and Engineering*. 543 (1), 012021
- Zulueta, A., Maurizi, A., Frígola, A., Esteve, M. J., Coli, R., & Burini, G. (2009). Antioxidant capacity of cow milk, whey and deproteinized milk. *International Dairy Journal*, 19(6-7), 380-385.

ARTÍCULO PUBLICADO



Article

Physicochemical Characteristics of Yogurt from Sheep Fed with *Moringa oleifera* Leaf Extracts

Miriam M. Mendoza-Taco¹, Aldenamar Cruz-Hernández¹, Angélica A. Ochoa-Flores¹,
 Josafat A. Hernández-Becerra², Armando Gómez-Vázquez¹, Victor M. Moo-Huchin³, Ángel Piñeiro-Vázquez⁴,
 Alfonso J. Chay-Canul^{1,*} and Einar Vargas-Bello-Pérez^{5,*}

- ¹ División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Teapa, km 25, R/A, la Huasteca 2ª Sección, Villahermosa 86280, Tabasco, Mexico; marlenymendezazotocnia1@gmail.com (M.M.M.-T.); ingaldeacruz@gmail.com (A.C.-H.); angelica.ochoa@ujat.mx (A.A.O.-F.); dragv2@hotmail.com (A.G.-V.)
 - ² División de Tecnología de Alimentos, Universidad Tecnológica de Tabasco, Villahermosa 86288, Tabasco, Mexico; jahernandez.tc@uttab.edu.mx
 - ³ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Mérida, km 5 Mérida-Progreso, Mérida 97118, Yucatán, Mexico; vmmoo@yahoo.com
 - ⁴ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico s/n Conkal, Conkal 97345, Yucatán, Mexico; angel.pineiro@itconkal.edu.mx
 - ⁵ Department of Veterinary and Animal Sciences, Faculty of Health and Medical Sciences, University of Copenhagen, Grønnegårdsvej 3, DK-1870 Frederiksberg C, Denmark
- * Correspondence: alfonso.chay@ujat.mx (A.J.C.-C.); evargasb@sund.ku.dk (E.V.-B.-P.)



Citation: Mendoza-Taco, M.M.; Cruz-Hernández, A.; Ochoa-Flores, A.A.; Hernández-Becerra, J.A.; Gómez-Vázquez, A.; Moo-Huchin, V.M.; Piñeiro-Vázquez, Á.; Chay-Canul, A.J.; Vargas-Bello-Pérez, E. Physicochemical Characteristics of

Simple Summary: This study determined the effect of feeding *Moringa oleifera* (MO) leaf extracts to lactating ewes on the physicochemical composition of their milk and yogurt during storage (4 °C for 14 days) and the sensory acceptance of the yogurt. The supplementation of MO in lactating ewes' diets improved the contents of protein, ash, acidity, and leucine in their milk. The effect of MO in yogurt showed an increase in nonfat solids, protein, and leucine during storage at 4 °C for 14 days. The MO had a positive effect on the overall acceptance of yogurt at a higher MO level of supplementation in sheep diets. Therefore, adding MO leaf extracts to sheep diets could be a feasible



animals

an Open Access Journal by MDPI



CERTIFICATE OF PUBLICATION

Certificate of publication for the article titled:

Physicochemical Characteristics of Yogurt from Sheep Fed with *Moringa oleifera* Leaf Extracts

Authored by:

Miriam M. Mendoza-Taco; Aldenamar Cruz-Hernández; Angélica A. Ochoa-Flores; Josafat A. Hernández-Becerra; Armando Gómez-Vázquez; Victor M. Moo-Huchin; Ángel Piñeiro-Vázquez; Alfonso J. Chay-Canul; Einar Vargas-Bello-Pérez

Published in:

Animals 2022, Volume 12, Issue 1, 110



Academic Open Access Publishing
since 1996

Basel, January 2022