



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

Elaboración de quesos tipo panela con leche bovina
adicionando harina de metzal

TESIS DE LICENCIATURA

PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIATURA EN
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL:

PRESENTA:

EDITH ODALYS HERNÁNDEZ PÉREZ

Directora: Dra. Aurora Quintero Lira

Co-director: Dr. Javier Piloni Martini

ASESOR: Dr. César Uriel López Palestina

Tulancingo, Hidalgo 2024



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias Agropecuarias
School of Forestry and Environmental Studies
Área Académica de Ciencias Agrícolas y Forestales
Department of Agricultural Sciences and Forestry

Tulancingo de Bravo, Hidalgo., a 15 de octubre de 2024
Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este conducto y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado al pasante de Licenciatura en Ingeniería Agroindustrial, **Edith Odalys Hernández Pérez**, quien presenta el trabajo de Tesis denominado “**Elaboración de quesos tipo panela con leche bovina adicionando harina de metzal**”, que después de revisarlo en reunión de sinodales, ha decidido autorizar la impresión de este, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE	Dr. Cesar Uriel López Palestina
SECRETARIO	Dr. Javier Piloni Martini
VOCAL 1	Dra. Aurora Quintero Lira
SUPLENTE 1	Dra. Thania Alejandra Urrutia Hernández

Sin otro particular por el momento, me despido de usted.

Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”

Dra. Thania Alejandra Urrutia Hernández
Coordinadora de la Licenciatura de Ingeniería Agroindustrial



Avenida Universidad Km. 1 s/n,
Exhacienda Aquetzalpa Tulancingo
de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43600
Teléfono: 771 71 72000 ext 2461
alfredo_madariaga@uaeh.edu.mx



www.uaeh.edu.mx

Agradecimientos

Quiero agradecer primero que nada a Dios por permitirme seguir cumpliendo mis metas, a mis papas por apoyarme y darme la confianza de seguir estudiando. A mi hermana por siempre darme ánimos, por estar conmigo, confiar en mí y brindarme su apoyo cuando más lo necesitaba. A mis asesores de tesis la Doctora Aurora Quintero Lira y al Doctor Javier Piloni Martini, por apoyarme, por confiar en mí y por guiarme en este proyecto de investigación. A mis amigas y amigos, que estuvieron conmigo brindándome su amistad, su apoyo y por siempre darme ánimos en los momentos difíciles.

Índice

Agradecimientos	i
Índice	ii
Contenido de tablas.....	vi
Contenido de figuras.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
1. Introducción	1
2. Marco teórico	2
2.1. Definición de maguey	2
2.1.1. Definición de maguey pulquero	2
2.1.2. Producción de maguey	3
2.1.3. Taxonomía del maguey.....	4
2.1.4. Compuestos fitoquímicos del maguey	5
2.1.5. Tipo de magueyes pulqueros	6
2.1.6. Subproductos del maguey	7
2.2. Definición de metzal	10
2.2.1. Usos, propiedades y características del metzal	10
2.3. Métodos de conservación de alimentos.....	10
2.3.1. Escaldado.....	11
2.3.2. Secado.....	11
2.4. Definición de leche	12
2.5. Leche bovina.....	12
2.5.1. Producción de leche bovina	13
2.5.2. Producción de leche bovina de acuerdo a su raza.....	14
2.6. Definición de queso.....	14
2.6.1. Composición fisicoquímica del queso fresco	15
2.6.2. Características microbiológicas del queso fresco	15
2.6.3. Algunos tipos de quesos frescos en México.....	16
2.6.4. Quesos frescos y su fabricación	17
2.7. Textura de los quesos.....	18
2.8. Análisis sensorial de los quesos	18

3. Planteamiento del problema	20
4. Justificación	21
5. Objetivo general	22
5.1. Objetivos específicos	22
6. Hipótesis	22
7. Materiales y Métodos	23
7.1. Obtención del metzal	23
7.2. Elaboración de harina de metzal	23
7.2.1. Secado de metzal	23
7.2.2. Escaldado y secado de metzal	23
7.3. Determinación de rendimiento de la harina	23
7.4. Determinación de compuestos fitoquímico	24
7.4.1 Alcaloides	24
7.4.2 Insaturaciones	24
7.4.3 Oxidrilos fenólicos	24
7.4.4 Sesquiterpenlactonas	24
7.4.5 Flavonoides	24
7.4.6 Saponinas	24
7.4.7 Cumarinas	25
7.4.8 Esteroles	25
7.4.9 Taninos	25
7.5. Determinación de azúcares reductores totales y directos por DNS	25
7.6. Determinación de capacidad de retención de agua (CRAg)	26
7.7. Determinación de capacidad de retención de aceite (CRAc)	26
7.8. Análisis de la leche bovina	27
7.9. Elaboración de queso tipo panela con harina de metzal	27
7.10. Determinación de rendimiento de los quesos	27
7.11. Análisis microbiológico	28
7.12. Análisis fisicoquímico	28
7.12.1. Determinación de color	28
7.12.2. Determinación de pH	29
7.12.3. Determinación de Aw de los quesos	29

7.12.4.	Determinación de acidez titulable.....	29
7.13.	Análisis químico-proximal	29
7.13.1.	Determinación de humedad	30
7.13.2.	Determinación de cenizas totales.....	30
7.13.3.	Determinación de grasa.....	30
7.13.4.	Determinación de fibra cruda	31
7.13.5.	Determinación de proteína	32
7.13.6.	Determinación de cloruros totales.....	32
7.14.	Análisis de perfil de textura (APT).....	33
7.15.	Análisis sensorial	33
7.16.	Análisis estadístico de resultados	33
8.	Resultados y Discusión	34
8.1.	Características químico-proximal y fisicoquímico del metzal fresco.....	34
8.2.	Rendimiento de la harina de metzal a diferentes temperaturas de secado.....	34
8.3.	Rendimiento de la harina de metzal a diferentes temperaturas de escaldado y secado.....	35
8.4.	Características de color y pH de la harina de metzal diferentes temperaturas de secado	36
8.5.	Características de color y pH de la harina de metzal diferentes temperaturas de escaldado y secado	37
8.6.	Compuestos fitoquímicos presentes en la harina de metzal a diferentes temperaturas de secado	39
8.7.	Compuestos fitoquímicos presentes en la harina de metzal a diferentes temperaturas de escaldado y secado	39
8.8.	Curvas de secado del metzal.....	42
8.9.	Características químico-proximal y fisicoquímicas de la harina de metzal.....	44
8.10.	Análisis microbiológicos de la harina de metzal	45
8.11.	Capacidad de retención de agua (CRAg) y Capacidad de retención de aceite (CRAC) en la harina de metzal.....	46
8.12.	Características químico-proximal y fisicoquímico de la leche bovina	47
8.13.	Rendimiento de los quesos tipo panela con harina de metzal	47
8.14.	Propiedades químico-proximal y fisicoquímicas de los quesos tipo panela.....	48

8.15.	Análisis microbiológico de los quesos tipo panela	50
8.16.	Textura de los quesos panela	51
8.17.	Análisis sensorial de los quesos tipo panela.....	53
8.18.	Características químico-proximal de los sueros derivados de los quesos panela.....	54
8.19.	Características fisicoquímicas de los sueros derivados de los quesos panela.....	54
9.	Conclusiones.....	56
	Referencias	57
	Anexos	71
	Anexo I. Preparación de reactivo DNS	71
	Anexo II. Curvas de calibración del DNS	71
	Anexo III. Formato utilizado para el análisis sensorial de nivel de agrado.....	72
	Anexo IV. Comparaciones múltiples de los quesos panela con diferentes proporciones de harina de metzal	73

Contenido de tablas

Tabla 1. Producción de maguey pulquero a nivel nacional.....	3
Tabla 2. Características generales de los Agaves.....	5
Tabla 3. Composición química de la leche de vaca.....	13
Tabla 4. Producción de leche bovina a nivel estatal.....	14
Tabla 5. Producción de leche bovina de acuerdo a su raza.....	14
Tabla 6. Composición fisicoquímica de los quesos frescos.....	15
Tabla 7. Valor límite de cada microorganismo presente en los quesos frescos.....	16
Tabla 8. Formulaciones de queso tipo panela con harina de metzal.....	27
Tabla 9. Características químico-proximal y fisicoquímicas del metzal fresco.....	34
Tabla 10. Rendimiento de la harina de metzal utilizando 100 g de muestra.....	36
Tabla 11. Características de color y pH de la harina de metzal obtenida de un secado a 40, 60, 80, 100 y 120°C.....	37
Tabla 12. Características de color y pH del metzal escaldado y secado a diferentes temperaturas.....	38
Tabla 13. Resultados del tamiz fitoquímico de la harina de metzal secado a 40, 60, 80, 100 y 120°C.....	39
Tabla 14. Resultados de los compuestos fitoquímicos de la harina de metzal escaldado a diferentes temperaturas (70, 80 y 90°C) y secado a 80°C.....	41
Tabla 15. Resultados de los compuestos fitoquímicos de la harina de metzal, escaldado a diferentes temperaturas (70, 80 y 90°C) y secado a 100°C.....	42
Tabla 16. Características químico-proximal y fisicoquímicas de la harina de metzal.....	45
Tabla 17. Características microbiológicas de la harina de metzal.....	46
Tabla 18. Características de la capacidad de retención de agua y aceite en la harina de metzal.....	46
Tabla 19. Características químico-proximal y fisicoquímico de la leche bovina.....	47
Tabla 20. Rendimiento de los quesos con diferentes proporciones de harina de metzal.....	48
Tabla 21. Características químico-proximal de los quesos tipo panela con diferentes concentraciones de harina de metzal.....	49
Tabla 22. Características fisicoquímicas de quesos tipo panela con diferentes concentraciones de harina de metzal.....	49
Tabla 23. Características de color de los quesos tipo panela con adición de harina de metzal.....	50
Tabla 24. Características microbiológicas de los quesos tipo panela.....	51
Tabla 25. Características de textura de los diferentes quesos tipo panela.....	52
Tabla 26. Grado de aceptabilidad de los quesos tipo panela con diferentes % de harina de metzal.....	53
Tabla 27. Características químico-proximal del suero de los quesos con harina de metzal.....	54
Tabla 28. Características fisicoquímicas de los sueros derivados de los quesos tipo panela con harina de metzal.....	55
Tabla 29. Comparaciones múltiples entre los quesos panela con las diferentes concentraciones de harina de metzal.....	73

Contenido de figuras

Figura 1. Maguey pulquero (Agave salmiana)	3
Figura 2. Producción de maguey pulquero en los municipios de Hidalgo (SIAP, 2023)	4
Figura 3. Producción de leche a nivel mundial (Gallegos-Daniel et al., 2023)	13
Figura 4. Rendimiento del metzal sometido a diferentes temperaturas de secado	35
Figura 5. Pérdida de humedad del metzal (secado a 80°C) en 180 min	43
Figura 6. Pérdida de humedad del metzal (secado a 100°C) en 120 min.....	43
Figura 7. Pérdida de humedad del metzal (secado a 120°C) en 90 min	44
Figura 8. Curva de calibración de glucosa	71
Figura 9. Formato aplicado para el análisis sensorial	72

Resumen

El maguey es una planta suculenta, hermafrodita y monocotiledónea de origen mexicano. Tiene forma de piña de la cual salen sus pencas carnosas, con bordes espinosos, de color verde con una púa en la punta (SIAP, 2021). Esta planta pertenece a la familia de las *agaváceas* del género *agave*. De éste género deriva el *Agave salmiana* del cual proviene el pulque, mixiote, forraje y metzal (SIAP, 2017). El metzal, es un tejido vegetal o pulpa derivado de la piña del maguey pulquero, después de extraer el aguamiel, su nombre proviene del náhuatl de la etimología *metl*-maguey y *tzalli*-raspadura, que significa “raspadura de maguey” (Bravo, 2014). Los quesos frescos se caracterizan por su valor nutricional y por su textura suave y blanda, con un contenido de humedad entre el 40 al 55%, se consumen a pocos días de su elaboración para preservar su frescura y sabor. Los quesos frescos son ricos en grasas, proteínas y minerales, pero carecen de contenido de fibra. (Rodiles-López et al., 2023). El objetivo de este trabajo de investigación fue desarrollar una harina a partir del metzal, con el fin de emplearla como ingrediente en la elaboración de quesos tipo panela utilizando leche bovina. El metzal fue extraído del maguey manso (*Agave salmiana sub. manso*) para someterlo a temperaturas de escaldado (70, 80 y 90°C) y secado (40, 60, 80, 100, 120°C). La harina con mejores resultados en cuanto a color, pH y tamizaje fitoquímico se obtuvo del escaldado a 70°C por 5 min y secado a 100°C. Se aplicaron diferentes tratamientos (C:0%, T1: 0.1%, T2:0.3%, T3:0.5%) para determinar la cantidad adecuada de harina para la elaboración de quesos tipo panela. Se realizaron análisis químico-proximal, fisicoquímico, microbiológicos (Mesófilos aerobios, hongos y levaduras, y coliformes), textura (dureza, adhesividad, resiliencia, cohesividad, elasticidad y masticabilidad) y sensorial (nivel de agrado) a los quesos. El queso del T3 obtuvo mejores resultados del análisis químico-proximal y fisicoquímico, con excepción de los carbohidratos (0.08%) y color, ya que presentó un color café claro (L: 79.62, a: -1.02 y b: 10.20). El queso del T3 mostró un contenido de 59.07% de humedad, 2.67% de cenizas 18.47% de grasa, 0.15% de fibra cruda y 19.56% de proteína. En cuanto al análisis microbiológico, los quesos de los diferentes tratamientos se encontraron dentro del rango establecido de UFC/g de Mesófilos aerobios, hongos y levaduras, y coliformes, de acuerdo con la NOM-243-SSA1-2010. Los mejores resultados de textura fueron del queso con el T1 con una dureza de 9.60N, resiliencia de 0.47, adhesividad 9.47×10^{-5} J, cohesividad de 0.808, elasticidad 0.89 y masticabilidad 6.93N. Por otro lado, en el análisis sensorial los quesos tipo panela con diferentes proporciones de harina de metzal fueron evaluados por jueces consumidores, quienes determinaron que el queso con mejores características de color, textura y sabor fue del T1. De acuerdo con los resultados de los análisis, se determinó que los mejores quesos con harina de metzal fueron del T1 (0.1%) y T3 (0.5%).

Abstract

The maguey is a succulent, hermaphroditic, monocotyledonous plant of Mexican origin. It has a pineapple-like shape from which its fleshy leaves, with spiny edges, emerge, colored green with a thorn at the tip (SIAP, 2021). This plant belongs to the Agavaceae family, in the agave genus. From this genus comes *Agave salmiana*, from which pulque, mixiote, forage, and metzal are derived (SIAP, 2017). Metzal is a vegetable tissue or pulp derived from the pineapple of the pulque maguey after the aguamiel has been extracted. Its name comes from the Nahuatl etymology metl (maguey) and tzalli (scraping), meaning "maguey scraping" (Bravo, 2014). Fresh cheeses are characterized by their nutritional value and their soft, smooth texture, with a moisture content between 40 and 55%. They are consumed shortly after their production to preserve their freshness and flavor. Fresh cheeses are rich in fats, proteins, and minerals but lack fiber content (Rodiles-López et al., 2023). The objective of this research work was to develop a flour from metzal, in order to use it as an ingredient in the production of panela-type cheeses using bovine milk. The metzal was extracted from *Agave salmiana* sub. manso and subjected to blanching temperatures (70, 80, and 90°C) and drying (40, 60, 80, 100, 120°C). The flour with the best results in terms of color, pH, and phytochemical screening was obtained from blanching at 70°C for 5 minutes and drying at 100°C. Different treatments were applied (C:0%, T1: 0.1%, T2:0.3%, T3:0.5%) to determine the appropriate amount of flour for the production of panela-type cheeses. Chemical-proximal, physicochemical, microbiological (mesophilic aerobes, fungi and yeasts, and coliforms), texture (hardness, adhesiveness, resilience, cohesiveness, elasticity, and chewiness), and sensory (level of preference) analyses were performed on the cheeses. The T3 cheese showed better results in the chemical-proximal and physicochemical analysis, except for carbohydrates (0.08%) and color, as it had a light brown color (L: 79.62, a: -1.02, and b: 10.20). The T3 cheese had a moisture content of 59.07%, 2.67% ash, 18.47% fat, 0.15% crude fiber, and 19.56% protein. Regarding the microbiological analysis, the cheeses from the different treatments were within the established range of CFU/g for mesophilic aerobes, fungi and yeasts, and coliforms, according to NOM-243-SSA1-2010. The best texture results were from the T1 cheese, with a hardness of 9.60N, resilience of 0.47, adhesiveness of 9.47x10⁻⁵J, cohesiveness of 0.808, elasticity of 0.89, and chewiness of 6.93N. On the other hand, in the sensory analysis, the panela-type cheeses with different proportions of metzal flour were evaluated by consumer judges, who determined that the cheese with the best characteristics of color, texture, and flavor was T1. According to the results of the analysis, the best cheeses with metzal flour were T1 (0.1%) and T3 (0.5%).

1. Introducción

La harina es un polvo fino de origen vegetal, se obtiene de la molienda de distintos cereales y de otros alimentos ricos en almidón. Tiene uso doméstico e industrial para elaboración de alimentos (OISS, 2019). Es comúnmente empleadas en la elaboración de productos de panificación, pero también es usada como ingrediente para mejorar el valor nutricional de otros alimentos como bebidas, quesos, marinados, etc (Alemán, 2022). El metzal, es un subproducto derivado del maguey pulquero (*Agave salmiana*), el cual se produce principalmente en el Estado de Hidalgo. Por años ha sido utilizado como forraje para alimentar a animales, como ovinos, caprinos y equinos. Pero también, se ha empleado para la elaboración de tortillas, mezclándolo con nixtamal, cebada o trigo, con el fin de tener un mejor rendimiento, sabor y color. También se ha utilizado para elaborar platillos locales, como metzal a la mexicana, tamales o en ingrediente para pizza (Figueredo-Urbina et al., 2023). Debido a que se desconocen sus características químico-proximal y fisicoquímico, se tomaron en cuenta sus características organolépticas (color blanco, una textura rígido y fibroso, y sabor dulce), para elaborar una harina. Actualmente, la industria alimentaria busca productos que ofrezcan un alto valor nutricional para los consumidores. La leche de vaca desde hace muchos años a formado parte de la alimentación humana, por su contenido de nutrientes, su valor energético y por la calidad que ofrece (Fernández et al., 2015). En México los quesos son considerados como patrimonio cultural de la gastronomía nacional, por sus características nutritivas, su sabor, aroma y textura, las cuales dependen de la materia prima y del proceso empleado para su fabricación. Los quesos frescos son los más producidos a nivel mundial, entre los que se encuentra el queso panela (CONAHCYT, 2023). Son los más consumidos en México, considerado como una opción láctea más recurrente dentro de los regímenes alimentarios por los nutrientes que aporta ya que es rico en proteína, grasa y minerales (PROFECO, 2011).

2. Marco teórico

2.1. Definición de maguey

El maguey es una planta suculenta, hermafrodita y monocotiledónea de origen mexicano. Tienen forma de piña de las cuales salen sus pencas (rectas o dobladas), carnosas, con bordes espinosos, en ocasiones presentan un color amarillo y tienen una púa en la punta. De esta planta se obtienen diversos productos, entre ellos el aguamiel que se utiliza para elaborar el pulque, una bebida embriagante con gran arraigo en nuestro país (SIAP, 2021); de las pencas se extrae una especie de papel o películas, en forma de hojas para elaborar un platillo tradicional mexicano llamado mixiote, así mismo las pencas son utilizadas como forraje para alimentar a los animales.

Esta planta pertenece a la familia de las *agaváceas* y al género *agave*. De éste género se obtienen los siguientes productos nativos mexicanos.

- 1) Fibras textiles (*Agave fourcroydes*)
- 2) Pulque, mixiote y forraje (*Agave salmiana*)
- 3) Tequila (*Agave tequilana Weber*)
- 4) Mezcal y bacanora (*Agave angustifolia Haw*) (SIAP, 2017)

2.1.1. Definición de maguey pulquero

El maguey pulquero (*Agave salmiana*) es originario de México, llega a medir alrededor de 3 metros de altura y 10 metros de circunferencia (Figura 1). Sus hojas miden entre 1 a 2 metros de largo y 0.2 a 0.35 metros de ancho, son gruesas y de color verde claro a verde oscuro (Nieto et al., 2016). Su proceso de maduración es de aproximadamente de 8 a 10 años, para poder extraer el aguamiel. Desde tiempos prehistóricos y en la actualidad, en México se ha utilizado para diferentes objetivos, pero la principal es la elaboración del pulque (SIAP, 2018). El maguey tiene una piña o cabeza la cual es la parte aprovechable, ya que es de donde se obtiene el aguamiel, el cual se fermenta para elaborar el pulque, aunque también se puede consumir directamente. El fluido se extrae de las plantas adultas, en la etapa previa a la floración. Esta planta crece en terrenos altos y semiáridos, con escasas lluvias, con temperaturas templadas y frías, suelos resacos y duros. Requiere de un suelo con muy poca humedad, luz intensa; la temperatura varía según la especie (15 a 25°C) a una altura aproximada de 1,700 a 2,400 metros sobre el nivel del mar (msnm) (SIAP, 2023).



Figura 1. Maguey pulquero (*Agave salmiana*)

2.1.2. Producción de maguey

México es centro de origen y diversidad del género *Agave*, siendo el país más rico en especies con un total de 125, en la que se encuentra el maguey pulquero (*Agave salmiana*) (Roldán et al., 2023). En el 2023 la producción de maguey pulquero a nivel nacional fue de 9,223.44 hectáreas, con una producción de 191,027.65 miles de toneladas, de las cuales Hidalgo ocupa el primer lugar como productor, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Producción de maguey pulquero a nivel nacional

Estado	Producción (ton)	Superficie (ha)	Rendimiento (udm/ha)
Hidalgo	106,155.54	4,958.10	78.72
Tlaxcala	44,391.33	1,030.00	64.71
Estado de México	26,046.16	1,744.00	16.92
Puebla	11,082.67	1,031.34	30.41
Veracruz	1,514.20	120.00	13.40
San Luís Potosí	1,280.00	58.00	22.07
Querétaro	369.50	259.00	1.43
Guanajuato	180.00	16.00	18.00
Guerrero	8.25	1.50	5.50

Ton: Toneladas, **Ha:** Hectáreas y **udm:** unidad de medida (SIAP, 2023)

El Estado de Hidalgo es el mayor productor de maguey pulquero, con la participación de 43 municipios, siendo Zempoala el principal productor con 1,145.00 hectáreas y una producción de 22,000.00 miles de toneladas de maguey. En la Figura 2 se muestran los principales municipios productores de maguey pulquero en Hidalgo.

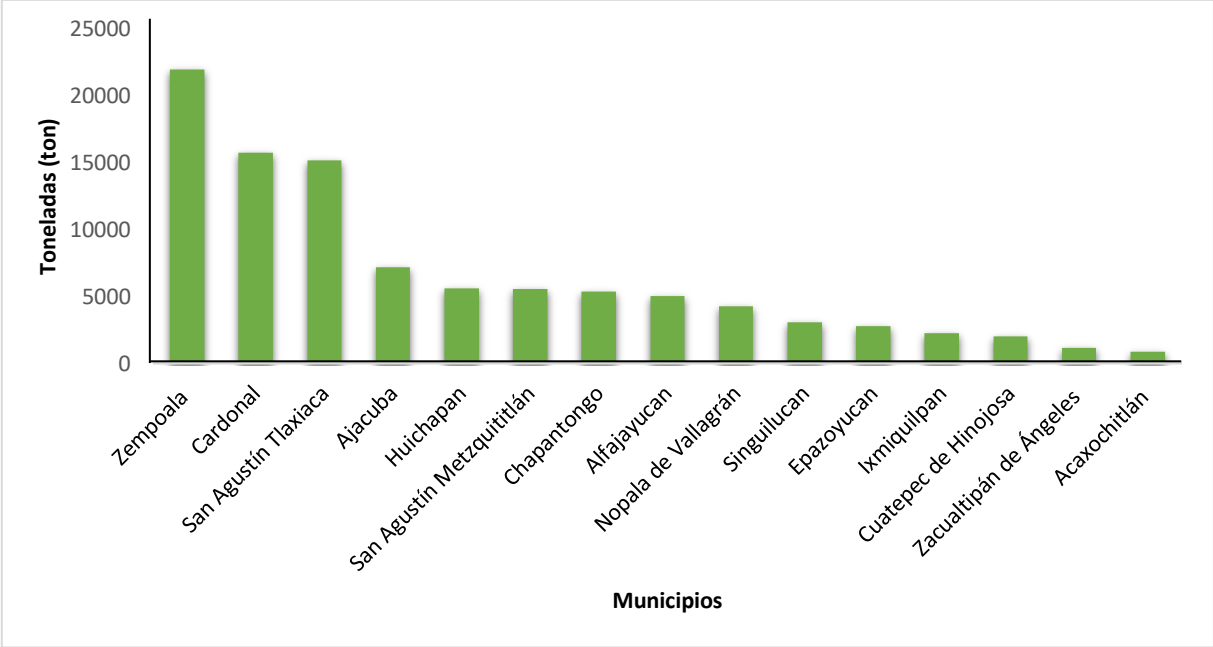


Figura 2. Producción de maguey pulquero en los municipios de Hidalgo (SIAP, 2023)

2.1.3. Taxonomía del maguey

La identificación taxonómica de las especies y subespecies de los agaves se dificulta, ya que los caracteres anatómicos no están siempre disponibles en número y calidad. Los Agaves o Magueyes pertenecen a la familia botánica de las *Agavaceas*, cuyo centro de origen se encuentra en México. Su uso se remonta desde la época prehispánica (Nieto et al., 2016). Existen aproximadamente 310 especies, de las cuales en México hay 272, por eso se considera el país de origen del género, ya que se conocen más de 125 a 150 especies del género *Agave*, de las cuales se estiman 27 pertenecen al Estado de Hidalgo. Son muy similares de acuerdo a su aspecto, se encuentran principalmente en México, en centro América y parte de sur América (Paneque et al., 2020). En la Tabla 2 se muestra las características generales de los agaves.

Tabla 2. Características generales de los *Agaves*

Nombre científico	Agave L. 1753
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Liliidae
Orden	Asparagales
Familia	<i>Agavaceae</i>
Género	<i>Agave</i>
Hábitat	México, sur de E.U., norte de Venezuela, Colombia

Fuente: (Paneque et al., 2020)

2.1.4. Compuestos fitoquímicos del maguey

Las especies del género *Agave* sintetizan diversos compuestos fitoquímicos que son utilizados en la medicina tradicional como anticancerígenos, antiinflamatorios y antiparasitarios (Roldán et al., 2023). Estas plantas contienen compuestos como ácidos grasos, terpenos, cumarinas, triterpenos, esteroides, taninos, oxidrilo fenólico, flavonoides, glucósidos, frúctanos, saponinas, sesquiterpenicas y alcaloides responsables de sus diversas actividades biológicas (Almazán-Morales et al., 2022). Los compuestos fenólicos, flavonoides, taninos, terpenos, azúcares reductores, cumarinas, esteroides, sesquiterpenicas, saponinas y alcaloides se encuentran en las hojas del maguey (Rubio et al., 2018; Camacho-Campos et al., 2020), cuya variación depende de la especie de *Agave* y de las condiciones ambientales del lugar donde se encuentre la planta, debido a que las temperaturas, humedad relativa, precipitaciones, la radiación y el tipo de suelo, son fenómenos que afectan la producción de compuestos fitoquímicos (Delgado-Alvarado et al., 2021). Los esteroides, triterpenos y alcaloides se encuentran en ocasiones en las flores. Los frúctanos son almacenados en el tallo durante el periodo vegetativo, su concentración máxima se alcanza al iniciarse la fase reproductora, momento considerado como el estado de madurez fisiológico pleno (MFP) (Regalado et al., 2021). En las especies de *A. salmiana* (*A. salmiana* variedad *salmiana*, *A. salmiana* var. *angustifolia*, *A. salmiana* var. *ferox* y *A. salmiana* ssp. *Crassispina*) tienen presencia de saponinas, flavonoides, alcaloides y taninos (Ramírez et al., 2022).

2.1.5. Tipo de magueyes pulqueros

En el Estado de Hidalgo, la diversidad de especies de agaves pulqueros es notable, con 71 especies registradas en sus 84 municipios. Entre las principales variedades presentes en el estado, se destacan las siguientes:

- a) **Maguey manso.** Alcanzan su edad adulta entre los 10 a los 12 años, es de color verde claro, llega a tener un total de 70 pencas (2 m de largo y 80 cm de ancho) con espinas laterales (3 a 6 cm). Este tipo de maguey puede llegar a pesar de 800 a 900 kg. Crece en climas semiáridos y templados, entre los 2,300 y 2,800 metros sobre el nivel del mar (msnm) (García et al., 2020), su producción promedio de aguamiel es de 7 a 10 L por día durante 4 meses, con un valor de 14 a 15° Brix lo que indica que es muy dulce y de buena calidad. A lo largo de su vida llega a tener 3 a 8 hijuelos. Sus principales usos son la obtención de aguamiel, las pencas para la barbacoa, mixiotes y forraje (Ramírez-Manzano et al., 2020).
- b) **Maguey ayoteco.** Conocido igual como maguey cenizo, es de gran tamaño, de color gris azulado, llega a tener hasta 70 pencas (3.5 m de largo y 60 cm de ancho) que crecen en forma de gancho, con espinas abundantes (3 cm) (PACMyC, 2019). Alcanza su madurez entre los 12 y 15 años de edad, pesando 1200 kg. Su principal aprovechamiento es el pulque, el cual llega a producir alrededor de 10 a 12 L de aguamiel por un día, esto durante 5 meses. El aguamiel producido es de buena calidad, midiendo alrededor de los 10 y 11°Brix (Ramírez-Manzano et al., 2020). Crece entre los 2,200 y 2,800 metros sobre el nivel del mar (msnm), en climas semiáridos y templados, produciendo alrededor de 10 a 20 hijuelos en toda su vida (Nieto et al., 2016).
- c) **Maguey chalqueño.** Su tamaño no es muy grande, llega a su edad adulta entre los 10 a los 14 años de edad, es de color gris verdoso, pesa alrededor de 1200 kg, tiene aproximadamente 50 pencas que crecen en forma ovalada (3 m de largo y 50 cm de ancho), con espinas laterales (Ramírez-Manzano et al., 2020). Produce 9L de aguamiel por día durante 4 meses, con un contenido de 10 a 11°Brix. Crece en climas templados y semiáridos, alrededor de los 2,200 y 2,600 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Nieto et al., 2016). Produce un total de 6 hijuelos a lo largo de su vida, su principal uso es la elaboración de pulque (Vega-García et al., 2023).
- d) **Maguey penca larga.** También conocido como carricillo, tiene un color gris verdoso. Se caracteriza por tener las pencas largas (2.5 m), anchas (30 cm), erguidas y esbeltas, su principal aprovechamiento es para la barbacoa y el forraje (Vega-García et al., 2023). Este tipo de maguey crece en climas áridos y semiáridos, tarda alrededor de 7 años para llegar a su edad adulta, tiene alrededor de 30 a 50 pencas y pesa aproximadamente 1000 Kg, se encuentra entre los 1,700 y 2,200 metros sobre el nivel del mar (msnm) (García et al.,

2018). Produce un total de 5 L de aguamiel (8°Brix) por día durante 3 meses, aunque su aguamiel es espeso y no es tan dulce. Produce un total de 25 hijuelos a lo largo de su vida (PACMyC, 2019).

- e) **Magüey verde.** Crece en climas semiáridos y templados, entre los 2,000 y 2,500 metros sobre el nivel del mar (msnm). Llega a su edad adulta a los 9 años, es de un color verde ámbar, pesando alrededor de los 250 kg y teniendo un total de 50 pencas, las cuales son rectas y angostas (2 m de largo y 35 cm de ancho), con espinas laterales. Produce un total de 5L de aguamiel (9°Brix) por día durante 3 meses, en toda su vida llega a tener entre 25 a 45 hijuelos (Martínez, 2013).
- f) **Magüey savililla.** Alcanza su edad adulta a los 8 años, con 40 pencas que llegan a medir 40 cm de ancho y hasta 1.5 m de largo, cuyas espinas laterales son rectas, este tipo de magüey es de un color verde amarillento. Produce 5 L de aguamiel al día por 3 meses, teniendo un valor 12°Brix. Crece entre los 1,800 y 2,300 metros sobre el nivel del mar, en climas semiáridos y templados con suelos mixtos, produciendo un total de 20 a 40 hijuelos (Nieto et al., 2016).
- g) **Magüey xamini.** Llega a su edad adulta a los 8 años, es de color verde oscuro. Crece en climas áridos y semiáridos (Arrazola, 2019), entre los 1,800 y 2,300 metros sobre el nivel del mar (msnm), teniendo un total de 40 pencas aproximadamente, las cuales miden 1.5 m de largo y 40 cm de ancho, sus espinas en los bordes son en forma de gancho. Produce entre los 4 y 5 L de aguamiel al día durante 3 meses, el cual tiene un valor de los 12°Brix. Su principal propósito es la elaboración de pulque, ya que su aguamiel es muy dulce. A lo largo de su vida produce un total de 15 a 35 hijuelos (Vega-García et al., 2023).

Estas especies de magüey pulquero no solo contribuyen a la elaboración de pulque sino también forman parte del patrimonio cultural y agrícola, en el país. La diversidad de especies permite que exista una producción continua y sostenible, ya que se adaptan a las condiciones ambientales de la región.

2.1.6. Subproductos del magüey

El magüey, es considerado como una de las materias primas más aprovechadas a lo largo de su historia, ya que todos sus componentes, incluidas sus plagas, son utilizadas. La planta completa puede servir como cerca viva para proteger otros cultivos de los animales (Narváez et al., 2016).

2.1.6.1. Pencas

La penca de magüey es muy aprovechada en la industria gastronómica, ya que se utiliza para elaborar diferentes platillos, como los mixiotes y la barbacoa. Una vez que el magüey ha crecido lo necesario, se puede extraer la cutícula que cubre la hoja del magüey, mejor conocida como mixiote, el cual es utilizado para la cocción

de otros alimentos. Los productores han empleado una técnica que consiste en no cortar la penca para la obtención los mixiotes, con el fin de no dañar la planta. (Narváez et al., 2016). Las pencas son un insumo fundamental para mejorar el sabor y textura de la carne, para elaborar la barbacoa. También de estas, se obtiene el ixtle (fibra vegetal), el cual es un hilo o cordel que sirve para realizar algunas artesanías como: morrales, ayates, faldas, vestidos, manteles, carpetas, bolsas, entre otros. Su extracción es un proceso extenso que consiste en cortado (penca), quebrado, tallado, preparado, lavado (la fibra) e hilado. Igualmente, es utilizada como alimento para ganado bovino, ovino, caprino y equino, ya que les aportan alto valor nutritivo. Otros usos adicionales son como recipientes para servir alimentos o para beber pulque, se usan para realizar remedios para aliviar enfermedades y una vez secas, se utilizan como combustible. En la punta de las pencas crece una espina mejor conocida como púa que se utilizan como agujas o como clavos. Estos usos se emplean principalmente en zonas rurales. (Vázquez et al., 2016).

2.1.6.2. El quiote y flores del maguey

El quiote y flores son utilizados para elaborar varios platillos, los cuales forman parte de la dieta de las familias, en las zonas rurales. El quiote crece en el centro del maguey mejor conocido como corazón, alcanzando una longitud de 3 a 5m de altura (Díaz, 2019). Cuando esta verde se utiliza para el consumo humano, produciendo dulces. A lo largo de los años, el quiote seco se ha aprovechado para la construcción de viviendas, cercas y para la elaboración de nidos para aves, por su resistencia y dureza (Pérez-González et al., 2021). También se pueden elaborar instrumentos musicales prehispánicos de llamados “Didgeridoo o Trompeta Maya” utilizado para hacer música de sanación y armonización. Una vez seco, sirve como leña para preparar alimentos (Narváez et al., 2016). En el extremo superior del quiote se desarrolla una inflorescencia en forma de racimo de color amarillo, conocidos como gualumbos, hualumbos o patas de gallina de cerro. Por años han deleitado los paladares, por su exquisito sabor, siendo el ingrediente fundamental en la elaboración de diversos platillos, los cuales forman parte de la gastronomía mexicana. La época de floración depende de la variedad, suelo, clima y cultivo, estas flores pertenecen a la familia de las *agaváceas*, las cuales florecen una vez que el maguey ha alcanzado su edad adulta, lo que indica que su tiempo de vida está por culminar. El quiote solo crece cuando el maguey no ha sido despancado para extraer el aguamiel (SIAP, 2018).

2.1.6.3. El aguamiel y el pulque

El aguamiel o jugo de *agave*, es una bebida prehispánica no destilada que se obtiene de la savia del maguey pulquero. Es de color amarillento traslúcido, olor herbáceo y sabor dulce, tiene una textura viscosa. Posee un alto valor nutritivo, ya que contiene fibra cruda, proteínas, carbohidratos altamente digeribles, minerales (N, Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu y B), inulina, frúctanos y azúcares (sacarosa, fructosa,

glucosa y fructooligosacáridos). Con el aguamiel se puede elaborar miel, mermeladas, galletas, vinagre, atole, agua y artículos para el cuidado de la piel. Una vez seca la piña de donde se extrae, puede utilizarse como combustible, macetas o para elaborar instrumentos musicales (Narváez et al., 2016). El aguamiel se puede consumir en fresco, concentrado o fermentado. La fermentación se produce de manera natural en condiciones no asépticas, lo que da como resultado el pulque. Esto se debe por el gran contenido de azúcares y microorganismos presentes en el aguamiel, como a los que se incorporan durante su colecta, transporte, inoculación y manipulación (Vera et al., 2023). El pulque es una bebida alcohólica tradicional, que forma parte del patrimonio cultural mexicano, su historial data desde la época prehispánica; en México ha sido una referencia de cultura, tradición y gastronomía, debido a sus nutrientes (Díaz, 2019). Debido a que contiene sacarosa, gomas, cenizas, ácido pantoténico, tiamina, ácido 4-aminobenzoico, piridoxina, biotina, ácido ascórbico, riboflavina, proteína, aminoácidos (isoleucina, leucina, lisina, cisteína, fenilalanina, tirosina, treonina, triptófano, valina, metionina e histidina), vitamina C y complejo B (Medina-Mendoza et al., 2023; SIAP, 2018).

2.1.6.4. Gusanos de maguey

En temporadas de lluvia, el maguey alberga dos tipos de gusanos: el gusano rojo y el gusano blanco, los cuales son considerados una plaga, pero ambos son comestibles y tienen un alto valor económico. En México el consumo de gusanos, se remonta desde la época prehispánica, ya que se utilizan para preparar platillos tradicionales de alto valor nutricional (Díaz, 2019). Los insectos comestibles pueden ser un elemento saludable, ya que ofrecen energía, grasa, proteínas, fibra y según el insecto, pueden ser una buena fuente de micronutrientes, como zinc, calcio y hierro (FAO, 2022). El gusano rojo del maguey, es una larva de un tipo de mariposa nocturnas o polilla que pertenecen a la especie *Lepidoptera* de la familia *Cossidae*. Su nombre proviene del náhuatl *chichitlic*, colorado y *oculin* gusano que significa “*chinicuil*”, Se alojan en las raíces del maguey, se alimentan de los tejidos de la planta, específicamente de las raíces y de los tallos, su mayor producción es en las temporadas de lluvia. En el estado de Hidalgo, se pueden encontrar los chinicuiles viviendo en los magueyes pulqueros los cuales son cultivados en diversas zonas de la región. Tienen un alto valor nutricional, ya que contienen sales, minerales, magnesio, calcio y proteína. Además, pueden proporcionar calorías de buena calidad (García et al., 2023). Los gusanos blancos de maguey, del náhuatl *metl*, maguey y *ocuilin*, gusano. Es una larva de mariposa que crecen en las hojas, pencas y las raíces de maguey. El gusano blanco pertenece a la orden *Lepidoptera* y a la familia *Megathymiidae*. Este gusano es muy demandado en México por ser un plato tradicional, refinado y único, su popularidad se debe por su alto valor nutricional, ya que es rico en proteína, grasa y minerales (calcio, magnesio y potasio) (Escamilla, 2019). Los gusanos blancos son recolectados en los meses de

agosto hasta octubre. Se sabe que se encuentran en las plantas debido a que las pencas de maguey se tornan de un color amarillo (Onofre et al., 2023).

2.2. Definición de metzal

El metzal, mechal o metsal, o Xímfi en Hñähñu, es un tejido vegetal o pulpa derivado de la piña del maguey pulquero, después de extraer el aguamiel, su nombre proviene del náhuatl de la etimología *metl*-maguey y *tzalli*-raspadura, que significa “raspadura de maguey” (Bravo, 2014). Este subproducto es de color blanco, de sabor dulce, textura rígida y fibrosa, pero estas características dependen del tipo de maguey.

2.2.1. Usos, propiedades y características del metzal

El metzal ha sido utilizado desde hace 400 años, específicamente en los pueblos donde se produce el maguey. En Hidalgo este ingrediente es usado en la cocina tradicional para elaborar tortillas conocidas como *metlaxcal*, su nombre proviene del náhuatl, *metl*-maguey y *tlaxcalli*-tortillas. En ocasiones era mezclado con nixtamal, cebada o trigo, con el fin de tener un mejor rendimiento y que las tortillas tengan mejor sabor y color (Bravo, 2014). También se ha empleado para elaborar platillos locales como, metzal a la mexicana, tamales o en ingrediente de pizza. Asimismo, se ha utilizado como alimento para los animales, como equinos, ovinos y caprinos. El metzal puede causar (engüichamiento) al entrar en contacto con la piel, lo que puede provocar dermatitis, por esta razón es recomendable protegerse con guates al manipularlo. Este subproducto se caracteriza por su alto nivel de humedad y por su color, que varía entre blanco o amarillo cremoso, dependiendo de la especie de maguey. De acuerdo al clima al que se encuentre puede o no oxidarse, lo que provoca que se torne de un color café o incluso llegue a fermentarse debido a su contenido de azúcares (Figueredo-Urbina et al., 2023). Sus características nutricionales siguen siendo desconocidas, ya que no se le ha dado la importancia necesaria para investigar los nutrientes que aporta.

2.3. Métodos de conservación de alimentos

La conservación de los alimentos se define como un conjunto de procedimientos y técnicas, aplicada en los alimentos para prevenir, preservar o retrasar la proliferación y contaminación de microorganismos, acción enzimática y desarrollo de gérmenes patógenos, provocados por el medio ambiente y por la alteración de los compuestos químicos (UnADM, 2023). A lo largo de la historia, el ser humano ha aprendiendo diversos métodos rudimentarios y sencillos para conservar alimentos, aprovechando las condiciones ambientales, tales como el oxígeno del aire, el sol y la humedad. Estos métodos incluyen la cocción, el encurtido, el ahumado, el secado, el salado, la congelación (en hábitos fríos) y la fermentación (Piqueras, 2016). Para llevar a cabo un método de conservación, es necesario seguir un procedimiento y hacer uso de los recursos adecuados para prolongar su

vida de anaquel, garantizando la conservación de sus propiedades nutrimentales y sus características organolépticas. Estos pasos implican:

- a) Eliminar. Los microorganismos y/o sus enzimas.
- b) Inhibir. El desarrollo de microorganismos que se encuentran en los alimentos.
- c) Inactivar o destruir. Los microorganismos y/o enzimas que causan alteraciones en los alimentos.
- d) Proteger. Utilizar envases que eviten la recontaminación y/o reduzcan factores de alteración mecánica, física o química (Henning et al., 2019).

En la actualidad, los gobiernos han implementado normas alimentarias para asegurar que la inocuidad de los alimentos, su calidad y el cumplimiento de etiquetado correcto. También funcionan para determinar los niveles máximos de aditivos y contaminantes, entre otros componentes, para asegurar la seguridad del alimento al consumirlo (OMS, 2023). El desarrollo agrícola, el comercio y la seguridad alimentaria son aspectos centrales de la FAO que invierte en el Codex Alimentarius. La OMC se ocupa de las normas del comercio internacional; en el Acuerdo MSF (Medidas Sanitarias y Fitosanitarias) y el Acuerdo OTC (Obstáculos Técnicos al Comercio) establecen que los gobiernos apliquen las normas internacionales para asegurar la inocuidad y la calidad de los productos alimenticios en el comercio internacional (FAO et al., 2018).

2.3.1. Escaldado

El escaldado es una operación unitaria que tiene como objetivo la inactivación enzimática. Es un tratamiento térmico aplicado en las frutas y hortalizas previo al secado, liofilización, congelación, freído, enlatado y pelado. Este tratamiento térmico consiste en sumergir a las verduras y frutas en agua caliente (lo más común), en vapor o en soluciones ácidas o salinas a punto de ebullición. Regularmente se aplica en temperaturas de 70 a 100°C y tiempos de 1 a 10 min depende de la fruta o hortaliza (Andrés et al., 2021). El escaldado con agua caliente es el método más utilizado comercialmente, ya que es de menor costo, es fácil de realizar y se tiene un mayor rendimiento (Gramajo, 2017). Además, reduce la carga microbiana y puede liberar compuestos como los carotenoides (obtener un mejor color), lo que incrementa la biodisponibilidad y, por tanto, su actividad antioxidante. Sin embargo, también pueden provocar inconvenientes si no se realiza correctamente, ya que cada verdura y fruta requieren diferentes tiempos y temperaturas según sus características. Estos inconvenientes incluyen el ablandamiento del tejido vegetal, pérdida de nutrientes como proteínas, minerales solubles en agua, vitaminas y azúcares (Pellegrini, 2017).

2.3.2. Secado

El secado o deshidratación es una de las técnicas más antiguas utilizadas para la conservación de alimentos. Consiste en eliminar la mayor cantidad de agua de los

alimentos, lo que impide el crecimiento microbiano y retrasa o inhibe la acción enzimática. El secado se ha implementado desde los inicios de la humanidad, ya que ayudaba a la supervivencia en épocas de escasez (Iglesias et al., 2018). Los alimentos se secaban directamente al sol, lo que causaba su deshidratación de forma natural. La operación de deshidratación reduce el volumen y peso del alimento, sin embargo, también puede haber cambios en el color, la textura y sabor. El secado al sol de las frutas, granos, vegetales, carnes y pescados, es barato y tienen un mejor sabor, pero también tiene varios inconvenientes como las condiciones ambientales, el proceso es largo, requiere de grandes espacios y puede tener ser contaminado por el polvo o insectos. En la actualidad, la industria utiliza una serie de equipos que someten a los alimentos a altas temperaturas para evaporar el agua, hasta que el producto alcanza una humedad inferior del 5% (Rodiles et al., 2020). La temperatura adecuada para realizar el secado de los alimentos varía entre los 40 y 60°C, aunque en algunos casos puede llegar hasta los 150°C, depende de la cantidad de humedad del alimento. Este proceso permite la elaboración de otros alimentos como harinas, dulces o frituras (Fito et al., 2016; Cabascango et al., 2018).

2.4. Definición de leche

La leche es la secreción mamaria natural de los animales mamíferos (Bovinos, ovinos, caprinos y otros animales) obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración ulterior. La leche proporciona nutrientes esenciales y es una fuente importante de energía alimentaria, proteínas de alta calidad y grasas (González, 2018).

2.5. Leche bovina

La leche de vaca ha sido uno de los productos más producidos durante muchos años debido a los nutrientes que aporta para sus consumidores, especialmente a la infantil y a adultos mayores. De acuerdo con la NOM-243-SSA1-2010, se denomina leche, únicamente al líquido que se obtiene de vacas sanas o de cualquier otra especie animal, aparte de que cuanta con características nutrimentales (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023). Su composición química depende de muchos factores, como la raza, su edad, la alimentación, el estado de lactancia en el que se encuentre, la época del año, la técnica y tiempos de ordeño, las condiciones fisiológicas e higiénicas y la medicación correcta (Araneda, 2022). La composición de la leche de vaca se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición química de la leche de vaca

Leche de vaca (%)	
Agua	87.1
Proteína	3.3
Grasa	3.9
Carbohidratos	5.0
Cenizas	0.7
Lactosa	4.8

Fuente: (Rodiles et al., 2022)

2.5.1. Producción de leche bovina

La leche bovina es la más consumida y producida a nivel mundial, ocupando el 81% de la producción lechera global. Las vacas son ideales para la obtención de leche, debido al gran tamaño de sus ubres, que les permite almacenar gran cantidad de leche, facilitando así su ordeño. Los principales productores a nivel mundial de leche de vaca de 2022 son los que se muestran en la Figura 3, donde México ocupa el noveno lugar (Gallegos-Daniel et al., 2023).

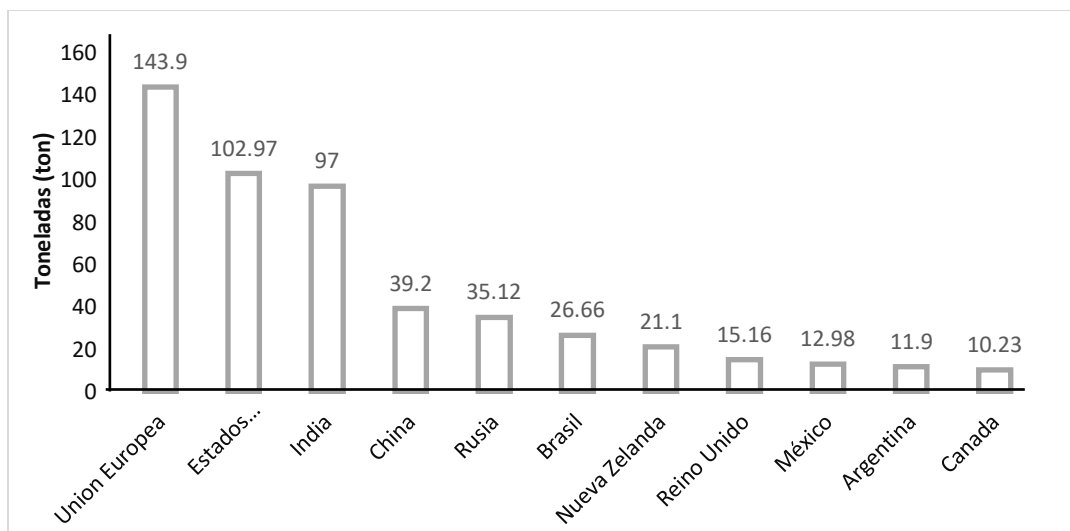


Figura 3. Producción de leche a nivel mundial (Gallegos-Daniel et al., 2023)

A finales del mes de agosto del 2023, se registró una producción en México de 8, 763 millones de litros de leche (en los últimos 5 años mantiene un crecimiento del 9%). Estimando que a finales del año se iba a producir un total de 13 mil 340

millones de litros (SAGARPA, 2023). En la Tabla 4 se muestra la producción de los cuatro estados más productores de leche en el año 2023.

Tabla 4. Producción de leche bovina a nivel estatal

Estado	Producción (L)
Jalisco	1, 817, 000, 000.00
Coahuila	1, 024, 000,000.00
Durango	1, 009, 000, 000.00
Chihuahua	840,000,000.00
Resto de los Estados	4, 071, 000, 000.00

Fuente: (SAGARPA, 2023)

En el año 2022, el estado de Hidalgo produjo 422.7 millones de litros de leche. Teniendo en cuenta que Tulancingo de Bravo se encuentra en el tercer lugar aportando 42.0 millones de litros de leche, proporcionando un 9.9% del total en el Estado de Hidalgo, junto con los municipios de Singuilucan, Santiago Tulantepec y Cuautepec de Hinojosa (Carbajal et al., 2023).

2.5.2. Producción de leche bovina de acuerdo a su raza

Al día de hoy existen muchas razas bovinas productoras de leche, las cuales han ido mejorando su alimentación para una mayor producción. Las mejores razas productoras son las que se encuentran en la Tabla 5.

Tabla 5. Producción de leche bovina de acuerdo a su raza

Raza	Producción (L/lactancia)
Holstein	10,000-12,000
Jersey	10,000
Normando	6,000-7,000
Pardo suizo	10,000-12,000
Ayrshire	8,500

Fuente: (Cuéllar, 2021; Giménez, 2016)

2.6. Definición de queso

Es queso es un producto derivado de la coagulación de las caseínas de la leche cruda o pasteurizada (entera, semidescremada y descremada). Este producto se ha elaborado desde la época prehispánica, de distintas especies mamíferas como: camellas, alces, vacas, cabras, ovejas, etc. El proceso de coagulación de la leche se puede llevar a cabo por dos métodos; por uso de la enzima renina o cuajo (Rodiles-López et al., 2023). Fisicoquímicamente, el queso se define como un

sistema tridimensional tipo gel, compuesto por la caseína integrada por una estructura de caseinato fosfato cálcico, el cual, por la coagulación, engloba la absorción de glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas y otras sustancias menores de la leche (Ramírez-López, 2012).

2.6.1. Composición fisicoquímica del queso fresco

El queso tiene alto nivel nutricional, debido a que sigue conservando gran cantidad de nutrientes que aporta la leche gracias a la coagulación. En la Tabla 6 se muestra la composición del queso fresco.

Tabla 6. Composición fisicoquímica de los quesos frescos

Parámetros	Valor %
Humedad	42.71 - 66.66
Materia seca	1.68 - 3.38
Cenizas	2.65 - 5.24
Grasas	12 - 32
Proteína	16.81 - 26.62
NaCl	0.29 - 1.44
pH	4.84 - 6.07

Fuente: (Díaz et al., 2017)

2.6.2. Características microbiológicas del queso fresco

El queso es uno de los alimentos más consumidos en el mundo, siendo esencial para muchos hogares. Debido a sus características sensoriales, su valor nutricional y su textura. Existen tres tipos principales de quesos: maduros, semi-maduros y frescos, con un estimado de alrededor de 2,000 variedades diferentes (Soria, 2020). Los quesos frescos, se caracterizan por su alto contenido de humedad, sabor y textura suave, por no tener corteza, se le pueden adicionar o no ingredientes opcionales y tienen un periodo de vida corto, lo que requiere condiciones de refrigeración. En la Tabla 7 se observan los valores límites de microorganismos establecidos por la NOM Oficial Mexicana (NOM-243-SSA1-2010), para los quesos frescos.

Tabla 7. Valor límite de cada microorganismo presente en los quesos frescos

Microorganismos	Queso frescos
Coliformes Totales (NMP/g)	N/A
Coliformes Fecales (NMP/g)	<100
<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	<1000
<i>Salmonella spp</i>	Ausente
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	<100
<i>Listeria monocytogenes</i>	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausente
<i>Enterotoxina estafilococcica</i>	Ausente
Toxina botulínica	Ausente
Mohos y Levaduras (UFC/g)	<500
Bacterias Mesófilos Aerobios (UFC/g)	<1000

NMP: Numero Más Probable, **UFC:** Unidades Formadoras de Colonias, **NA:** No existe valor límite para este indicador (NOM-243-SSA1-2010; NOM-121-SSA1-1994)

2.6.3. Algunos tipos de quesos frescos en México

Los quesos frescos son aquellos que se consumen a pocos días después de su elaboración, se diferencian por su textura suave y blanda, tienen un porcentaje de humedad entre el 40 al 55% (Rodiles-López et al., 2023). Los más comunes se mencionan a continuación:

- **Queso fresco mexicano.** Es un queso obtenido por coagulación con cuajo, elaborado con leche descremada o semidescremada. Tiene un ligero sabor lácteo, pero también es un poco dulce y salado. En su proceso de elaboración, la cuajada se suele moler finamente antes de la salazón, lo que hace que el queso sea desmenuzable. Contiene una humedad entre 46-57%, 18-29% de grasa, 17- 21% de proteína, sal de 1-3% y un pH>6.1 (Ramírez-López et al., 2012).
- **Queso blanco.** Es un queso cremoso y blanco elaborado con leche descremada, se elabora con cultivos y cuajo, por lo que tiene un sabor ligeramente ácido. La cuajada no se muele, por lo que el queso adquiere una textura más dura. Contiene 51-53% de humedad, 19-25% de grasa, 20-22% de proteína, 1.8-3% de sal y tiene un pH≤5.6 (Ramírez-López et al., 2012).
- **Queso panela.** La NMX-F-742-COFOCALEC-2012 define al queso panela como un producto elaborado a partir de la cuajada proveniente de la leche

fresca o en polvo, entera, parcialmente descremada, estandarizada o no, sometida a un tratamiento térmico que garantice su inocuidad, a la cual se le puede adicionar cloruro de calcio, cuajo y/o cultivos de bacterias lácticas. Contiene alrededor de 53-58% de humedad, 19-25% de grasas, 18-20% de proteínas, 1.3-1.8% de sal y un pH de 5.6 a 6.4 (Terrero, 2022).

- **Queso Oaxaca.** La NMX-F-733-COFOCALEC-2010 lo define como el producto elaborado a partir de la cuajada proveniente de leche fresca o en polvo, entera o parcialmente descremada, sometida a tratamiento térmico que asegure su inocuidad, a la cual se le puede adicionar cloruro de calcio, cuajo, cultivos lácticos. El queso Oaxaca es el queso fresco de “pasta hilada”, contiene aproximadamente de 40-46% de humedad, 23% de grasas y 24% de proteína, con un pH entre 5.0 a 5.5 (Aceves, 2013).
- **Requesón.** Es un queso blando, que tiene un sabor ligeramente salado y textura granulada, similar al queso Ricotta. Se fabrica a partir del lactosuero derivado de los quesos para después adicionarle ácido cítrico. El suero de leche/leche se calienta a 90-93°C, para que se coagule las proteínas de la leche, añadiendo por último la sal para su condimentación. El queso terminado contiene alrededor de 75% de humedad. Es fabricado en la industria con el fin de aprovechar los nutrientes que se quedan en el suero (Mazorra et al., 2019).

2.6.4. Quesos frescos y su fabricación

En México los quesos son considerados como patrimonio cultural en la gastronomía nacional, por sus características nutritivas, su sabor, aroma y textura que dependen de la materia prima y los procesos empleados para su fabricación. En el sistema agroalimentario mexicano, la producción (leche/queso) contribuye al desarrollo económico regional, generando empleos y aportando un valor agregado a la cadena productiva agroindustrial. Los quesos frescos más producidos en México son el doble crema, panela, cotija, oaxaca, asadero, chihuahua y adobera (CONAHCYT, 2023). Para la elaboración de los quesos frescos, existen diversas técnicas (Díaz, 2021), pero en general, los principales pasos son los siguientes:

- a) **Recepción y pasteurización.** La materia prima es analizada para determinar su uso adecuado, según sus características óptimas. De acuerdo a la NOM-243-SSA1-2010, generalmente se lleva a cabo una pasteurización (63°C por 30 min), para después enfriarla hasta 36 a 38°C.
- b) **Coagulación.** Se añade cloruro de calcio (15 mL/100L de leche) para favorecer la formación de la cuajada. Se agrega el cuajo (10 mL/100 mL de leche), la enzima que provoca la coagulación de la leche se desarrolla en dos etapas: en la primera (proceso enzimático), se produce la hidrólisis de la k-caseína, donde específicamente se rompe el enlace químico entre los

aminoácidos, fenilalanina y metionina, que genera dos compuestos, la paracaseína y el macro péptido, que ocasiona la desestabilización de las otras caseínas, alfas y beta. En la segunda etapa se forma coágulo por la acción del calcio sobre las caseínas.

- c) Cortado de la cuajada. El coágulo se corta longitudinal y transversalmente con una lira de acero inoxidable, en cubos de aproximadamente de 1 cm x 1 cm. Después se lleva a cabo una agitación (15 min a 36°C) para fortalecer la cuajada.
- d) Desuerado. Al 50% de su volumen original, se le adicionar sal (concentración del 1.5%) para mejorar el sabor.
- e) Moldeado. Finalmente, el queso se coloca en moldes.
- f) Prensado. Los moldes se someten a presión para continuar con el desuerado, hasta llegar a la humedad deseada, y darle la forma adecuada.

2.7. Textura de los quesos

La textura se define como los atributos de los alimentos resultantes de la combinación de propiedades físicas y de las que son percibidas por los órganos sensoriales, aplicando un tipo de fuerza para determinar los valores, este factor es crucial para la selección y preferencia de los alimentos. Además, la textura es reconocida como el principal atributo de su calidad (Castro et al., 2014). La industria alimentaria busca ofrecer productos que mantengan sus propiedades originales para garantizar la aceptación de los consumidores (Villalobos et al., 2021). Para determinar la textura de un alimento, la muestra se comete a una prueba de doble compresión de 80 a 90% de su altura inicial, lo que casi siempre resulta la ruptura del alimento. Los principales parámetros del análisis de perfil son: fractura, dureza, cohesión, adhesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad (Osorio et al., 2004). A través de esta propiedad el consumidor puede identificar y juzga el tipo de queso. Los quesos frescos son productos que se caracterizan por su alto contenido de humedad, lo que causa que tengan una textura suave, cremosa, semicremosa o descremada. Estas características hacen que los quesos frescos no tengan corteza y que su sabor sea dulce. También presentan una consistencia suave, debido a que no pasan por un proceso de maduración, lo que da como resultado a que sean frescos y suaves al paladar (López, 2010; Guzmán et al., 2015).

2.8. Análisis sensorial de los quesos

El análisis sensorial o evaluación sensorial es la forma más antigua de comprobar la calidad de los productos queseros, evaluando sus propiedades organolépticas del producto por medio de los sentidos (vista, olfato, tacto, gusto y oído), órganos que disponen los seres humanos para percibir y detectar el tipo de queso (Fresno et al., 2007). Con la vista, puedes observar sus características externas e internas del queso: su forma, su color, su corteza, su tamaño, entre otros detalles. El olfato

te permite percibir su olor, mientras que el tacto te ayuda a determinar su textura y consistencia. Los sabores (gusto) y el sonido (oído) se determinan y se emiten durante la masticación del queso (Milk, 2022). Los quesos frescos se destacan por su pasta blanda, su color (blanco o amarillo cremoso) varía según la leche utilizada. Tienen una textura suave y húmeda, con una estructura plástica y poco firme. Su olor es de leche y a bacterias lácticas, provoca un sonido leve, ya que son poco adheribles. El queso panela es de color blanco, con forma de tronco, adquiere la estructura del molde utilizado en su elaboración. Su textura es delicada y agradable, es suave, cremoso y húmedo. Su sabor es fresco, con notas de leche y un bajo contenido de sal (Ochoa-Flores et al., 2013). En la actualidad la industria quesera se enfoca en desarrollar, modificar y mejorar el queso, mediante análisis sensoriales. Estos análisis permiten asegurar la calidad, mejorar los atributos y prolongar la vida de anaquel, para satisfacer las necesidades del consumidor, garantizando que encuentren quesos de buena calidad con excelentes características organolépticas (Quiroja, 2020).

3. Planteamiento del problema

El Estado de Hidalgo se destaca como uno de los principales productores de maguey pulquero, una planta utilizada para obtener aguamiel. Dado que el maguey es una de las materias primas más aprovechada en la gastronomía y para elaborar productos (escobas, cepillos, jabón para ropa, etc). Se busca aprovechar otro subproducto, conocido como metzal, el cual se obtiene de la piña o charola del maguey al extraer el aguamiel. El metzal a lo largo de los años se ha utilizado principalmente para la alimentación de animales rumiantes y en pocas ocasiones para elaborar platillos. La intención fue utilizar este subproducto para darle un valor agregado elaborando una harina que pueda ser utilizada como ingrediente para la fabricación de un queso tipo panela. En vista de que el queso es un producto que se fabrica en todo el mundo, principalmente por su valor nutricional, se espera que al adicionarle la harina de metzal como ingrediente, mejore las propiedades fisicoquímicas del queso.

4. Justificación

El metzal es un subproducto derivado de la piña del maguey obtenido después de extraer el aguamiel. En Hidalgo este subproducto ha sido utilizado para la alimentación de animales rumiantes, pero también en la cocina tradicional para la elaboración de tortillas y algún otro platillo. Actualmente, se le pide a la industria alimentaria crear productos innovadores y saludables que aporten nutrientes al consumidor. Se han elaborado harinas vegetales con el propósito de adicionarla en otros productos (cárnicos, lácteos o en bebidas). En el mercado existen productos lácteos como quesos y yogurt elaborados a base de cereales, oleaginosas y legumbres como avena, soya, arroz, almendra y coco, con el objetivo de mejorar su valor nutricional. Los productos lácteos son ricos en proteínas, lípidos, minerales y cenizas, pero algunos carecen de fibra. Considerando las características organolépticas de metzal, en este trabajo de investigación se realizó una harina, con el fin de implementarla en quesos tipo panela elaborados con leche bovina y conocer sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Debido a que el queso panela es un producto con alto % de proteínas, lípidos, carbohidratos, y cenizas, con excepción de fibra.

5. Objetivo general

Desarrollar una harina a partir del metzal, con el fin de emplearla como ingrediente en la elaboración de quesos tipo panela utilizando leche bovina.

5.1. Objetivos específicos

- Elaborar harinas de metzal, sometiéndolo a diferentes temperaturas (70, 80 y 90°C) y tiempos (3, 5 y 10 min) de escaldado y secado (80, 100 y 120°C), con el fin de aprovechar este subproducto para futuros usos alimentarios.
- Realizar análisis químico-proximal, fisicoquímicos, fitoquímicos y microbiológicos de la harina de metzal, para determinar sus beneficios nutricionales y composición química.
- Realizar análisis químico-proximal, fisicoquímico, análisis de perfil de textura (APT) y microbiológicos a quesos tipo panela elaborados con leche bovina y harina de metzal a diferentes concentraciones (0, 0.1, 0.3 y 0.5%).
- Elaborar un análisis sensorial de los quesos tipo panela con harina de metzal a diferentes concentraciones, con el fin de conocer el nivel de agrado de cada queso por parte de los jueces consumidores.

6. Hipótesis

La adición de harina de metzal en quesos frescos tipo panela, elaborados con leche bovina, mejorara su rendimiento, sus características nutrimentales, fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

7. Materiales y Métodos

7.1. Obtención del metzal

El metzal fue obtenido del maguey manso (*Agave salmiana*) del “Rancho la Gaspareña”, ubicado en Singuilucan, Hidalgo, México., en las coordenadas: longitud (dec); -98.502500 y latitud (dec); 19.969722. Fue recolectado de un total de 15 magueyes, obteniendo una muestra de 4.121 kg. Se trasladó en una hielera a una temperatura de 4°C, al Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp) al laboratorio de nutrición animal.

7.2. Elaboración de harina de metzal

7.2.1. Secado de metzal

Para la elaboración de harina se realizaron pruebas de secado, utilizando 100 g de muestra colocándolo en papel aluminio con medidas de 22 x 24 cm, las cuales se secaron a 40, 60, 80, 100 y 120°C en un horno de secado (TERLAB) (Brousse et al., 2019; Cabascango et al., 2018). El metzal seco se molió en un molino convencional de café. Con base a los resultados obtenidos del color, pH, compuestos fitoquímicos y por el tiempo de secado, se realizaron las curvas a temperaturas de 80, 100 y 120°C. La muestra se pesaba en intervalos de 10 min, hasta alcanzar la deshidratación total (Chaparro et al., 2011). Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad} = \frac{\text{Peso de H}_2\text{O}}{\text{Peso del sólido seco}}$$

7.2.2. Escaldado y secado de metzal

El metzal se sometió a un proceso de escaldado, utilizaron 100 g de muestra, los cuales se sumergieron en agua caliente a temperaturas de 70, 80 y 90°C, por tiempos de 3, 5 y 10 min (Andrés et al., 2021), seguido de un secado a 80 y 100°C. Con base a esto, 1.8 kg de muestra se escaldó y seco, para después ser molido y colocado en una bolsa ziploc. Por último, se realizó el pesado de la harina obtenida.

7.3. Determinación de rendimiento de la harina

Para determinar el rendimiento de la harina de metzal, se considera el peso del metzal fresco y el peso final de la harina obtenida (García et al., 2012). El rendimiento de la harina de se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento de harina (\%)} = \frac{\text{Peso de la harina}}{\text{Peso del metzal fresco}} * 100$$

7.4. Determinación de compuestos fitoquímico

Se realizó un extracto acuoso de la harina de metzal con una concentración del 10% (p/v), es decir 1 g de harina de se disolvió en 10 mL de agua destilada. El análisis se realizó por triplicado, mediante el tamizaje fisicoquímico usando las reacciones de color de acuerdo a los protocolos descritos por Ramman (2006). En cada uno de los tubos de ensayo se agregó 1 mL de la solución, dejando el primero como muestra base para determinar los cambios de color. Para identificar la presencia de compuestos fitoquímicos se realizó lo siguiente:

7.4.1 Alcaloides

Para determinar la presencia de alcaloides, al tubo se le agregó 1 mL de extracto y 3 gotas de reactivo Mayer al extracto. La presencia de alcaloides se reflejaba si se precipitaba de color blanco.

7.4.2 Insaturaciones

Las insaturaciones se determinaron colocando en un tubo de ensayo 1 mL de extracto y 3 gotas de solución de permanganato de potasio (KMnO_4) al 2%. Su aparición se determina si hay una decoloración o la formación de un color café intenso.

7.4.3 Oxidrilos fenólicos

Los oxidrilos fenólicos se determinan, colocando 1 mL de extracto a un tubo de ensayo, adicionando 3 gotas de cloruro de hierro (FeCl_3) al 5%. La prueba es positiva si hay aparición de un color rojo precipitado, azul violeta o verde.

7.4.4 Sesquiterpenlactonas

Para determinar sesquiterpenlactonas, se realizó una solución de ácido pícrico ($\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$) en etanol al 1% y una solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 10%, para posteriormente realizar una mezcla de estas dos soluciones en volúmenes iguales. Al tubo de ensayo se le adiciono 1 mL de extracto y 4 gotas de la mezcla, si aparece un color naranja o rojo oscuro hay presencia de sesquiterpenlactonas.

7.4.5 Flavonoides

Al tubo de ensayo se le coloco 1 mL de extracto y 1 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. La aparición de flavonas y flavonoles (color amarillo), flavonas (color naranja-guinda), chalconas de (rojo-azuloso) y para quininas (color rojo-purpura).

7.4.6 Saponinas

Para detectar la presencia de saponinas, se realizó por dos tipos de pruebas:

Prueba Salkowski; En un tubo de ensayo con 1 mL de muestra, se le adicionó 1 mL de cloroformo (CHCl_3) y 1 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4), es positivo si se observaba un color amarillo o café rojizo.

Prueba Shinona; En un tubo de ensayo con 1 mL de muestra, se le agrego una pizca de limaduras de magnesio y gotas de ácido clorhídrico (HCl), la prueba es positiva si muestra un color naranja, rojo, rosa, rosa-azul o violeta.

7.4.7 Cumarinas

La presencia de cumarinas se determinó colocando en un tubo de ensayo 1 mL de muestra y 1 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 10%, es positiva si se presenta una coloración amarilla que desaparece al agregar 1 mL de ácido clorhídrico (HCl).

7.4.8 Esteroles

En la prueba de esteroles, al tubo de ensayo con 1 mL de extracto, se le adicionó un 1 mL de cloroformo (CHCl_3). A esta mezcla se le agrego 1 mL de anhídrido acético ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_3$) y 1 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4). La prueba es positiva si aparecía un anillo azul-verde.

7.4.9 Taninos

La prueba de tanino se determinó colocando en un tubo de ensayo 1 mL de extracto, se le adiciono 2 mL de agua destilada y gotas de cloruro de hierro (FeCl_3) al 0.1%. La aparición de un color verde-azul indica la presencia de catequinas y de color azul-negro son de taninos gálicos.

7.5. Determinación de azúcares reductores totales y directos por DNS

La determinación de azúcares reductores y no reductores permite conocer la intolerancia a la lactosa y a la sacarosa (Moreano, 2015). Existen varios métodos para cuantificar azúcares reductores; sin embargo, el método utilizado es el DNS. Esta técnica colorimétrica, que va de amarillo a naranja, se basa en la reacción del ácido 3,5 dinitrosalicílico con los azúcares reductores presentes en la muestra. Para el cálculo de azúcares reductores totales se preparó el reactivo DNS y se realizó una curva patrón a partir de la glucosa al 0.2% (2 g en 1000 mL de agua destilada). La determinación de azúcares reductores totales se realizó para la harina de metzal (por triplicado) utilizando 1 g de esta muestra, las cuales se colocaron en tubos de ensayo con 10 mL de agua destilada, agitando la solución con ayuda de un vortex (SCIENTIFIC INDUSTRIES). Se tomaron 500 μL de la solución previamente preparada, la cual se colocó en tubos de ensayo, agregando 2.6 mL de agua destilada y 300 μL de ácido clorhídrico (HCl) al 5%, agitando la mezcla con ayuda de un vortex. Los tubos se calentaron a baño María a 60°C por 30 min, se enfriaron en agua con hielo y se ajustó el pH entre 6 a 8 con una solución del KOH (3N), para después aforarlos a 15 mL. De esta muestra hidrolizada se tomaron 500 μL , para

colocarla en tubos de ensayo y se le añadió 500 µL de DNS (Anexo I), para calentarlos hasta su ebullición por 5 min, se enfriaron rápidamente en agua con hielos y se agregaron 5 mL de agua destilada. La mezcla se homogenizó perfectamente para poder realizar la lectura en un espectrómetro (VARIAN) a 540nm. Mientras que para los azúcares reductores directos se tomaron 500 µL, para después colocarlos en tubos de ensayo, adicionándoles 500µLde DNS. Estos tubos fueron calentados a baño María (100°C) por 5 min, posteriormente se enfriaron en agua con hielo para detener la reacción, finalmente se le agregaron 5 mL de agua destilada y agitaron hasta obtener una muestra homogénea. La lectura se realizó con un espectrofotómetro (marca VARIAN modelo Cary) a 540nm (Alcocer, 2018).

7.6. Determinación de capacidad de retención de agua (CRAg)

Este análisis se realiza para determinar calidad y capacidad para formar una masa viscosa-elástica, la cual es fundamental en la industria de los alimentos ya que puede determinar sus propiedades funcionales. Para esta prueba, los tubos de ensayo con tapa fueron previamente pesados. Luego, se añadió 1 g de harina de metzal a cada tubo, para después adicionarles 10 mL de agua destilada. La mezcla se agitó durante 1 min con ayuda del vortex (SCIENTIFIC INDUSTRIES). En una centrifuga marca ARTILAB a temperatura ambiente se centrifugaron a 2,000rpm durante 30 min. Se retiró el agua destilada sobrenadante y se pesaron los tubos de ensayo con la muestra. Los resultados se expresaron en gramos de agua por gramos de muestra (Vásquez-Lara et al., 2021). Para el cálculo, se aplicó la siguiente formula:

$$CRAg: \frac{\text{Peso final} - \text{peso inicial}}{\text{Peso inicial}}$$

7.7. Determinación de capacidad de retención de aceite (CRAc)

La capacidad de retención de aceite (CRAc) se determina para conocer la interacción entre los lípidos y la cadena lateral no polar de los aminoácidos presentes en la harina (Villar, 2021). Los tubos de ensayo con tapa fueron previamente pesados, para después agregarles 1 g de harina de metzal, posteriormente se le adiciono 10 mL de aceite de cártamo. La solución se mezcló por 5 min con ayuda del vortex (SCIENTIFIC INDUSTRIES) y se dejó reposar por 30 min. Se centrifugo (ARTILAB) a temperatura ambiente por 30 min a 3,000 rpm. Por último, se retiró el sobrenadante y se pesaron los tubos con la muestra. Los resultados son obtenidos por diferencia de peso (g de aceite/g de muestra) (Ruiz-Garza et al., 2017). El cálculo se realizó con la siguiente formula:

$$CRAc: \frac{\text{Peso final} - \text{peso inicial}}{\text{Peso inicial}}$$

7.8. Análisis de la leche bovina

El análisis de la leche se llevó a cabo en el equipo D-LACTOESCAN TYPE MCC, donde se determinaron los parámetros de grasa, densidad, lactosa, sólidos no grasos, proteína, lactosa, agua añadida y pH (milkplan, 2022).

7.9. Elaboración de queso tipo panela con harina de metzal

Para la elaboración de queso tipo panela la leche bovina (raza Holstein) se adquirió de la empresa Prounilac ubicado en el Instituto de Ciencias Agropecuarias ubicado en Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. La leche fue pasteurizada a 60°C por 30 min, después se dejó enfriar hasta 38°C y se le adiciono cloruro de calcio (20 g/100L de leche) y harina de metzal a diferentes concentraciones, como lo indica la Tabla 8, agitando hasta lograr una mezcla homogénea y proceder al proceso de coagulación, añadiendo 10 mL de cuajo/100L de leche, homogenizando perfectamente y dejándola en reposo hasta la floculación, posteriormente fue cortada la cuajada con liras de acero inoxidable vertical y horizontalmente hasta obtener cubos de 1 cm x 1 cm aproximadamente, se realizó una agitación suave por 20 min a una temperatura de 40°C, después se desuero (3/4 partes del suero total) y se adiciono sal (600 g/100 L) hasta que quedo totalmente mezclado. Finalmente se moldeo, preno y pesó el queso, para luego ser empacado al vacío (Díaz, 2021). Se realizaron un total de 20 quesos, 5 por cada tratamiento.

Tabla 8. Formulaciones de queso tipo panela con harina de metzal

Formulaciones	% Harina de metzal
C (control)	0
T1	0.1
T2	0.3
T3	0.5

7.10. Determinación de rendimiento de los quesos

La determinación del porcentaje del rendimiento de quesos, se aplicó para todos los tratamientos (C:0%, T1: 0.1%, T2:0.3%, T3:0.5%). Los datos considerados son los litros de leche utilizados y el peso del queso obtenido (García-Vergara et al., 2023). El rendimiento de los quesos, se calculó con la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento del queso (\%)} = \frac{\text{Peso del queso obtenido}}{\text{Peso de la leche procesada}} * 100$$

7.11. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó utilizando 3 medios de cultivos: cultivo estándar (Mesófilos aerobios), agar de dextrosa de papa (hongos y levaduras) y Mac Conkey (coliformes). Esta determinación se llevó a cabo para la harina de metzal y los quesos con diferentes concentraciones de harina de metzal (C:0%, T1: 0.1%, T2:0.3%, T3:0.5%). Se prepararon los medios de cultivo pesando las cantidades adecuadas para cada tipo de agar. Después a cada agar se colocó en matraces Erlenmeyer de una capacidad de 1000 mL, donde se les adiciono 500 mL de agua destilada, se calentaron con agitación, hasta la disolución completa. Los cultivos y los tubos con 4.5 mL de agua peptonada, se esterilizaron en la autoclave (121°C por 15 min), para que después en 26 cajas pretri (por cada cultivo) se les vertieran 15 mL, después se incubaron a 28°C por 24 h para asegurar su estabilidad. En tubos de ensayo con los 15 mL de agua peptonada, se les adiciono 0.5 g de muestra, por cada tratamiento (C, T1, T2 y T3). El área donde se llevó a cabo la siembra se desinfecto correctamente. Para el cultivo estándar y Mac Conkey se sembraron disoluciones de -3 y -5 (0.5 g de muestra más 4.5 mL de agua peptonada), mientras que para PDA fueron disoluciones de -1, -2 y -3 (0.5 g de muestra más 4.5 mL de agua peptonada). Las placas se incubaron a 28°C y se realizó el conteo manual de las colonias formadas después de 24, 48 y 72 h de incubación (COFEPRIS, 2022).

7.12. Análisis fisicoquímico

Los análisis fisicoquímicos se realizaron por triplicado en las materias primas: metzal fresco, harina de metzal, leche bovina, quesos con diferentes tratamientos (0.1%, T2:0.3%, T3:0.5%) y sueros.

7.12.1. Determinación de color

Las mediciones de color se realizaron a cada muestra (metzal fresco, la harina de metzal, leche, los quesos y el suero de cada tratamiento), con la ayuda de un colorímetro marca LINSHANG. Las muestras fueron colocadas en cápsulas para realizar la lectura; la leche y sueros se colocaron en un tubo de ensayo, con fondo blanco para realizar la lectura (Valdés-Retrepo et al., 2023).

Se midieron los parámetros de L^* , a^* y b^*

Donde:

L^* : es luminosidad

a^* : verde a rojo

b^* : azul a amarillo

7.12.2. Determinación de pH

El pH se determinó con un potenciómetro (HANNA) previamente calibrado con dos puntos de referencia (pH 4 y 7). En vasos de precipitado se disolvió 10 g de muestra (metzal fresco, harina de metzal y los quesos con diferentes tratamientos) con 10 mL de agua destilada para posteriormente realizar la lectura de pH. En las muestras de leche y sueros se colocaron 25 mL en un vaso de precipitado y se tomó la lectura de forma directa (Méndez, 2020).

7.12.3. Determinación de Aw de los quesos

Esta determinación se llevó a cabo en el equipo de AQUALAB Series 3. Se colocaron 5 g de cada muestra de queso con diferentes tratamientos (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%), en capsulas de plástico, para después introducir las en el equipo y realizar la lectura, a una temperatura de $\pm 23^{\circ}\text{C}$. La prueba se realizó por triplicado para cada muestra (Cardona, 2019).

7.12.4. Determinación de acidez titulable

En la determinación de acidez, los resultados fueron expresados en porcentaje de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) para la harina de metzal y ácido láctico ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) para la leche bovina, los quesos con diferentes tratamientos (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%) y los sueros. Se utilizaron 5 g de cada muestra y se colocaron en un matraz Erlenmeyer para después adicionarles 20 mL de agua destilada. Posteriormente se les añadió 5 gotas de fenolftaleína ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$) al 1%, como indicador. La solución se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1N. En el caso de la leche y suero se utilizaron 9 mL de muestra, sin adicionarles agua destilada (AOAC, 2000); 942.15.

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{(A * B * C)}{D} * 100$$

Donde:

A: mL de hidróxido de sodio (NaOH) utilizado en la titulación

B: normalidad del hidróxido de sodio (NaOH)

C: peso equivalente expresado en g de ácido predominante

D: peso en gramos de la muestra utilizada.

7.13. Análisis químico-proximal

Los análisis químicos proximales se realizaron por triplicado en las materias primas (metzal fresco, harina de metzal y leche bovina), en los quesos elaborados con los diferentes tratamientos (C:0%, T1: 0.1%, T2:0.3%, T3:0.5%) y de los sueros.

7.13.1. Determinación de humedad

La determinación de humedad se realizó por el método de secado por estufa. Se pesaron 5 g de las muestras (metzal fresco, harina de metzal, leche bovina y los quesos con los diferentes tratamientos y de los sueros) en cápsulas a peso constante. Las muestras fueron secadas en una estufa (TERLAB) a una temperatura de 120°C durante 4h y/o hasta su peso constante, luego se retiraron y se dejaron enfriar en un desecador por 30 min. Finalmente se pesaron para obtener su peso final (AOAC, 2012); 925.09. Los resultados se calcularon de acuerdo a la siguiente formula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{B - A}{PM} * 100$$

Donde:

B: peso de la capsula con la muestra

A: peso de la capsula con la muestra seca

PM: peso de la muestra

7.13.2. Determinación de cenizas totales

Se aplicó el método gravimétrico, el cual consiste en pesar 5 g de las muestras en crisoles a peso constante. Se llevó a cabo una calcinación y después se incineraron en una mufla (TERLAB) durante 4h a 550°C. Los crisoles se dejan enfriar en un desecador, para posteriormente ser pesados (AOAC, 2009); 923.03. Los resultados se calcularon de acuerdo a la siguiente formula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{B - A}{PM} * 100$$

Donde:

B: peso del crisol con cenizas

A: peso del crisol

PM: peso de la muestra

7.13.3. Determinación de grasa

La extracción de los lípidos totales se realizó por el método Goldfish, el cual consiste en colocar las muestras secas en cartuchos de celulosa. Esta determinación se realizó a las muestras de metzal fresco y harina. En los vasos BUCHI se les agregó 100 mL de éter de petróleo (aproximadamente), después se les colocó los cartuchos (tapados con un pedazo de algodón) en los vasos para colocarlos en el equipo de

extracción de grasa (BUCHI). El equipo se programó para realizar 3 h de extracción, 30 min de lavado y 30 min de secado, por último, se pesaron los vasos. En el caso de los quesos panela y del suero, el porcentaje de grasa se realizó por el método Gerber. Para los quesos, se pesaron 3 g de muestras, los cuales se molieron y se colocaron en un butirómetro Van Gulik. A estos se les adiciono 15 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) con una densidad de 1.522 g/mL. En el caso de los sueros se añaden 10 mL de suero a los butirómetros y se les agrega ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 1.118 g/mL. Posteriormente las muestras se colocaron a baño María hasta su total digestión para después añadirle 1 mL de alcohol isoamílico. Los butirómetros se centrifugan (GERBER INSTRUMENTS) por 10 min y finalmente, se sometieron nuevamente a baño María por 5 min (AOAC, 2010); 920.39. Se toma la lectura de forma directa del butirometro, los resultados del metzal fresco y harina, se calcularon con la siguiente formula:

$$\% \text{ de lípidos: } \frac{B - A}{PM} * 100$$

Donde:

B: peso del vaso con grasa

A: peso del vaso

PM: peso de la muestra

7.13.4. Determinación de fibra cruda

Para llevar a cabo la determinación de fibra se utilizó un extractor de fibra (LABCONCO), donde la muestra debe de estar previamente seca y sin grasa. Esta determinación se realizó a las muestras de metzal fresco, la harina y los quesos a diferentes tratamientos. Las muestras se retiraron de los cartuchos de celulosa con ayuda de unas pinzas, para colocarlos en los vasos Berzelius, agregándoles 200 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0.225N, previamente caliente. Los vasos se pusieron en el equipo de extractor de fibra y se dejaron hervir durante 30 min. Se filtró el residuo en embudos con tela y se enjuagaron con agua destilada caliente hasta obtener un pH neutro. El residuo se colocó en los vasos Berzelius, a los cuales se les adicionaron 200 mL de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.313N, previamente caliente. Los vasos se situaron nuevamente al equipo y se dejaron hervir por 30 min, posteriormente se realizó una filtración y se añadieron 25 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0.225N caliente junto con 150 mL de agua destilada caliente. Por último, se añadió 25 mL de alcohol, el residuo se retiró de la tela con ayuda de una espátula y se colocaron en crisoles. Se pusieron en la estufa (TERLAB) por 2 h a 120°C, se dejaron enfriar para posteriormente pesarlos. Las muestras se colocaron en una mufla (TERLAB) por 30 min a 530°C, se enfriaron en un desecador y se pesaron

(AOAC, 2010); 962.09. Para calcular el porcentaje de fibra se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Fibra cruda} = \frac{(\text{Peso del crisol con la muestra seca} - \text{Peso del crisol con la muestra calcinada})}{\text{Peso real de la muestra}} * 100$$

7.13.5. Determinación de proteína

La determinación de proteína se realizó por el método Micro-Kjeldahl, para ello se pesó 0.5 g de muestra (metzal fresco, harina, quesos con los diferentes tratamiento y sueros) en papel libre de nitrógeno. Las muestras se colocaron en un matraz Kjeldahl a los cuales se les añadieron 20 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado y una pastilla digestora. Los matraces se colocaron en el digestor de Kjeldahl hasta que el nitrógeno orgánico se convierta en ion amonio, es decir, hasta que la solución se volviera transparente. Se dejaron enfriar los matraces, para adicionarles 20 mL de agua destilada. En el tubo refrigerante se colocó el matraz Erlenmeyer con 50 mL de ácido butírico (C₄H₈O₂) al 2% y se les adicionaron 2 gotas de rojo de metilo. Se procedió a realizar la destilación en un destilador (BUCHI), para después llevar a cabo una titulación con ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 0.1N (AOAC, 2019); 920.123. Los resultados se calcularon con la siguiente fórmula:

$$\%N = \frac{(\text{mL problema de H}_2\text{SO}_4 \text{ gastados} - \text{mL blanco H}_2\text{SO}_4 \text{ gastados})(N \text{ del H}_2\text{SO}_4 (\text{meq N}))}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Proteina} = (\%N)(6.25)$$

El factor de corrección del queso es de 6.38

7.13.6. Determinación de cloruros totales

En el queso los cloruros se determinan con el objetivo de saber la cantidad de sal del queso y correlacionarla con el sabor salado o el rendimiento. Esta determinación se realizó por triplicado, pesando 2 g de las muestras de queso con los diferentes tratamientos (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%), los cuales se molieron y se colocaron en matraces Erlenmeyer. A estos se les añadió 25 mL de nitrato de plata (AgNO₃) al 0.1N y ácido nítrico (HNO₃) al 70%, mezclando bien los componentes. El matraz se colocó en una parrilla de calentamiento (STABLETEMP), hasta su ebullición, se adiciono 10 mL de permanganato de potasio (KMnO₄) (saturado), se dejó en ebullición por 5 min, después se retiraron de la parrilla (la solución se debe de tornar de un café claro). Finalmente, se le adicionaron 100 mL de agua destilada y 5 mL de sulfato férrico amónico (NH₄Fe(SO₄)₂) (saturado); se procede a titular con tiocianato de potasio (KSCN) al 0.1N, hasta que se tornó de un color rojo teja o rojo café, el cual debe durar 30 s de acuerdo con la NOM-F-360-S-1981. El porcentaje de cloruros se calculan con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ NaCl} = \frac{(A - B)(N)(\text{Meq NaCl})}{M} * 100$$

Donde:

A: mL de nitrato de plata (AgNO_3) 0.1 N

B: mL de tiocianato de potasio (KSCN) 0.1 N

N: normalidad del tiocianato de potasio (KSCN)

Meq cloruro de sodio (NaCl): 0.0585

M: peso de la muestra en gramos.

7.14. Análisis de perfil de textura (APT)

El APT se realizó en los quesos con diferentes tratamientos (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%). Las muestras fueron cortadas en cubos de 1.5 cm x 1.5 cm x 1.5 cm, con 15 repeticiones por cada muestra. Los parámetros medidos fueron dureza, adhesividad, resiliencia, cohesividad elasticidad y masticabilidad (Nogales, 2018). La determinación de textura se realizó con un Texturometro CT3 (BROOKFIELD) equipado con una celda con carga de 4.5 kg y una sonda TA3/100 bajando a una velocidad de 1mm/s por una distancia de 40mm.

7.15. Análisis sensorial

Esta prueba se realizó con un análisis sensorial de nivel de agrado (Macías-Mejía et al., 2019), a la cual se le aplicó a 127 consumidores (jueces no entrenados), a cada panelista se le entregó un formato (Anexo II), donde se especificaban las instrucciones. Las muestras de queso panela con adición de harina de metzal (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%), se les asignó un código. En charolas de unicel (previamente codificadas) se colocaron las muestras de manera aleatoria. De acuerdo con las instrucciones, debían anotar el código correspondiente a medida que realizaban el análisis de los quesos. Tenían que especificar las razones por las cuales les agradaba o no la muestra, evaluando su sabor, textura y consistencia.

7.16. Análisis estadístico de resultados

Las pruebas se realizaron por triplicado para que los resultados obtenidos pudieran someterse a una comparación de medias mediante el análisis estadístico (ANOVA), de acuerdo al método Tukey. Esto permitió determinar las diferencias significativas entre los tratamientos, utilizando un nivel de significancia de ($p < 0.05$). El análisis se realizó con el software SPSS Statistics 21.

8. Resultados y Discusión

8.1. Características químico-proximal y fisicoquímico del metzal fresco

Los resultados del análisis químico-proximal y fisicoquímico del metzal fresco, como se muestran en la Tabla 9, se observa que presenta un alto porcentaje de humedad (72%) y carbohidratos (21.74%), debido a que es recolectado de la piña del maguey de donde se extrae el aguamiel, aportándole un sabor dulce. El metzal tiene menor proporción de cenizas (1.38%), grasa (1.44%), fibra cruda (1.30%) y proteína (2.14%). De acuerdo a Casaubon-Garcín et al. (2018) el pH que presenta es ligeramente ácido, ya que tiene un valor de 4.47. Los parámetros de color (L^* : 73.20, a^* : 4.39 y b^* :15.70) indican que presenta un color marrón claro.

Tabla 9. Características químico-proximal y fisicoquímicas del metzal fresco

Componentes	Metzal
Humedad (%)	72.00±0.18
Cenizas (%)	1.38±0.23
Grasa (%)	1.44±0.16
Fibra Cruda (%)	1.30±0.47
Proteínas (%)	2.14±0.10
Carbohidratos (%)	21.74±0.19
pH	4.47±0.08
Color	
L^*	73.20±0.80
a^*	4.39±0.30
b^*	15.70±0.09

L^* : Luminosidad, a^* : verde a rojo y b^* : azul a amarillo

8.2. Rendimiento de la harina de metzal a diferentes temperaturas de secado

Los resultados del metzal sometido a diferentes temperaturas de secado (40, 60, 80, 100 y 120°C) se presentan en la Figura 4, utilizando una muestra de 100 g. El secado a 40°C obtuvo un rendimiento del 68%, siendo este el más alto. A medida que la temperatura de secado incrementaba los valores disminuían progresivamente: 36% a 60°C, 25% a 80°C, 22% a 100°C y 20% 120°C. Esto se debe a que, al aumentar la temperatura de secado, la pérdida de humedad es más rápido, causando que el rendimiento sea menor (Gamarra, 2019). Como se observa en la Figura 4, los porcentajes se mantiene constante al someter al metzal a temperaturas de 80, 100 y 120°C.

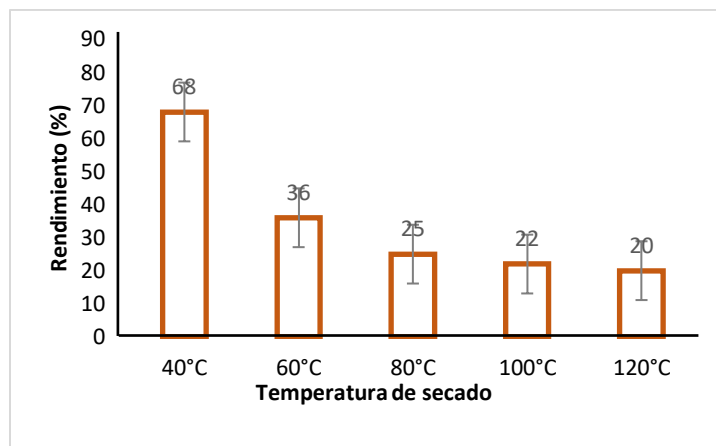


Figura 4. Rendimiento del metzal sometido a diferentes temperaturas de secado

8.3. Rendimiento de la harina de metzal a diferentes temperaturas de escaldado y secado

En cuanto al rendimiento del metzal escaldado a diferentes temperaturas (70, 80 y 90°C) y tiempos (3, 5 y 10 min), seguido de un secado a 80 y 100°C, utilizando 100 g de muestra. En la Tabla 10 se muestra que el mayor rendimiento de la harina se logró del escaldado a 70°C por 3 min y secado a 80°C, alcanzando un rendimiento del 15%. El más bajo, se obtuvo al escaldar el metzal a 70°C por 10 min y a 90°C por 5 y 10 min, seguido de un secado a 100°C, logrando un rendimiento del 8%. De acuerdo con Gamarra (2019), esto se debe a su contenido de agua, dado a que, al aumentar la temperatura de secado, mayor cantidad de agua se evapora, causando que el rendimiento sea menor.

Tabla 10. Rendimiento de la harina de metzal utilizando 100 g de muestra

Temperatura de secado	Temperatura de escaldado	Tiempo de escaldado (min)	Rendimiento (%)
		3	15
	70°C	5	13
		10	9
80°C	80°C	3	12
		5	11
		10	11
	90°C	3	10
		5	9
		10	9
100°C	70°C	3	12
		5	11
		10	8
	80°C	3	11
		5	9
		10	11
	90°C	3	7
		5	8
		10	8

8.4. Características de color y pH de la harina de metzal diferentes temperaturas de secado

La Figura 4 indica que el mejor rendimiento obtenido de harina fue del secado a 40 y 60°C. Sin embargo, los resultados de color no fueron favorables. En la Tabla 11 se muestra el color y pH que presentaron las harinas obtenidas. Los valores de L*, a* y b*, indican una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre las muestras. La harina del metzal obtenida del secado a 40 (L*: 57.46, a*: 4.35 y b*: 13.36) y 60°C (L*: 40.62, a*: 12.48 y b*: 13.88), presentaron un color café, mientras que del secado a 80 (L*: 87.79, a*: 4.19 y b*: 9.14), 100 (L*: 84.11, a*: 3.75 y b*: 12.67) y 120°C (L*: 78.12, a*: 6.56 y b*: 14.88), indicaron un color entre blanco y blanco cremoso. De acuerdo con Requena (2013), una harina de buena calidad presenta un color blanco amarillento, esto dependerá de la materia prima utilizada. Los resultados de pH son un poco bajos en comparación a lo descrito por Pascual et al. (2010), quien indica que el pH de las harinas debe oscilar entre 5 a 6.8. Las harinas que se acercaron a

este rango fueron del metzal secado a 80°C (4.93) y a 100°C (4.92), mostrando una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre estas muestras y las harinas secadas a 40, 60 y 120°C.

Tabla 11. Características de color y pH de la harina de metzal obtenida de un secado a 40, 60, 80, 100 y 120°C

Temperatura de secado	L*	a*	b*	pH
40°C	57.46±4.9 ^c	4.35±2.28 ^{bc}	13.36±3.08 ^{ab}	4.47±0.08 ^b
60°C	40.62±1.9 ^c	12.48±1.34 ^a	13.88±2.25 ^{ab}	4.64±0.078 ^b
80°C	87.79±0.03 ^a	4.19±0.54 ^{bc}	9.14±0.06 ^b	4.93±0.14 ^a
100°C	84.11±2.95 ^{bc}	3.75±1.01 ^c	12.67±0.3 ^{bc}	4.92±0.07 ^a
120°C	78.12±0.25 ^b	6.56±1.14 ^b	14.88±1.12 ^a	4.55±0.04 ^b

L*: Luminosidad, a*: verde a rojo y b*: azul a amarillo. ^{a b c} Laterales que indican las diferencias significativas entre las diferentes muestras ($p < 0.05$)

8.5. Características de color y pH de la harina de metzal diferentes temperaturas de escaldado y secado

El metzal se sometió a un proceso de escaldado a diferentes temperaturas y tiempos, seguido de un secado a 80 y 100°C, con el fin de analizar las características de color y pH de las harinas obtenidas. La Tabla 12 indica que existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) en los resultados de color (L*, a* y b*) y pH. Los mejores resultados de color se obtuvieron del escaldado a 90°C por 3 min y secarlo a 80°C (L: 86.32, a: 3.36 y b: 7.24), así como al escaldarlo a 70°C por 5 min y secarlo a 100°C (L; 84.66, a: 3.05 y b: 8.33), estos datos fueron similares a los descritos por Astriz et al. (2022). La harina con baja luminosidad (L) se obtuvo del metzal escaldado a 70°C por 3 min seguido de secado a 100°C con valores de L*: 79.49, a*: 4.61 y b*: 8.92. Los resultados de pH de las harinas muestran una diferencia significativa ($p < 0.05$). Los mejores resultados se obtuvieron del escaldado a 90°C por 3 (5.28), 5 (5.20) y 10 min (5.32) y secado a 80°C y a 80°C por 3 (5.14) y 5 min (5.07), como a 90°C por 3 (5.15) y 5 min (5.22), seguido de un secado a 100°C. De acuerdo con Pascual et al. (2010) los datos obtenidos se encuentran dentro del rango (5 a 6.8) de pH de harinas. Los datos más bajo de pH se obtuvo de la harina del metzal escaldado a 70°C por 3 min, seguido de un secado a 80°C con un valor de 4.68.

Tabla 12. Características de color y pH del metzal escaldado y secado a diferentes temperaturas

Temperatura de secado	Temperatura de escaldado	Tiempo de escaldado (min)	L*	a*	b*	pH	
80°C	70°C	3	85.03±0.89 ^a	3.77±0.13 ^a	8.79±0.05 ^b	4.68±0.01 ^b	
		5	80.91±0.83 ^b	4.68±0.28 ^a	10.16±0.62 ^a	4.71±0.03 ^b	
		10	82.20±0.75 ^b	3.91±0.86 ^a	10.60±0.10 ^a	4.93±0.04 ^a	
	80°C	80°C	3	85.29±0.22 ^a	4.08±0.07 ^a	8.40±0.88 ^a	4.82±0.08 ^a
			5	85.37±0.21 ^a	3.02±0.97 ^a	8.97±0.16 ^a	4.78±0.05 ^a
			10	81.08±0.22 ^b	4.08±0.16 ^a	9.69±0.61 ^a	4.92±0.11 ^a
	90°C	90°C	3	86.32±1.12 ^a	3.36±0.53 ^b	7.24±0.05 ^b	5.28±0.04 ^a
			5	83.18±0.65 ^b	5.11±0.56 ^a	8.97±0.43 ^a	5.20±0.01 ^a
			10	84.16±0.55 ^b	3.39±0.14 ^b	8.82±0.39 ^a	5.32±0.14 ^a
100°C	70°C	3	79.49±1.41 ^c	4.61±0.40 ^a	8.92±0.10 ^a	4.81±0.02 ^a	
		5	84.66±0.46 ^a	3.05±0.05 ^a	8.33±0.08 ^b	4.90±0.01 ^a	
		10	82.10±0.26 ^b	3.14±1.35 ^a	8.51±0.19 ^b	4.81±0.12 ^a	
	80°C	80°C	3	80.59±0.63 ^b	3.22±0.36 ^a	9.89±0.03 ^a	5.14±0.06 ^a
			5	81.31±1.23 ^b	3.06±1.08 ^a	8.71±0.40 ^b	5.07±0.02 ^a
			10	84.21±0.12 ^a	3.60±0.07 ^a	8.97±0.17 ^b	4.96±0.02 ^b
	90°C	90°C	3	84.15±0.03 ^a	4.17±0.37 ^a	9.95±0.11 ^a	5.15±0.14 ^a
			5	83.45±0.97 ^{ab}	3.51±0.16 ^a	9.01±0.36 ^b	5.22±0.05 ^a
			10	82.05±0.13 ^b	3.50±0.64 ^a	9.85±0.14 ^a	4.90±0.07 ^b

L*: Luminosidad, a*: verde a rojo y b*: azul a amarillo. ^{a b c} Laterales que indican las diferencias significativas entre las diferentes muestras (p<0.05)

8.6. Compuestos fitoquímicos presentes en la harina de metzal a diferentes temperaturas de secado

En la Tabla 13 se observa la presencia de compuestos fitoquímicos en la harina de metzal, obtenida de diferentes temperaturas de secado. Indica que, al incrementar la temperatura de secado, se produce una mejor manifestación de los compuestos fitoquímicos, como los flavonoides y taninos. Las insaturaciones, los oxidrilos fenólicos, sesquiterpenlactonas, saponinas (método Salkowki), cumarinas y esteroides, se presentaron en todas las temperaturas de secado a las que se sometió el metzal. Los flavonoides se manifestaron en el secado a 120°C, mientras que los taninos comenzaron a aparecer a partir de los 80°C. La harina obtenida del secado a 40 y 60°C, no tuvieron presencia de alcaloides, flavonoides saponinas (prueba Shinoda) y taninos. Mientras que al secado a 80 y 100°C no hubo presencia de alcaloides, flavonoides y saponinas (método Shinoda). En el secado a 120°C, la harina no tuvo presencia de alcaloides y de saponinas (método Shinoda).

Tabla 13. Resultados del tamiz fitoquímico de la harina de metzal secado a 40, 60, 80, 100 y 120°C

Compuestos fitoquímicos	Temperaturas de secado de metzal				
	40°C	60°C	80°C	100°C	120°C
Alcaloides	-	-	-	-	-
Insaturaciones	+	+	+	+	+
Oxidrilos fenólicos	+	+	+	+	+
Sesquiterpenlactonas	+	+	+	+	+
Flavonoides	-	-	-	-	+
Saponinas (prueba de Salkowski)	+	+	+	+	+
Saponinas (prueba de Shinoda)	-	-	-	-	-
Cumarinas	+	+	+	+	+
Esteroides	+	+	+	+	+
Taninos	-	-	+	+	+

(+): presencia y (-): ausencia

8.7. Compuestos fitoquímicos presentes en la harina de metzal a diferentes temperaturas de escaldado y secado

En la Tabla 14, el metzal sometido a diferentes temperaturas (70, 80 y 90°C) de escaldado y secado a 80°C. Los compuestos fitoquímicos presentes en todas las temperaturas y tiempos de escaldado fueron las insaturaciones, saponinas por la

prueba de Shinoda y taninos. La harina que obtuvo mayor presencia de compuestos fitoquímicos se obtuvo del escaldado a 90°C por 5 min, con excepción de flavonoides y saponinas (método de Shinoda). La harina con menor presencia de compuestos fitoquímicos fue del escaldado a 70°C por 3 min, no tuvo presencia de alcaloides, oxhidrilos fenólicos, flavonoides y saponinas (método de Shinoda). Los taninos se manifestaron en todos los tiempos y temperaturas. La Tabla 15, muestra los resultados obtenidos del metzal escaldado a diferentes tiempos y temperaturas (70, 80, 90°C), seguido de un secado a 100°C. Los compuestos fitoquímicos presentes en todas las temperaturas y tiempos fueron, las instauraciones, oxhidrilos, fenólicos, sesquiterpenlactonas, saponinas (prueba de Salkowski), cumarinas y taninos. El mejor resultado obtenido fue del metzal escaldado a 70°C durante 5 min, secado a 100°C, logrando la aparición de todos los compuestos fitoquímicos con excepción de las saponinas, por la prueba de Shinoda. Sin embargo, dado a que la otra prueba resultó positiva, se confirma la manifestación de todos los compuestos fitoquímicos. Según Laines (2019), los alcaloides tienen aplicaciones medicinales, debido a sus propiedades, se recomiendan que su presencia en los alimentos no exceda el 0.1%. De acuerdo a Chaves et al. (2022) las instauraciones indican la presencia de aceites y grasas. Los oxhidrilos fenólicos son buenos para la salud (Abarca et al., 2019), mientras que la presencia de sesquiterpenlactonas y cumarina funcionan como antioxidantes, antimicrobiana, analgésico, etc (Villacorta et al., 2017; Sánchez et al., 2022). La aparición de flavonoides es beneficiosa por su efecto antioxidante y las saponinas indican la ausencia microbiana (Iser et al., 2020). La actividad de esteroides se centra a nivel intestinal ayudando a controlar o prevenir el colesterol. Los taninos son compuestos poliméricos fenólicos, causantes de brindar un sabor astringente en algunos frutos y cereales, dado a que actúan en las proteínas del alimento (Gómez, 2012).

Tabla 14. Resultados de los compuestos fitoquímicos de la harina de metzal escaldado a diferentes temperaturas (70, 80 y 90°C) y secado a 80°C

Temperatura/ Tiempo	70°C			80°C			90°C		
	3 min	5 min	10 min	3 min	5 min	10 min	3 min	5 min	10 min
Compuestos fitoquímicos									
Alcaloides	-	-	+	-	-	+	+	+	+
Instauraciones	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Oxidrilos fenólicos	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Sesquiterpenlactonas	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Flavonoides	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Saponinas (Prueba de Salkowski)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Saponinas (Prueba de Shinoda)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumarinas	+	+	-	+	+	-	+	+	-
Esteroles	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Taninos	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(+): presencia y (-): ausencia

Tabla 15. Resultados de los compuestos fitoquímicos de la harina de metzal, escaldado a diferentes temperaturas (70, 80 y 90°C) y secado a 100°C

Temperatura/ Tiempo	70°C			80°C			90°C		
	3 min	5 min	10 min	3 min	5 min	10 min	3 min	5 min	10 min
Compuestos fitoquímicos									
Alcaloides	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Instauraciones	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Oxhidrilos fenólicos	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sesquiterpenlactonas	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Flavonoides	+	+	+	-	-	-	+	+	+
Saponinas (Prueba de Salkowski)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Saponinas (Prueba de Shinoda)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cumarinas	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Esteroles	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Taninos	+	+	+	+	+	+	+	+	+

(+): presencia y (-): ausencia

8.8. Curvas de secado del metzal

En la Figura 5, 6 y 7, se muestran las curvas de secado a temperaturas de 80, 100 y 120°C. Estas temperaturas se consideraron dado a que se obtuvieron mejores resultados de color, pH, compuestos fitoquímicos y el tiempo de secado. La Figura 5 indica cómo el metzal pierde humedad durante las primeras 2h, después su descenso es más gradual, hasta obtener solo el 23% de humedad. Este queda totalmente seco después de 3 h. En la Figura 6 se muestra la curva de secado a 100°C, la pérdida de humedad es rápida durante 1 h, posteriormente su ritmo de pérdida disminuye, alcanzando un 23% de humedad. Quedando totalmente seco después de 2 h. La curva de secado a 120°C, como se observa en la Figura 7, el metzal pierde su humedad rápidamente a los 40 min, al igual que las anteriores su descenso después de este tiempo va disminuyendo. En este caso alcanza una humedad de 29%, durante una hora y media, tiempo en el cual queda totalmente seco. Al aumentar la temperatura, se incrementa la transferencia de calor, la tasa de evaporación y la migración de agua desde el interior hasta la superficie del metzal. Esto causa que el alimento pierda agua en menor tiempo, acelerando el proceso de secado (Souza et al., 2019). Las curvas de secado de las Figuras 5, 6 y

7 son similares a las reportadas por González-Hoyos et al., (2022) y Suárez-Hernández et al., (2016) considerando que aplican las mismas temperaturas. Las curvas indicaron que las mejores temperaturas de secado para el metzal son a 80 y 100°C, ya que en estos rangos la pérdida de humedad es constante. A 120°C, después de los 40 min la muestra experimentaba una menor pérdida de humedad, lo que causaba una reacción de Maillard, brindándole un color con tonos amarillos a la harina.

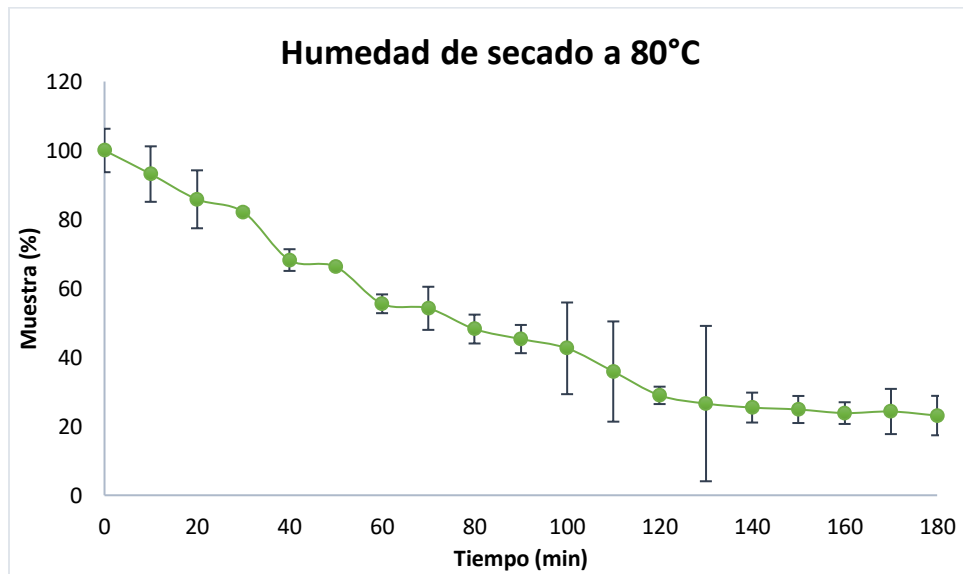


Figura 5. Pérdida de humedad del metzal (secado a 80°C) en 180 min

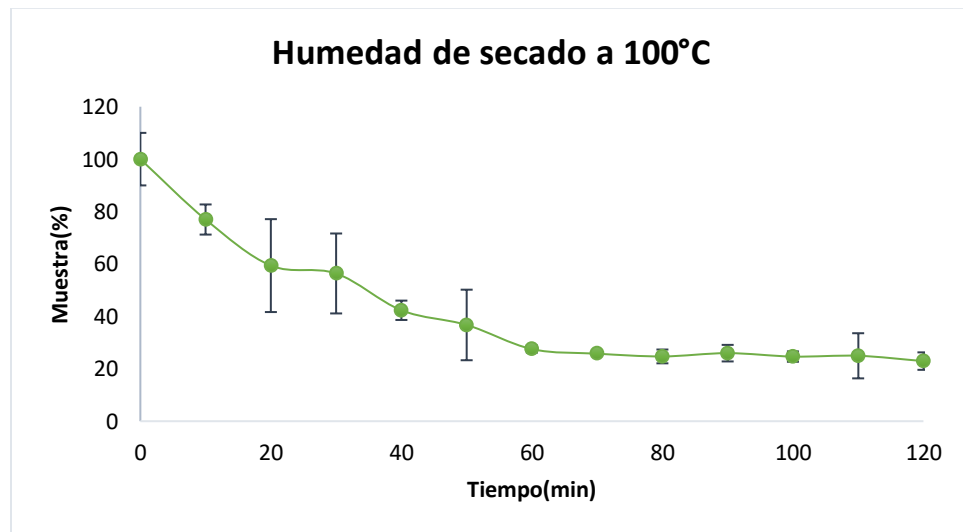


Figura 6. Pérdida de humedad del metzal (secado a 100°C) en 120 min

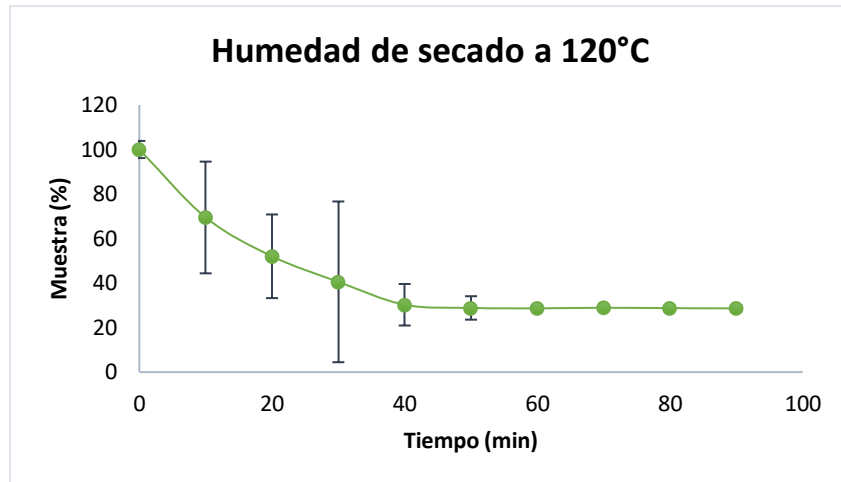


Figura 7. Pérdida de humedad del metzal (secado a 120°C) en 90 min

8.9. Características químico-proximal y fisicoquímicas de la harina de metzal

Las harinas vegetales son productos alternos utilizados para producir productos con alto valor nutricional. En la Tabla 16 se presentan los resultados del químico-proximal y fisicoquímico de la harina de metzal, comparada con otras harinas vegetales como de trigo, arroz, papa, maíz, soja, quinoa, garbanzo y amaranto. Los resultados de humedad (12.63%), cenizas (4.92%), grasa (3.44%), fibra cruda (14.53%) y carbohidratos (61.43%) son semejantes a los datos reportados por Guiñazú (2020) y de Balcazar (2021), con excepción al resultado de proteína (3.05%). La harina mostró un contenido de azúcares reductores totales de 16.94 ± 5.10 y para azúcares reductores directos de 9.24 ± 1.20 . La acidez fue de 1.09 y el pH de 5.29, el cual se asemejan al camote amarillo descrito por Neri (2016). Los parámetros de color (L^* : 83.77, a^* : 4.89 y b^* : 12.98) de la harina de metzal son similares a los de la harina de quinua, reportado por Dussán-Sarria et al. (2019).

Tabla 16. Características químico-proximal y fisicoquímicas de la harina de metzal

Componentes	Harina de metzal
Humedad (%)	12.63±0.09
Cenizas (%)	4.92±0.01
Grasa (%)	3.44±0.46
Fibra Cruda (%)	14.53±0.75
Proteínas (%)	3.05±0.14
Carbohidratos (%)	61.43±0.14
Acidez	1.09±0.05
Azúcares reductores totales (g/kg)	16.94±5.10
Azúcares reductores directos (g/kg)	9.24±1.20
pH	5.29±0.02
Color	
L*	83.77±0.88
a*	4.89±0.66
b*	12.98±0.51

L*: Luminosidad, a*: verde a rojo y b*: azul a amarillo

8.10. Análisis microbiológicos de la harina de metzal

Según la NOM-247-SSA1-2008 depende de la harina vegetal se permiten distintos niveles de UFC/g. Los límites máximos son de 500,000 UFC/g para mesófilos aerobios, 1,000 UFC/g para hongos y levaduras, y 500 UFC/g para coliformes. En la Tabla 17 se muestra los resultados obtenidos de las colonias formadas en la harina de metzal. Los conteos se realizaron después de las 24, 48 y 72 h, mostrando que no existe una diferencia significativa ($p < 0.05$) en los resultados de las colonias formadas de mesófilos aerobios, hongos, levaduras y coliformes. Las colonias de los mesófilos fueron incrementando hasta formar de 8 a 9 colonias, después de la 72h, mientras que en los hongos y las levaduras lo máximo que se formaron fueron 4 colonias. En el caso de las coliformes hubo presencia de una colonia después de las 72 h.

Tabla 17. Características microbiológicas de la harina de metzal

Microorganismos	Tiempo	Harina de metzal
Mesófilos aerobios (UFC/g)	24h	2.50±2.12
	48h	6.50±2.12
	72h	8.5±4.94
Hongos y levaduras (UFC/g)	24h	0.50±0.70
	48h	4.00±1.41
	72h	4.00±1.41
Coliformes (UFC/g)	24h	0.00±0.00
	48h	0.50±0.70
	72h	1.00±1.41

UFC: Unidades Formadoras de Colonias

8.11. Capacidad de retención de agua (CRAg) y Capacidad de retención de aceite (CRAc) en la harina de metzal

En la Tabla 18 se muestra los resultados obtenidos de capacidad de retención de agua y aceite de la harina de metzal. Se observa que la harina obtuvo un valor de 3.65 ± 0.01 de CRAg, el cual se asemeja a los de resultados de Martínez (2022) al analizar la harina de Sacha Inchi. La capacidad de retención de agua de la harina se debe a la fuerza de gravedad de la centrífuga, y por macromoléculas como carbohidratos y proteínas que ofrecen cadenas laterales hidrófilas, incrementando la CRAg. Por otro lado, la capacidad de retención de grasa se debe a la interacción entre los lípidos y la cadena lateral no polar de los aminoácidos presentes en la harina. El resultado de CRAc de la harina de metzal obtuvo un valor del 1.47 ± 0.04 , es semejante a los resultados de Villar (2021) al analizar la harina de quinua.

Tabla 18. Características de la capacidad de retención de agua y aceite en la harina de metzal

Componente	Harina de metzal
Capacidad de retención de agua (g de agua/g de muestra)	3.65±0.01
Capacidad de retención de aceite (g de aceite/g de muestra)	1.47±0.40

8.12. Características químico-proximal y fisicoquímico de la leche bovina

La leche bovina es reconocida por su alto valor nutricional. En la Tabla 19 se presentan los resultados del análisis de la leche, en donde se observa los siguientes valores: el 83.89% de humedad, 4.09% de grasa, 3.32% de proteína, 0.7% de cenizas, una densidad de 1.13 g/mL, 0.79% de sólidos no grasos, 0.15% ácido láctico, un pH de 6.55 y sin indicios de adición de agua. Los datos de color indican que presento un color blanco cremoso. De acuerdo con Arrieta et al. (2019) y Armas (2017), los datos obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos para elaborar productos lácteos. Además, indican que la leche bovina analizada es de buena calidad.

Tabla 19. Características químico-proximal y fisicoquímico de la leche bovina

Componentes	Leche bovina
Humedad (%)	83.89±0.37
Grasa (%)	4.09±0.02
Proteína (%)	3.32±0.01
Cenizas (%)	0.70±0.04
Densidad (g/mL)	1.13±0.01
Lactosa (%)	4.87±0.01
Sólidos no grasos (%)	0.79±0.01
Ácido láctico (%)	0.15±0.01
pH	6.55±0.02
Color	
L*	104.01±0.51
b*	2.07±1.42
a*	17.23±0.35

L*: Luminosidad, a*: verde a rojo y b*: azul a amarillo

8.13. Rendimiento de los quesos tipo panela con harina de metzal

Los rendimientos obtenidos de los quesos tipo panela a diferentes concentraciones de harina de metzal (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%), se muestran en la Tabla 20, los cuales indican que, al aumentar la proporción de harina el rendimiento es mayor. La muestra control obtuvo el 10.89%, mientras que los tratamientos con adición de harina mostraron rendimientos superiores. El T1 con 12.07%, el T2 de 13.63% y el T3 de 15.10%, siendo este último el que presento un mejor resultado, comparándolo con el queso control aumento un volumen del 5%. Esto se debe por

el incremento de la proporción de harina de metzal, junto con el contenido de proteínas y grasas presentes en la leche. Las proteínas, como la caseína, son fundamentales en la formación del cuajo, el cual se encarga de retener la mayor cantidad de agua, al igual que la grasa (Furtado et al., 2017).

Tabla 20. Rendimiento de los quesos con diferentes proporciones de harina de metzal

Tratamientos	Rendimiento (%)
C(Control)	10.83
T1	12.07
T2	13.63
T3	15.10

C: Control, queso sin adición de harina de metzal, **T1:** Tratamiento 1, queso con 0.1% de harina de metzal, **T2:** Tratamiento 2, queso con adición del 0.3% de harina de metzal y **T3:** Tratamiento 3, queso con 0.5% de harina de metzal.

8.14. Propiedades químico-proximal y fisicoquímicas de los quesos tipo panela

Los resultados obtenidos de humedad, cenizas, grasas, fibra cruda, proteína, carbohidratos y cloruros, de los quesos tipo panela con diferentes concentraciones de harina de metzal (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%), se muestran en la Tabla 21. Los datos de humedad (59.07%), cenizas (2.67%) y fibra cruda (0.15%) del T3 indican diferencias significativas ($p < 0.05$) con el T1, T2 y T3. Por otro lado, los resultados obtenidos de grasa del T2 y T3 son significativamente diferentes ($p < 0.05$) al tratamiento control y T1. Sin embargo, los datos de proteína (18.88 a 20.48%) y cloruros (1.02 a 1.08%) muestran que no hay diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los diferentes tratamientos. Los resultados de carbohidratos indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos. Según PROFECO (2017), los datos obtenidos de los quesos tipo panela se encuentran dentro de los rangos establecidos. Al agregarles harina de metzal el contenido de fibra se incrementa, lo que contribuye a mejorar su valor nutricional.

Tabla 21. Características químico-proximal de los quesos tipo panela con diferentes concentraciones de harina de metzal

Componentes(%)	C (0%)	T1 (0.1%)	T2 (0.3%)	T3 (0.5%)
Humedad	57.38±0.32 ^b	57.38±30 ^b	57.98±0.42 ^b	59.07±0.24 ^a
Cenizas	2.40±0.03 ^b	2.43±0.01 ^b	2.43±0.03 ^b	2.67±0.06 ^a
Grasa	14.21±0.48 ^b	14.07±0.06 ^b	18.26±0.79 ^a	18.47±0.60 ^a
Fibra Cruda	0.00±0.00 ^c	0.02±0.002 ^c	0.09±0.002 ^b	0.15±0.018 ^a
Proteínas	19.76±0.94 ^a	20.48±0.13 ^a	18.88±0.57 ^a	19.56±0.15 ^a
Carbohidratos	6.25±0.02 ^a	5.61±0.13 ^b	2.36±0.01 ^c	0.08±0.005 ^d
Cloruros	1.08±0.01 ^a	1.02±0.02 ^a	1.02±0.01 ^a	1.06±0.09 ^a

C; Control, queso sin adición de harina de metzal, **T1**: Tratamiento 1, queso con 0.1% de harina de metzal, **T2**: Tratamiento 2, queso con adición del 0.3% de harina de metzal y **T3**: Tratamiento 3, queso con 0.5% de harina de metzal. ^{a b c d} Laterales que indican la diferencia significativa entre las diferentes muestras (p<0.05)

En la Tabla 22 se muestran los datos de pH, acidez láctica y actividad de agua (Aw) que manifestaron los quesos tipo panela con diferentes proporciones de harina de metzal. Se observó diferencias significativas (p<0.05) en los resultados de pH del T3 (6.89) con los demás tratamientos (T1, T2 y T3). De acuerdo con Bermúdez-Jiménez (2021), el pH de un queso panela oscila entre 5.6 y 6.4, indicando que los datos obtenidos se acercan a este rango. Los resultados de acidez muestran que no hubo diferencias significativas (p<0.05) entre T2 (0.59) y T3 (0.58), con el control (0.49) y T1 (0.40). Los datos obtenidos de la actividad de agua (Aw) muestran diferencias significativas (p<0.05) entre los tratamientos, ya que se encuentran en un rango de 0.97 a 0.98, similares a los reportados por Velázquez (2023).

Tabla 22. Características fisicoquímicas de quesos tipo panela con diferentes concentraciones de harina de metzal

Componentes	C (0%)	T1 (0.1%)	T2 (0.3%)	T3 (0.5%)
pH	6.79±0.05 ^{ab}	6.70±0.02 ^b	6.70±0.09 ^b	6.89±0.04 ^a
Acidez	0.49±0.02 ^b	0.40±0.02 ^c	0.59±0.00 ^a	0.58±0.02 ^a
Aw	0.98±0.01 ^a	0.97±0.00 ^a	0.97±0.00 ^a	0.97±0.01 ^a

C: Control, queso sin adición de harina de metzal, **T1**: Tratamiento 1, queso con 0.1% de harina de metzal, **T2**: Tratamiento 2, queso con adición del 0.3% de harina de metzal y **T3**: Tratamiento 3, queso con 0.5% de harina de metzal. ^{a b c} Laterales que indican las diferencias significativas entre las diferentes muestras (p<0.05)

En la Tabla 23 se muestran las características de color de los quesos tipo panela con adición de harina de metzal, en diferentes proporciones. El queso control adquirió un color blanco cremoso (L*: 89.77, a*: 0.42 y b*: 12.5), al incrementar el porcentaje de harina de metzal a la leche, los quesos adquirieron un color café claro

como se muestra en el T3 (L^* : 79.62, a^* : 2.03 y b^* : 10.20). El resultado de la luminosidad del tratamiento control (89.77) es significativamente diferentes ($p < 0.05$) a los tratamientos (T1, T2 y T3), mientras que los datos obtenidos de a^* los tratamientos no son significativamente diferentes ($p < 0.05$). Los resultados de b^* del T2 (10.29) y T3 (10.20), son significativamente diferentes ($p < 0.05$) al tratamiento control (12.50) y T1 (9.76).

Tabla 23. Características de color de los quesos tipo panela con adición de harina de metzal

Color	C (0%)	T1 (0.1%)	T2 (0.3%)	T3 (0.5%)
L^*	89.77 ± 2.20^a	86.14 ± 2.43^{ab}	84.42 ± 0.73^b	79.62 ± 0.65^c
a^*	0.42 ± 0.55^a	0.91 ± 0.77^a	1.87 ± 0.33^a	2.03 ± 0.72^a
b^*	12.50 ± 1.20^a	9.76 ± 0.94^b	10.29 ± 0.53^{ab}	10.20 ± 1.25^{ab}

C: Control, queso sin adición de harina de metzal, **T1:** Tratamiento 1, queso con 0.1% de harina de metzal, **T2:** Tratamiento 2, queso con adición del 0.3% de harina de metzal y **T3:** Tratamiento 3, queso con 0.5% de harina de metzal. L^* : Luminosidad, a^* : verde a rojo y b^* : azul a amarillo. ^{a b c} Laterales que indican las diferencias significativas entre las diferentes muestras ($p < 0.05$)

Los datos obtenidos de pH y color, al adicionar harina de metzal a la leche, son similares a los resultados de Rangel (2024). Esto podría deberse al contenido de frútanos presentes en el maguey pulquero.

8.15. Análisis microbiológico de los quesos tipo panela

Según la NOM-243-SSA1-2010 para los quesos panela solo se permiten máximo 1,000 UFC/g mesófilos aerobios, 500 UFC/g hongos y levaduras, y 100 UFC/g coliformes. En la Tabla 24 se muestran los resultados obtenidos de las colonias formadas de mesófilos aerobios, hongos y levaduras, y coliformes, en los quesos con los diferentes tratamientos (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%), los cuales indican que se encuentran dentro de los parámetros establecidos de acuerdo a lo que estipula la norma. Existen diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los resultados de mesófilos aerobios, hongos y levaduras, en los diferentes tratamientos. Se observó que al aumentar el porcentaje de harina en los quesos hay menor presencia de colonias mesófilos aerobios. El queso control y el T3, mostraron menor cantidad de colonias de hongos y levaduras. Las colonias de coliformes se formaron solo en el T2 después de las 72h.

Tabla 24. Características microbiológicas de los quesos tipo panela

Microorganismos	Tiempo	C (0%)	T1 (0.1%)	T2 (0.3%)	T3 (0.5%)
Mesófilos aerobios (UFC/g)	24h	42.50±3.53 ^a	36.50±3.53 ^{ab}	22.00±5.65 ^{bc}	6.00±2.82 ^c
	48h	44.5±5.00 ^a	40.00±0.00 ^{ab}	24.00±5.65 ^{bc}	8.50±5.00 ^c
	72h	50.00±5.65 ^a	40.00±0.00 ^{ab}	27.00±4.24 ^b	8.5±5.00 ^c
Hongos y levaduras (UFC/g)	24h	26.50±2.12 ^c	153.50±6.36 ^b	181.50±7.77 ^a	155.50±0.70 ^b
	48h	31.50±4.94 ^d	173.50±2.12 ^b	196.50±2.12 ^a	160.00±1.41 ^c
	72h	32.00±4.24 ^d	176.00±1.41 ^b	198.50±0.70 ^a	161.00±00 ^c
Coliformes (UFC/g)	24h	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	48h	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
	72h	0.00±0.00	0.00±0.00	5±1.41 ^a	0.00±0.00

C: Control, queso sin adición de harina de metzal, T1: Tratamiento 1, queso con 0.1% de harina de metzal, T2: Tratamiento 2, queso con adición del 0.3% de harina de metzal y T3: Tratamiento 3, queso con 0.5% de harina de metzal. UFC: Unidades Formadoras de Colonias. ^{a b c} Laterales que indican las diferencias significativas entre las diferentes muestras (p<0.05)

8.16. Textura de los quesos panela

En la Tabla 25 se muestran los resultados del análisis de perfil de textura (ATP), donde se midió dureza, adhesividad, resiliencia, cohesividad, elasticidad y masticabilidad de los quesos tipo panela con las diferentes proporciones de harina de metzal (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%). Los datos adhesividad y masticabilidad indican que no existe diferencias significativas (p<0.05) entre los tratamientos. Los resultados de adhesividad se encuentran entre 9.33x10⁻⁵J al 1.46x10⁻⁴J, mientras que los de masticabilidad de 5.87N a 7.00N. Los resultados de dureza muestran diferencias significativas (p<0.05) entre el tratamiento control (10.19N) con los tratamientos (T1, T2 y T3). El T1 obtuvo una resiliencia de 0.47 que indica que es significativamente diferente (p<0.05) al T1, T2 y T3. Los tratamientos tuvieron una cohesividad de C: 0.771, T1: 0.808, T2: 0.804 y T3: 0.802, indicando que el tratamiento control es significativamente diferente (p<0.05) a los demás tratamientos. Los datos obtenidos de la elasticidad muestran que al aumentar la proporción de harina de metzal, la elasticidad disminuye, ya que el T3 obtuvo un valor 0.86, en comparación con el tratamiento control y T1, que obtuvieron 0.89. Los resultados obtenidos del perfil de textura se asemejan a los de Velasco (2017).

Tabla 25. Características de textura de los diferentes quesos tipo panela

Tratamientos	C(0%)	T1(0.1%)	T2(0.3%)	T3(0.5%)
Dureza (N)	10.19±2.94 ^a	9.60±1.16 ^{ab}	8.23±1.37 ^b	8.93±1.15 ^{ab}
Adhesividad (J)	1.29x10 ⁻⁴ ± 9.45x10 ^{-5a}	9.47x10 ⁻⁵ ±8.34x10 ^{-5a}	1.46x10 ⁻⁴ ±8.42x10 ^{-5a}	9.33x10 ⁻⁵ ±8.35x10 ^{-5a}
Resiliencia	0.43±0.03 ^b	0.47±0.03 ^a	0.44±0.01 ^b	0.43±0.02 ^b
Cohesividad	0.771±0.02 ^b	0.808±0.02 ^a	0.804±0.01 ^a	0.802±0.02 ^a
Elasticidad	0.89±0.02 ^a	0.89±0.02 ^a	0.88±0.02 ^a	0.86±0.02 ^b
Masticabilidad (N)	7.00±2.14 ^a	6.93±0.80 ^a	5.87±1.05 ^a	6.20±0.83 ^a

C: Control, queso sin adición de harina de metzal, **T1:** Tratamiento 1, queso con 0.1% de harina de metzal, **T2:** Tratamiento 2, queso con adición del 0.3% de harina de metzal y **T3:** Tratamiento 3, queso con 0.5% de harina de metzal. **N:** Newton y **J:** Joule. ^{a b} en la misma fila indican las diferencias significativas (p<0.05) entre las diferentes concentraciones de harina de metzal.

8.17. Análisis sensorial de los quesos tipo panela

Los resultados de la evaluación sensorial de nivel de agrado de los quesos tipo panela con adición de harina de metzal (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%), se muestran en la Tabla 26. Los quesos fueron evaluados por 127 jueces, quienes indicaron que el tratamiento control y T1, agradaron por su sabor cremoso, lechoso y dulce, su olor, su textura suave, firme y blanda, tenían buena humedad y consistencia; así como un color agradable, representando un porcentaje del 74.01% y del 81.89%. Los quesos de menor agrado fueron del T2 con un porcentaje del 37.8% y T3 con 40.16%, en ambas muestras los jueces indicaron que tenían una textura rígida, chiclosa y grumosa, y que presentaban un sabor amargo. En el queso del T2, señalaron que su textura era arenosa, un poco dura y seca, con sabor a madera y plástico, y un olor no agradable. El queso del T3 fue descrito con una textura seca, dura, fibrosa y espesa. En la Tabla 25 y el Anexo III presentan una comparación entre los cuatro tratamientos. Se observó, que no hay diferencias significativas ($p < 0.05$) entre la muestra control y la muestra de T1 (0.1%). Estos tratamientos mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las muestras del T2 y T3. Por otro lado, las muestras del T2 y T3 no presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre ellas.

Tabla 26. Grado de aceptabilidad de los quesos tipo panela con diferentes % de harina de metzal

	Nivel de agrado	C(0%)		T1(0.1%)		T2(0.3%)		T3(0.5%)	
		N	%	N	%	N	%	N	%
5	Me gusta mucho	41	32.28	33	25.98	9	7.09	3	2.36
4	Me gusta	53	41.73	71	55.91	29	22.83	18	14.17
3	Ni me gusta ni me disgusta	25	19.69	19	14.96	41	32.28	55	43.31
2	No me gusta	6	4.72	4	3.15	43	33.86	43	33.86
1	Me disgusta mucho	2	1.57	0	0	5	3.94	8	6.30
TOTAL		127	100.00	127	100	127	100	127	100
Nivel de agrado		3.98±0.93 ^a		4.05±0.73 ^a		2.95±1.00 ^b		2.72±0.87 ^b	

N= número de jueces

8.18. Características químico-proximal de los sueros derivados de los quesos panela

En la Tabla 27, se muestran los resultados de humedad, cenizas, proteína, grasa y carbohidratos, presentes en los sueros derivados de los quesos con harina de metzal. Los datos de humedad del C: 91.48%, T1: 89.86%, T2: 88.52% y T3: 87.94%, indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Por otro lado, los resultados de cenizas indican que el suero del tratamiento control (1.21%), es significativamente diferente ($p < 0.05$) a los demás sueros (T1: 2.03%, T2: 2.11% y T3: 2.57%). Los datos obtenidos de proteína (C: 1.29%, T1: 2.03%, T2: 2.11% y T3: 2.57%) no señalaron una diferencia significativa ($p < 0.05$). Los resultados de grasa (C: 0.70%, T1: 0.60%, T2: 0.30% y T3: 0.38%) y carbohidratos (C: 5.30, T1: 6.50, T2: 7.58 y T3: 7.61) indican que el suero control y T1 son significativamente diferentes ($p < 0.05$) a los sueros del T2 y T3. Los resultados obtenidos se asemejan a los descritos por Guerrero-Haber (2011) y Solís et al. (2023), en donde estudian el suero, con el fin de aprovecharlo para otros usos industriales.

Tabla 27. Características químico-proximal del suero de los quesos con harina de metzal.

Componentes (%)	C(0%)	T1(0.1%)	T2(0.3%)	T3(0.5%)
Humedad	91.48±0.04 ^a	89.86±0.27 ^b	88.52±0.76 ^c	87.94±0.18 ^c
Cenizas	1.21±0.22 ^b	2.03±0.00 ^a	2.11±0.06 ^a	2.57±0.35 ^a
Proteína	1.29±0.22 ^a	0.99±0.06 ^a	1.47±0.04 ^a	1.49±0.40 ^a
Grasa	0.70±0.09 ^a	0.60±0.05 ^a	0.30±0.04 ^b	0.38±0.05 ^b
Carbohidratos	5.30±0.33 ^c	6.50±0.49 ^b	7.58±0.07 ^a	7.61±0.09 ^a

C: Control, suero del queso sin adición de harina de metzal, T1: Tratamiento 1, suero del queso con 0.1% de harina de metzal, T2: Tratamiento 2, suero del queso con adición del 0.3% de harina de metzal y T3: Tratamiento 3, suero del queso con 0.5% de harina de metzal. ^{a b c} en la misma fila indican las diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las diferentes concentraciones de harina de metzal.

8.19. Características fisicoquímicas de los sueros derivados de los quesos panela

Los resultados de pH, acidez y color se muestran en la Tabla 28. Los datos de pH indican una diferencia significativa ($p < 0.05$) del suero del tratamiento control (6.43), con los demás (T1: 5.27, T2: 6.23 y T3: 6.00). Los valores de acidez se encuentran en un rango de 0.14 a 0.22, donde el T2 es significativamente diferente ($p < 0.05$) al control, T1 y T3 (Paredes et al., 2024). Su color era de un tono amarillo verdoso claro, que se volvía ligeramente más amarillo al aumentar la cantidad de harina de metzal en la leche. El suero del tratamiento control mostro valores de L*: 93.43, a*: 0.50 y b*: 8.42, en comparación al suero del T3 que presentaron L*: 87.56, a*: -1.55 y b*: 9.35 (Mazorra et al., 2019). Los resultados de L* indica que el tratamiento

control es significativamente diferente ($p < 0.05$) a los datos obtenidos de los demás tratamientos, por otro parte los resultados de a^* muestran una diferencia significativa ($p < 0.05$) entre el T2 y T3 con el tratamiento control y el T1. Mientras que los datos obtenidos de b^* del T1 es significativamente diferentes ($p < 0.05$) al tratamiento control, T2 y T3.

Tabla 28. Características fisicoquímicas de los sueros derivados de los quesos tipo panela con harina de metzal

Componentes	C(0%)	T1(0.1%)	T2(0.3%)	T3(0.5%)
pH	6.43±0.01 ^a	5.27±0.19 ^c	6.23±0.13 ^{bc}	6.00±0.06 ^b
Acidez	0.14±0.01 ^c	0.18±0.01 ^b	0.22±0.01 ^a	0.18±0.01 ^b
Color				
L*	93.43±1.98 ^a	91.59±3.38 ^{ab}	87.27±1.31 ^b	87.56±2.24 ^{ab}
a*	-0.50±0.10 ^a	-1.22±0.18 ^{ab}	-1.42±0.09 ^b	-1.55±0.50 ^b
b*	8.42±0.25 ^b	13.99±1.39 ^a	8.32±0.21 ^b	9.35±0.33 ^b

C: Control, suero del queso sin adición de harina de metzal, **T1:** Tratamiento 1, suero del queso con 0.1% de harina de metzal, **T2:** Tratamiento 2, suero del queso con adición del 0.3% de harina de metzal y **T3:** Tratamiento 3, suero del queso con 0.5% de harina de metzal. **L*:** Luminosidad, **a*:** verde a rojo y **b*:** azul a amarillo. ^{a b c} en la misma fila indican las diferencias significativas ($p < 0.05$) entre las diferentes concentraciones de harina de metzal.

9. Conclusiones

- La harina con mejores resultados de compuestos fitoquímicos, color y pH fue del metzal sometido a un escaldado de 70°C por 5 min, seguido de un secado a 100°C.
- Los resultados del análisis químico-proximal indica que la harina tiene un alto % de fibra y carbohidratos. El análisis fisicoquímico indico que presento un color blanco-amarillo y obtuvo un pH de 5.29. De acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008, la harina se encuentro dentro del rango establecido de Mesófilos aerobios, hongos y levaduras, y coliformes.
- En los análisis químico-proximal, indican que el queso del T3 con 0.5% de harina de metzal, obtuvo altos porcentajes en humedad, cenizas, grasa, fibra, proteína y cloruros, mientras que el T1 presento mayor porcentaje en carbohidratos. En los análisis fisicoquímicos, los resultados de color mostraron que el T1 presento valores de L*, a* y b*, similares al tratamiento control. El T3, presento un rango alto de pH, mientras que el T2 de acidez láctica. Los resultados de Aw los tratamientos (C, T1, T2 y T3), se encuentran dentro del rango establecido. De acuerdo a la NOM-243-SSA1-2010 para quesos panela solo se permiten tener máximo 1,000 UFC/g para Mesófilos aerobios, 500 UFC/g para hongos y levaduras, y 100 UFC/g para coliformes, indicando que los quesos con los diferentes tratamientos (C, T1, T2 y T3) se encuentran dentro de los rangos establecidos. El análisis de perfil de textura (APT) mostro que el queso control obtuvo mejor resultado en dureza y el T1 en resilencia, adhesividad, cohesividad, elasticidad y masticabilidad, indicando que al aumentar el porcentaje de harina de metzal, el queso se vuelve un poco más frágil y rígido.
- El análisis sensorial de nivel de agrado, revelo que a los jueces les agrado el queso control y el queso del T1 (0.1% de harina de metzal), por su textura firme, cremosa, suave y blanda, y por su sabor dulce, un poco acido, dejando buenas sensaciones al paladar.

Referencias

- Abarca Vargas, R., & L. Petricevich, V. (2019). Importancia biológica de los compuestos fenólicos. *Ciencia y Tecnología*, 33-38. Obtenido de file:///C:/Users/edith/Downloads/Dialnet-ImportanciaBiologicaDeLosCompuestosFenolicos-8081195.pdf
- Aceves Sánchez, J. (2013). *Caracterización del fundido y textura de queso oaxaca y queso oaxaca de imitación comercial*. México: Universidad Autónoma del eEstado de México. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/14414/408807.pdf?sequence=1>
- Alcocer Villacís, I. R. (2018). *Determinación del contenido de azúcares reductores, totales, almidón y de los elementos minerales Calcio (Ca), Hierro (Fe) y Magnesio (Mg) en harinas de Amarantho variedad Alegría, Chía, Papa Puca-shungo y Zanahoria Blanca*. Ambato- Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/28389/1/AL%20683.pdf>
- Alemán Aguilera, R. B. (2022). *Evaluación de harina de amaranto (Amaranthus spp) variedad INTA soberano en productos de panificación en las instalaciones de la Universidad Nacional Agrariaia, en el periodo de octubre 2021 a junio 2022*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnq02a367.pdf>
- Almazán-Morales, A., Moreno-Godínez, M. E., Hernández-Castro, E., Vázquez-Villamar, M., Mora-Aguilera, J. A., Cabrera-Huerta, E., & Alvarez-Fitz, P. (2022). Perfil fitoquímico y actividad antifúngica in vitro de extractos de Agave angustifolia y A. cupreata contra hongos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 169-187. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v40n2/2007-8080-rmfi-40-02-169-es.pdf>
- Andrés Tigreros, J., Parra Londoño, S., Martínez Girón, J., & Ordoñez Santos, L. E. (2021). Diferentes métodos de escaldado y su aplicación en frutas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 50-63. Obtenido de file:///C:/Users/edith/Downloads/Dialnet-DiferentesMetodosDeEscaldadoYSuAplicacionEnFrutasY-8739316.pdf
- Araneda, M. (2022). Leche y Derivados. Composición y Propiedades. *EDUCACIÓN ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL*, 2. Obtenido de <https://bit.ly/497qbNw>
- Armas Alba, S. (2017). *Determinación de parámetros fisicoquímicos en leche*. <https://bit.ly/3AMSI3K>
- Arrazola Cárdenas, L. (2019). *Propagación de Agave salmiana Otto ex Salm Dick en sustratos y dosis de fertirrigación*. México: Colegio de Postgraduados. Obtenido de <https://bit.ly/3COOELp>
- Arrieta B., G., Gomezcaceres P, L., Albis F, D., Calderón Rangel, A., & Rodríguez R., V. (2019). Calidad de la leche cruda para consumo humano en dos localidades de Sucre (Colombia). *Revista MVZ Córdoba*, 1-8. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/693/69360322023/html/>
- Astiz, V., Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2022). Propiedades fisicoquímicas de harinas de trigo y avena de alta calidad panadera. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 1-20. Obtenido de file:///C:/Users/edith/Downloads/Trabajo+8+para+pdf%20(1).pdf

- AOAC. (2000) Official Method of the Acidity (Titratable) of Fruit Products. Method 942.15
- AOAC. (2010). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 920.39
- AOAC. (2019). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 920.123.
- AOAC. (2009). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 923.03.
- AOAC. (2012). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 925.09.
- AOAC. (2010). Official Method of the Association of Official Analytical Chemist International. Method 962.09.
- Balcazar Maldonado, S. J. (2021). *Análisis Bromatológico de harinas a base de alimentos de origen vegetales para la demostración de su inocuidad alimentaria*. Machala: Universidad Tecnica de Machala. Obtenido de file:///C:/Users/edith/Downloads/Revis%C3%B3n%20de%20bromatolog%C3%ADa%20de%20harinas%20de%20origen%20vegetal.pdf
- Bermúdez-Jiménez, M. K., Villa-Serrano, E. I., Carranza-Concha, J., & Aguilar-Romero, M. M. (2021). Elaboración, análisis fisicoquímico y sensorial de un queso tipo panela descremado enriquecido con inulina. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 98-103. Obtenido de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume6/6/8/14.pdf>
- Bravo Vargas, G. (2014). *Vocabulario náhuatl del maguey y el pulque*. México: Edición del autor. Obtenido de <https://bit.ly/3OrgcsJ>
- C. Castro, A., F. Novoa, C., Algecira, N., & Buitrago, G. (2014). Reología y textura de quesos bajos en grasa. *Repositorio Español de Ciencia y Tecnología*, 58-66. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/recyt/n22/n22a09.pdf>
- Cabascango Molina, O., & De la Vega, J. (2018). *Manual de deshidratación*. Ibarra-Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <https://bit.ly/3ZqdnhS>
- Camacho-Campos, C., Pérez-Hernández, Y., Valdivia-Ávila, C. A., Rubio-Fontanills, Y., & Fuentes-Alfonso, C. L. (2020). Evaluación fitoquímica, antibacteriana y molusquicida de extractos de hojas de *Agave* spp. *Revista Cubana de Química*, 390-405. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212020000300390
- Carbajal De Nov, C., & Goicoechea, J. (2023). *Producción de leche de bovino: el caso de Hidalgo, México*. México: Instituto de Investigaciones Económicas. Obtenido de <https://ru.iiec.unam.mx/6132/1/4.%20167-Carbajal-Goicoechea.pdf>

- Cardona Serrate, F. (2019). *Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones*. España: Universitat Politècnica de València. Obtenido de <https://bit.ly/3OtkNLc>
- Casaubon-Garcín, P., Lamshing-Salinas, P., Isoard-Acosta, F., Lemen-Meyer, S. C., Delgado-Franco, D., & Pérez-Lizaur, A. B. (2018). pH de los alimentos: ¿una herramienta para el manejo de los pacientes con reflujo gastroesofágico? *Revista Mexicana de Pediatría*, 89-94. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-2018/sp183c.pdf>
- Chaves Yela, J. A., Ortiz Toba, D. P., Bahos Ordoñez, E. M., Ordoñez Forero, G. A., & Villota Padilla, D. C. (2022). Análisis del perfil de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas del aceite de palma de mil pesos (*Oenocarpus Bataua*). *Perspectivas en nutrición humana*, 175-188. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/penh/v22n2/0124-4108-penh-22-02-175.pdf>
- Chaparro, L., Palmero, J., García, T., & Terán, Y. (2011). Curvas de deshidratación del apio (*Arracacia xanthorrhiza*) y auyama (*Curcubita maxima*) y su efecto sobre las propiedades funcionales. *Revista de la Facultad de Agronomía (Luz)*, 205-222. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/curvas-de-secado/34387506>
- COFEPRIS. (2022). Catálogo oficial de medios de cultivo. *Secretaría de la salud*, 1-31. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/791017/Cat_logo_oficial_de_medios_de_cultivo.pdf
- CONAHCYT. (02 de Junio de 2023). *CONAHCYT*. Obtenido de <https://www.ciad.mx/quesos-artesanales-un-alimento-insustituible-en-la-gastronomia-mexicana/>
- Cuéllar Sáenz, J. A. (2021). Razas bovinas especializadas en leche. *Veterinaria digital. Todo sobre veterinaria y producción animal*, 1. Obtenido de <https://www.veterinariadigital.com/articulos/razas-bovinas-especializadas-en-leche/>
- Delgadillo Ruíz, L., Bañuelos Valenzuela, R., Esparza Ibarra, E. L., Gutiérrez Bañuelos, H., Cabral Arellano, F. J., & Muro Reyes, A. (2015). Evaluación del perfil de nutrientes de bagazo de agave como alternativa de alimento para rumiantes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 1-4. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6nspe11/2007-0934-remexca-6-spe11-2099.pdf>
- Delgado-Alvarado, E. A., Ávila-Reyes, J. A., Torres-Ricario, R., Naranjo-Jiménez, N., Chaidez-Ayala, A. I., & Almaraz-Abarca, N. (2021). Caracterización Fitoquímica Agave shrevei Gentry. *Ecucba*, 56-59. Obtenido de <http://e-cucba.cucba.udg.mx/index.php/e-Cucba/article/view/200/176>
- Díaz Galindo, E. P., Valladares Carranza, B., Gutiérrez Castillo, A., Arriaga Jordan, C. M., Quintero Salazar, B., Cervantes Acosta, P., & Velázquez Ordoñez, V. (2017). Caracterización de queso fresco comercializado en mercados fijos y populares de Toluca, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 139-146. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v8n2/2448-6698-rmcp-8-02-00139.pdf>

- Díaz Martínez, E. I. (2019). *Trichoderma spp. para el control de Asterina mexicana agente causal de la viruela o negrilla de maguey pulquero*. México: Universidad Abierta y a la Distancia de México. Obtenido de <https://bit.ly/3CMIA64>
- Díaz Sánchez, G. I. (2021). Elaboración de productos lácteos. *Fundación Produce Sinaloa*, 1-24. Obtenido de <https://www.fps.org.mx/portal/index.php/component/phocadownload/category/32-pecuaria?download=132:elaboracion-de-productos-lacteos>
- Dussán-Sarria, S., Hurtado-Hurtado, D. L., & Camacho-Tamayo, J. H. (2019). Granulometría, Propiedades Funcionales y Propiedades de. *Información Tecnológica*, 3-10. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v30n5/0718-0764-infotec-30-05-00003.pdf>
- Escamilla Rosales, M. F. (2019). *Análisis de la composición de ácidos grasos de cuatro especies de insectos antes y después del proceso de freído*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido de <https://bit.ly/4g8kvVR>
- FAO. (13 de 09 de 2022). Obtenido de <https://www.fao.org/newsroom/story/-Worm-up-to-the-idea-of-edible-insects/es>
- FAO, & OMC. (2018). *Comercio y normas alimentarias*. México: Organización Mundial Del Comercio. Obtenido de https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/tradefoodfao17_s.pdf
- Fernández Fernández, E., Martínez Hernández, J. A., Martínez Suárez, V., Moreno Villares, J. M., Collado Yurrita, L. R., Hernández Cabria, M., & Morán Rey, F. J. (2015). Documento de Consenso: importancia nutricional y metabólica de la leche. *Nutrición Hospitalaria*, 92-101. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v31n1/09revision09.pdf>
- Figueredo Urbina, C. J., Medina Pérez, G., Juárez Muñoz, J., González Tenorio, R., Peláez Acero, A., & Arce Cervantes, O. (2023). Caracterización del metzal: una de las bondades del agave pulquero. *Mexican Journal of Technology and Engineering*, 3-6. Obtenido de <https://bit.ly/3ZsHqWs>
- Fito Maupoey, P., Andrés Grau, A. M., Barat Baviera, J. M., & Albors Sorolla, A. M. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. España: Universidad Politécnica de València. Obtenido de <https://bit.ly/3CPxfSY>
- Fresno, M., & Álvarez, S. (2007). *Análisis sensorial de los quesos gomeros*. Canarias, España: Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Obtenido de https://www.icia.es/icia/download/panimal/Analisis_Sensorial.pdf
- Furtado, M. M., & Brasil Ltda, D. (2017). El rendimiento de la fabricación de quesos; métodos para evaluación y comparación. *Perulactea*, 1-13. Obtenido de <https://www.perulactea.com/wp-content/uploads/2017/03/EL-RENDIMIENTO-DE-LA-FABRICACION-DE-QUESOS-12.pdf>

- Gallegos-Daniel, C., Taddei-Bringas, C., & González-Córdova, A. F. (2023). Panorama de la industria láctea en México. *Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 1-31. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/370881461_Panorama_de_la_industria_lactea_en_Mexico
- Gamarra Castro, R. J. (2019). *Efecto de la temperatura de secado y las condiciones de almacenamiento sobre la calidad organoléptica de la harina de Lúcumá (Pouteria lucuma) tipo seda*. Lima-Perú: Universidad San Ignacio de Loyola. Obtenido de <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/bbaa52b2-78e7-4a5d-a5d9-080b24ca0344/content>
- García Mendoza, A. J., & Franco Martínez, I. S. (2018). *Actualización de la información de las especies y subespecies de magueyes de Oaxaca, con énfasis en las especies mezcaleras*. Instituto de Biología. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/NE012_Anexo_Fichas_agave.pdf
- García Montes, M. A., Figueredo Urbina, C. J., Bucio Peña, R., & Leonel Cruz, A. L. (2023). *Los chinicuiles o gusanos rojos del maguey: alimento de origen prehispánico amenazado por su sobreexplotación*. México: Facultad de Ciencias Biológicas. Obtenido de <https://biologiaysociedad.uanl.mx/index.php/b/article/view/90/81>
- García Núñez, R. M., Galán Reséndiz, M., Cuevas Sánchez, J. A., & Álvarez Hernández, R. (2020). Identificación y caracterización morfológica de agaves en sistemas agroforestales con metepantle en tierras campesinas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 917-929. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v11n4/2007-0934-remexca-11-04-917.pdf>
- García, O., Aiello Mazzarri, C., Peña Chirino, M. C., Ruiz Ramírez, J. L., & Acevedo Pons, I. d. (2012). Caracterización físico-química y propiedades funcionales de la harina obtenida de granos de quinchoncho (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) sometidos a diferentes procesamientos. *Revista Científica UDO Agrícola*, 919-928. Obtenido de <https://www.bioline.org.br/pdf?cg12105>
- García-Vergara, Z., Matos-Mosqueda, L., & Cabreja-López, J. L. (2023). Factores determinantes del rendimiento del queso azul de leche caprina en la UEB lácteos nuevas. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada YACHASUN*, 83-98. Obtenido de <file:///C:/Users/edith/Downloads/ARTICULO+7+FEBRERO+YACHASUN+2023-1.pdf>
- Giménez Ramírez, J. C. (2016). Raza Bovina Ayrshire. *Pregon agropecuario*, 1-11. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/451333542/ayrshire-docx>
- Gómez Pérez, G. (2012). *Presencia de taninos en cultivos de forraje verde hidropónico producido a partir de sorgos*. Torreón, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Obtenido de

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3301/gonzalo%20gomez%20perez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- González Ulibarry, P. (2018). *Definiciones de Leche y Queso*. Codex Alimentarius. Obtenido de <https://www.camara.cl/verDoc.aspx?prmID=147097&prmTIPO=DOCUMENTOCOMISION>
- González-Hoyos, L. V., Arroyo-Rincón, A. M., Tobar-Suarez, A., Polanía-Rivera, A. M., Ayala-Aponte, A., & Díaz-Ortiz, A. (2022). Obtención de “snacks” de piña (Ananas comosus) mediante las técnicas combinadas de ventana de refractancia y fritura con aire caliente. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 165-178. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v20n1/1692-3561-bsaa-20-01-165.pdf>
- Gramajo, M. G. (2017). Aplicación de los métodos de conservación de alimentos. *Revista Ingeniería y Ciencia*, 10-20. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/228879718.pdf>
- Guerrero-Haber, J. R., Ramírez-Perú, A. L., & Puente-Vidal, W. (2011). Caracterización del suero de queso blanco del combinado lácteo Santiago. *Tecnología Química*, 93-100. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543774010.pdf>
- Guiñazú Fernández, C. (2020). *Harinas sin gluten de origen vegetal para el desarrollo de productos alimentarios. Aplicaciones, propiedades nutricionales y características funcionales*. València: Universitat Politècnica de València. Obtenido de <https://miniurl.cl/n4auxe>
- Guzmán C., L. E., Tejada T., C., De la Ossa M., Y. J., & Rivera R., C. A. (2015). Análisis comparativo de perfiles de textura de quesos frescos de leche de cabra y vaca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 139-147. Obtenido de <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/359/548>
- Henning, G., & Vaillard, S. (2019). *Conservación de Alimentos*. México: Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química. Obtenido de https://intec.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/sites/15/2019/09/depiante_conservacion_de_alimentos_201909.pdf
- Iglesias Díaz, R., Grimaldi Gutiérrez, R. V., Villanueva Galindo, B. E., Hernández Jarquín, J. M., López de Paz, P., & Lastres Danguillecourt, O. (2018). Cinética de secado de moringa oleífera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 935-947. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n5/2007-0934-remexca-9-05-935.pdf>
- Iser, M., Valdivie, M., Figueredo, L., Nuñez, E., Más, D., & Martínez, Y. (2020). Secondary metabolites, quality indicators and organoleptic characteristics of stems meal from Agave fourcroydes (Henequen). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 25-34. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/cjas/v54n1/2079-3480-cjas-54-01-25.pdf>
- Laines Hidalgo, J. I. (2019). *Análisis de la síntesis de alcaloides en frutos y semillas de Argemone mexicana L.* Mérida, Yucatán, México: Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. Obtenido de https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1507/1/PCB_M_Tesis_2019_Jose_Ignacio_Laines_Hidalgo.pdf

- López Guzmán, I. K. (2010). *Propiedades físico-químicas, texturales y sensoriales del queso elaborado en el municipio de Vega de Alatorre, Ver., y su relación con algunas características del queso de La Joya, Ver.* Xalapa-Enríquez, Veracruz, México: Universidad Veracruzana. Obtenido de <http://surl.li/ruiuji>
- M. Brousse, M., A. Linares, R., & B. Nieto, A. (2019). Efecto de la temperatura de secado y concentración del inhibidor de pardeamiento en purés de mandioca deshidratados. *RECYT*, 89-98. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/recyt/n31/n31a13.pdf>
- Macías-Mejía, B. A., Gómez-Salazar, J. A., Mireles-Arriaga, A. I., & Rodríguez-Hernández, G. (2019). Determinación de parámetros fisicoquímicos y sensoriales de queso fresco de la ciudad de Irapuato. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 531-537. Obtenido de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/5/73.pdf>
- Martínez Pinzón, P. A. (2022). *Caracterización de las propiedades tecnológicas de la torta residual de sachá inchi (Plukenetia volubilis L.): para su aprovechamiento en un producto panificado.* Bogotá D.C.: Universidad de la Salle. Obtenido de https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1749&context=ing_alimentos
- Martínez Salvador, M. (2013). *Ecología y usos de especies forestales de interés comercial de las zonas áridas de México.* México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Obtenido de <http://surl.li/mfpxhn>
- Mazorra Manzano, M. A., Ramírez Montejó, H., Lugo Sánchez, M. E., González Córdova, A. F., & Vallejo Córdoba, B. (2019). Caracterización del lactosuero y requesón proveniente del proceso de elaboración de queso cocido (asadero) región Sonora. *Ciencias Naturales e Ingenierías*, 1-19. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ns/v11n23/2007-0705-ns-11-23-00011.pdf>
- Medina-Mendoza, C., Roldán-Cruz, E. I., & Vázquez-Jahuey, M. (2023). Caracterización fisicoquímica, microbiológica y organoléptica del aguamiel y pulque del alto Mezquiteal, Hidalgo. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 1-15. Obtenido de [file:///C:/Users/edith/Downloads/Dialnet-CharacterizacionFisicoquimicaMicrobiologicaYOrganol-8806418%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/edith/Downloads/Dialnet-CharacterizacionFisicoquimicaMicrobiologicaYOrganol-8806418%20(2).pdf)
- Méndez Ventura, L. M. (2020). *Manual de prácticas de Análisis de Alimentos.* Xalapa, Veracruz. México: Universidad Veracruzana. Obtenido de <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>
- Milk. (2022). *Evaluación sensorial de productos lácteos.* Unión Europea: Programme of the European Union. Obtenido de https://milk-ed.eu/wp-content/uploads/2022/04/Sensory-evaluation-of-dairy-products_ES.pdf
- milkplan. (2022). *milkplan.* Obtenido de <https://milkplan.com/site/index.php/es/products/solutions/lactoscan#:~:text=El%20MP%20Lactoscan%20es%20un,C%20a%2040%20%C2%B0%20C>.

- Molina Cordonez, B. A. (2022). *Alimentos funcionales – Una revisión básica del Estado del Arte y su importancia en la Industria Alimentaria*. Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36050/1/AL%20856.pdf>
- Moreano Pilatasig, M. M. (2015). *Determinación de azúcares reductores y su relación con carbohidratos no absorbidos en niños (a) del centro de educación inicial "María Montessori" del cantón latacunga en el período 2014-2015*. Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10569/1/TESIS%20MAYRA%20MOREANO%20\(1\).pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10569/1/TESIS%20MAYRA%20MOREANO%20(1).pdf)
- Narváez Suárez, A. U., Martínez Saldaña, T., & Jiménez Velázquez, M. A. (2016). El cultivo de maguey pulquero: opción para el desarrollo de comunidades rurales del altiplano mexicano. *Geografía Agrícola*, 3-6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/757/75749287005.pdf>
- Neri Gonzánlez, M. C. (2016). *Aprovechamiento del camote (Ipomoea batatas) para el desarrollo de harinas funcionales y su aplicación en la elaboración de muffins reducidos en gluten*. Puebla. México: Universidad Autónoma de Puebla. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/ae29371d-0a7a-48c1-b42f-8b36fe6bb7a4/content>
- Nieto Aquino, R., Vargas Monter, J., Nieto Aquino, J. C., Rodríguez Ortega, A., Jiménez Pérez, V. M., Hernández Callejas, J., & Ortiz Balderas, M. (2016). *EL CULTIVO DE MAGUEY (Agave salmiana) EN EL VALLE DEL MEZQUITAL*. México: Universidad Politécnica de Francisco I. Madero. Obtenido de <https://upfim.edu.mx/wp-content/investigacion/libros/MagueyPulquero.pdf?t=1660859095>
- Nogales Villalba, D. E. (2018). *Efecto de la forma y dimensión de muestras de queso fresco y velocidad de prueba sobre el análisis de perfil de textura instrumental*. Riobamba-Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4809/1/UNACH-EC-ING-IND-2018-0004.pdf>
- Ochoa-Flores, A. A., Hernández-Becerra, J. A., López-Hernández, E., & García-Galindo, H. S. (2013). Rendimiento, firmeza y aceptación sensorial de queso panela adicionado con estabilizantes. *Universidad y Ciencia Trópico Humedo*, 1-10. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v29n3/v29n3a6.pdf>
- OISS. (2019). Harina (polvo). *Organización Iberoamericana de Seguridad Social*, 1-3. Obtenido de <https://oiss.org/wp-content/uploads/2019/06/43-HarinaPanaderia.pdf>
- OMS. (2023). Día Mundial de la Inocuidad de los Alimentos 2023: Las normas alimentarias salvan vidas. *Organización Panamericana de la Salud*, 1. Obtenido de <http://surl.li/piixw>
- Onofre, J. E., Testón, N., Ramírez, J., & Campa, E. (2023). El consumo de insectos (entomofagia) identificando la temporalidad en la comunidad de Santiago Tezontlale, Hidalgo, México. *IXMATI*, 58-75. Obtenido de file:///C:/Users/edith/Downloads/IXMATI+16-59-76.pdf

- Osorio Tobón, J. F., Ciro Velásquez, H. J., & Mejía Restrepo, L. G. (2004). Caracterización textual y fisicoquímica del queso edam. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 1-12. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179914072009.pdf>
- PACMyC. (2019). Tipo de magueyes. *Secretaría de cultura*, 1-5. Obtenido de <https://www.latierradelpulque.com/manual-para-hacer-pulque/tipos-de-magueyes>
- Paneque Escalona, T., Polanco Arias, M., Jiménez Nogueras, C., & Piquera Palomino, Y. (2020). Estudio etnofarmacológico de algunas especies endémicas de agave utilizados en la medicina tradicional. *Revista científica y tecnológica UPSE*, 1. Obtenido de <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/download/471/450?inline=1>
- Paredes Montoya, P., Chávez Martínez, A., Rodríguez Figueroa, J. C., Aguilar Palma, N., Rentería Monterrubio, A. L., & Rodríguez Hernández, G. (2014). Características fisicoquímicas y microbiológicas de suero de leche de queso Chihuahua. *Investigación y Ciencia*, 11-16. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/674/67432507002.pdf>
- Pascual Chagman, G., & Zapata Huamán, J. (2010). Sustitución parcial de harina de *Triticum aestivum* L. por harina de *Kiwicha Amaranthus caudatus* L., usando el método directo y esponja y masa, en la elaboración de pan. *Rev Soc Quím Perú*, 377-388. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v76n4/a08v76n4>
- Pellegrini Zurita, J. D. (2017). *Inactivación de poligalacturonasa en tomate (Solanum lycopersicum L.) empleando microondas*. Culiacán, Sinaloa, México: Universidad Autónoma de Sinaloa. Obtenido de https://mcta.uas.edu.mx/pdf/repositorio/2014-2016/06_Pellegrini_Zurita_Jesus_David.pdf
- Pérez-González, D. I., Castro-Olivares, J. E., Flores-Méndez, J., Mendoza-Quiñonez, J. A., Michua-Camarillo, A., & Aparicio-Razo, M. (2021). Evaluación y comparación de resistencia a la tracción y flexión de Quiote del Maguey Manso (*Agave Salmiana*) contra bambú Guadua. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 1-6. Obtenido de <http://surl.li/klcbak>
- Piqueras Martinho, M. (2016). *Actualización en higiene alimentaria, manipulación, toxiinfecciones alimentarias y etiquetado de alimentos*. México: Área de Innovación y Desarrollo, S.L. Obtenido de <file:///C:/Users/edith/Downloads/Dialnet-ActualizacionEnHigieneAlimentariaManipulacionToxi-660538.pdf>
- PROFECO. (2011). Estudio de calidad: queso panela. *Revista del consumidor*, 1-14. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/119172/Estudio_Quesos_Panela_28-41_Julio_2011.pdf
- PRPFECO. (2017). Entérate que encontramos en los quesos panela. *Revista del Consumidor*, 1-18. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/227531/Laboratorio_Profeco_Reporta_Queso_Panela_EdC_RdC_junio_2017_20170531.pdf

- Quiroja, M. N. (2020). *Evaluación sensorial en quesos de cabra y oveja. Sus similitudes y diferencias*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Obtenido de <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/04/Trabajo-Final-Mat%C3%ADas-Quiroga.pdf>
- Ramman, N. (2006). *Phytochemical Technique*. India: New India Publishing.
- Ramírez Méndez, J. E., Hernández Castillo, F. D., Tucuch Pérez, M. A., Camacho Aguilar, I. I., Arredondo Valdés, R., & Villarreal Quintanilla, J. Á. (2022). Efectividad biológica de extractos de *Agave striata* y *Fouquieria splendens* contra *clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 34-42. Obtenido de file:///C:/Users/edith/Downloads/admin,+Articulo+04+--+1751.pdf
- Ramírez-López, C., & Vélez-Ruiz, J. F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 131-148. Obtenido de <http://surl.li/jywawj>
- Ramírez-Manzano, S. I., Bye, R., García-Moya, E., & Romero-Manzanares, A. (2020). Aprovechamiento del maguey pulquero en Nanacamilpa, Tlaxcala, México. *Revista Etnobiología*, 65-76. Obtenido de file:///C:/Users/edith/Downloads/357-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1504-1-10-20200424.pdf
- Rangel Nava, Z. E. (2024). *Fructanos de agave en la calidad del queso panela, su lactosuero y requesón*. Nuevo León, México: Universidad Autónoma de Nuevo León. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/27356/1/1080312894b.pdf>
- Regalado Rentería, E., Godínez Hernández, C. I., Aguirre Rivera, J. R., Camacho Ruíz, R. M., & Juárez Flores, B. I. (2021). Caracterización de fructanos de tallos de *Agave salmiana* otto ex salm dyck y A. tequilana F.A.C. weber en madurez fisiológica plena. *Botanical Sciences*, 388-397. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v99n2/2007-4476-bs-99-02-388.pdf>
- Requena Peláez, J. M. (2013). Harina. *Innovación y Experiencias Educativas*, 1-9. Obtenido de https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/iee/Numero_60/JOSE_REQ UENA_1.pdf
- Rodiles López, J. O., & Zamora Vega, R. (09 de Septiembre de 2020). *TecnoAgro*. Obtenido de TecnoAgro: <https://tecnoagro.com.mx/no.-143/secado-en-la-industria-de-alimentos>
- Rodiles López, J. O., Trujillo Aguirre, R. M., & Zamora Vega, R. (2022). La leche y los derivados lácteos. *Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.*, 1-5. Obtenido de file:///C:/Users/edith/Downloads/Dialnet-LaLecheYLosDerivadosLacteos-9147135.pdf
- Rodiles-López, J. O., Ochoa Manzo, G. M., & Zamora Vega, R. (2023). EL QUESO Y SUS VARIEDADES. *Facultad de Químico Farmacobiología.*, 1-5. Obtenido de file:///C:/Users/edith/Downloads/Dialnet-ElQuesoYSusVariedades-9147150.pdf

- Roldán Cruz, E. I., & Medina Mendoza, C. (2023). *Maguey aguamiel/pulque: una visión para el desarrollo territorial*. México: El Colegio del Estado de Hidalgo. Obtenido de <http://surl.li/hyhuvc>
- Rubio Fontanills, Y., Hernández Álvarez, L. M., Jiménez Rabelo, J., Pérez Hernández, Y., Portilla Tundidor, Y., & Valdivia Avila, A. L. (2018). Propiedades fitoquímicas y antibacterianas de los extractos de las hojas de *Agave fourcroydes* Lem. (henequén). *Revista cubana de plantas medicinales*, 1. Obtenido de <https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/452/302>
- Ruiz-Garza, A. E., Nuñez-González, M. A., Amaya-Guerra, C. A., Baez-González, J. G., Aguilera-González, C. J., & Montemayor-Leal, J. (2017). Caracterización funcional de fibras comerciales modificadas por medio físicos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 422-427. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/23740/1/75.pdf>
- SAGARPA. (22 de Septiembre de 2023). *Gobierno de México*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/al-alza-produccion-lechera-en-mexico-crece-9-en-los-ultimos-cinco-anos>
- Sánchez Llodrá, F. I., Galván Ayala, D., & Pitre Ruíz, L. (2022). Análisis fitoquímico de extractos de frutos y hojas de dividivi (*Caesalpinia coriaria*) (jacq.) willd. *Ciencia Ingeniería*, 1-20. Obtenido de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/690/6903714002/6903714002.pdf>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023 de Agosto de 2023). *Gobierno de México*. Obtenido de Gobierno de México: <http://surl.li/sdvwiz>
- Secretaría de la Salud. (1994). Norma Oficial Mexicana NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, madurados y procesados. Especificaciones sanitarias. *Diario Oficial de la Federación*, 1-9. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4729075&fecha=15/08/1994#gsc.tab=0
- Secretaría de la salud. (2009). NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. *Diario Oficial de la Federación*, 1-76. Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5100356&fecha=27/07/2009
- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial . (1981). Norma Oficial Mexicana NOM-F-360-S-1981, alimento para humanos-determinación de cloruros como cloruro de sodio (método de Volhard), así como el Aviso de Declaratoria de Vigencia. *Diario Oficial de la Federación*, 1. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4705698&fecha=23/12/1981#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y

- especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. *Diario Oficial de la Federación*, 1-128. Obtenido de http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/2035/FQFB-R-M-2020-0245.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SIAP. (2017). Maguey: un agave que nos provee diversos productos agroalimentarios nativos. *Gobierno de México*, 1. Obtenido de <http://surl.li/jsskuc>
- SIAP. (2018). El pulque más que tradición es pura nutrición. *Gobierno de México*, 1. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-pulque-mas-que-tradicion-es-pura-nutricion-176177>
- SIAP. (2018). El quiote y sus flores, las delicias del maguey. *Gobierno de México*, 1. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-quiote-y-sus-flores-las-delicias-del-maguey?idiom=es>
- SIAP. (2018). Maguey pulquero: el estado de Hidalgo destacó en 2017 con 69.6% de la producción nacional. *Gobierno de México*, 1. Obtenido de <http://surl.li/qtyjwi>
- SIAP. (2021). Pulque, una bebida artesanal. *Gobierno de México*, 1. Obtenido de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/pulque-una-bebida-artesanal>
- SIAP. (2023). *Maguey pulquero*. México. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/838426/maguey_pulquero_monografia_2023.pdf
- SIAP. (2023). Producción Agrícola. *Gobierno de México*, 1. Obtenido de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Solís Oba, A., Solís Oba, M. M., Teniza García, O., & Martínez Casares, R. M. (2023). Propuesta para el aprovechamiento industrial del lactosuero. *Revista Bio Ciencias*, 1-17. Obtenido de <file:///C:/Users/edith/Downloads/e.1392+-SPA.pdf>
- Soria Herrera, R. J. (2020). *Evaluación de la calidad microbiológica en queso fresco y adobera, de la región Tierra Caliente del estado de Michoacán*. Morelia Michoacán. México: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Obtenido de http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle/DGB_UMICH/2035/FQFB-R-M-2020-0245.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Souza, D. G., Resende, O., Moura, L. C., Ferreira Junior, W. N., & S. Andrade, J. W. (2019). Drying kinetics of the sliced pulp of biofortified sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Engenharia Agrícola*, 176-181. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/eagri/a/S6ZpGm7FRZmD8PvmLYxs6Bc/?format=pdf&lang=en>
- Suárez-Hernández, L., Barrera-Zapata, R., & Forero-Sandoval, A. F. (2016). Evaluación de alternativas de secado en el proceso de elaboración de harina de lombriz. *Transformación y*

- agroindustrial*, 55-71. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n1/v17n1a06.pdf>
- Terrero Jimenez, Z. (2022). *Caracterización física, química, sensorial y microbiológicos de quesos tipo panela adicionado inulina y ácidos grasos omega-3*. México: Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Obtenido de <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/bitstream/TecNM/5715/1/TESIS%20ZURIDEYSI%20TERRERO%20JIMENEZ%2018%20DE%20FEBRERO%202022.pdf>
- UnADM. (2023). *Tecnología y conservación de alimentos*. México: División de Ciencias de la Salud, Biológicas y Ambientales (DCSBA). Obtenido de https://dmd.unadmexico.mx/contenidos/DCSBA/BLOQUE2/NA/06/NTCA/unidad_02/descargables/NTCA_U2_Contenido.pdf
- Valdés-Restrepo, M. P., Delgado-Ospina, J., Londoño-Hernández, L., & Rodríguez-Restrepo, R. A. (2023). Sistema de medición del color como parámetro de calidad en la industria de alimentos. *Revista temas agrarios*, 69-81. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/373006609_Sistema_de_medicion_del_color_como_parametro_de_calidad_en_la_industria_de_alimentos
- Vásquez-Lara, F., Verdú-Amat, S., Islas-Rubio, A. R., Barat-Baviera, J. M., Grau-Meló, R., Granados-Nevárez, M. d., & Ramírez-Wong, B. (2021). Efecto del tratamiento térmico en harina de avena utilizada en la sustitución de harina de trigo para la elaboración de pan. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 55-64. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/biotecnia/v23n2/1665-1456-biotecnia-23-02-55.pdf>
- Vázquez García, A., Aliphath Fernández, M. M., Estrella Chulim, N. G., Ortis Torres, E., Ramírez Juárez, J., & María Ramírez, A. (2016). El maguey pulquero, una planta multifuncional y polifacética: los usos desde una visión mestiza e indígena. *Scripta Ethnologica*, 65-88. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/148/14849184004.pdf>
- Vega-García, M. A., Álvarez-Ríos, G. D., & Figueredo-Urbina, C. J. (2023). Sistemas de manejo de agaves pulqueros en el estado de Hidalgo. *Publicación Semestral Pädi*, 92-100. Obtenido de [file:///C:/Users/edith/Downloads/9598-Manuscrito-60258-2-10-20230105%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/edith/Downloads/9598-Manuscrito-60258-2-10-20230105%20(3).pdf)
- Velasco Bermúdez, M. F. (2017). *Desnaturalización de proteínas séricas de leche bovina por termosonicación y su aplicación en quesos frescos*. Puebla, México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/server/api/core/bitstreams/52a617b2-1f79-4ae9-8d78-cf6d55df1043/content>
- Velázquez Castañón, C. (2023). *Efecto de la adición de nanopartículas de óxido de hierro funcionalizadas con extracto de ajo (Allium sativum L.) sobre la vida de anaquel de un queso panela*. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/jspui/bitstream/231104/3417/1/ATD70.pdf>

- Vera Morales, J. M., Vargas Hernández, M., Dector Espinoza, A., & Amaya Cruz, D. M. (2023). *Aguamiel y pulque: más que bebidas tradicionales*. México: Universidad Autónoma de Querétaro, México. Obtenido de <https://revistas.uaq.mx/index.php/perspectivas/article/view/1117/1174>
- Villacorta, J. R., Rivas, R. M., Núñez, M. J., Sánchez-Pérez, J. P., & Martínez, M. L. (2017). Cuantificación de sesquiterpenlactonas procedentes de las hojas de culea urticifolia (Asteraceae) durante el año 2012. *Revista MINERVA*, 41-50. Obtenido de <https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/4d6e467c-6f54-495b-8c56-298f1b0c9875/content>
- Villalobos Araujo, A. P., Chávez Novoa, D., Lescano, L., Lindsay Rojas, M., Pagador, S., Linares, G., & Sánchez-González, J. (2021). Análisis del perfil de textura del queso mantecoso comercial. *LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, 1-9. Obtenido de https://www.laccei.org/LACCEI2021-VirtualEdition/full_papers/FP149.pdf
- Villar Lozano, N. (2021). *Propiedades físicas, funcionales y químicas de harina obtenida a partir de semillas de quinua*. València: Universitat politècnica de València. Obtenido de <http://surl.li/umbvws>

Anexos

Anexo I. Preparación de reactivo DNS

El reactivo DNS se preparó de la siguiente manera: primero se prepararon 100 mL de NaOH (2N), en un matraz aforado. Por otro lado, en un vaso de precipitado de 1000 mL, se diluyeron 5 g de ácido 3,5-dinitrosalicílico y 150 g de tartrato de sodio y potasio, se sometieron a agitación para disolver perfectamente. Posteriormente ambas soluciones preparadas se mezclaron y se aforaron a 500 mL. Por último, el reactivo se guardó en un envase ámbar y se forro con aluminio, ya que es sensible a la luz (Miller, 1958).

Anexo II. Curvas de calibración del DNS

La curva de calibración se llevó a cabo de la siguiente manera: se pesaron 2 g de glucosa y se colocaron en un matraz aforado de 200 mL. Después, se aforó con agua destilada para obtener la solución patrón. Para elaborar la curva de calibración, se utilizaron tubos de ensay y se siguió la relación correspondiente entre la muestra patrón, agua destilada y DNS. Posteriormente, los tubos fueron colocados a baño maría (100°C) por 5 min, después se dejaron enfriar a baño de hielo para finalmente realizar la lectura en un espectrofotómetro a una longitud de onda de 540nm.

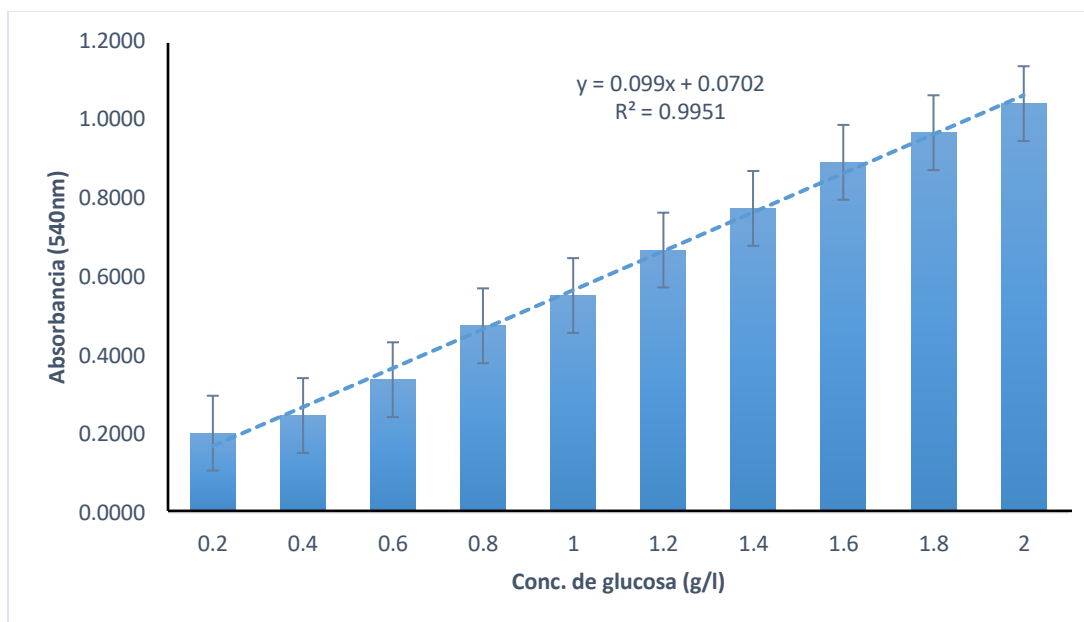
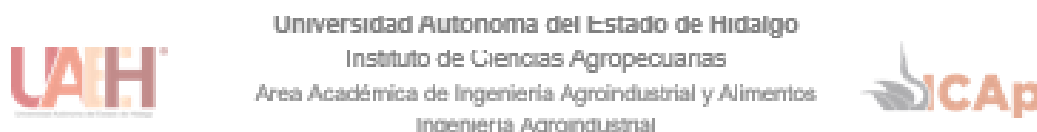


Figura 8. Curva de calibración de glucosa

Anexo III. Formato utilizado para el análisis sensorial de nivel de agrado

Se analizaron los cuatro quesos de los diferentes tratamientos (C:0%, T1:0.1%, T2:0.3% y T3:0.5%). A cada queso se le asignó un código, para que después los jueces los analizaran y especificaran las razones por las cuales les gustaron o no.



Fecha _____ Edad: _____ Sexo: F M Lugar de procedencia: _____
 Programa educativo: _____

Instrucciones: Frente a usted, se encuentran 4 muestras previamente codificadas, comience a evaluar (de izquierda a derecha). Por favor tome agua entre cada muestra. Posteriormente indique con una x que tanto le gusta la muestra.

Código de muestra	Nivel de agrado	¿Por qué?
	Me gusta mucho _____ Me gusta _____ Ni me gusta ni me disgusta _____ No me gusta _____ Me disgusta mucho _____	
	Me gusta mucho _____ Me gusta _____ Ni me gusta ni me disgusta _____ No me gusta _____ Me disgusta mucho _____	
	Me gusta mucho _____ Me gusta _____ Ni me gusta ni me disgusta _____ No me gusta _____ Me disgusta mucho _____	
	Me gusta mucho _____ Me gusta _____ Ni me gusta ni me disgusta _____ No me gusta _____ Me disgusta mucho _____	

Gracias por su participación

Figura 9. Formato aplicado para el análisis sensorial

Anexo IV. Comparaciones múltiples de los quesos panela con diferentes proporciones de harina de metzal

En la Tabla 29 se comparan todos los tratamientos entre sí. Es decir, el tratamiento control se comparó con el T1, T2 y T3, y así sucesivamente. La tabla indica específicamente que el tratamiento control y el T1 es significativamente diferente ($p < 0.05$) al T2 y T3.

Tabla 29. Comparaciones múltiples entre los quesos panela con las diferentes concentraciones de harina de metzal.

Variable dependiente: Valor

DHS de Tukey

(I)Queso	(J)Queso	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de confianza 95%		Nivel de agrado
					Límite inferior	Límite superior	
.00	.10	-.06	.112	.943	-.35	.3322	3.98±0.93 ^a
	.30	1.03*	.112	.000	.74	1.32	
	.50	1.26*	.112	.000	.97	1.55	
.10	.00	.06	.112	.943	-.22	.35	4.05±0.73 ^a
	.30	1.09*	.112	.000	.81	1.38	
	.50	1.32*	.112	.000	1.04	1.61	
.30	.00	-1.03*	.112	.000	-1.32	-.74	2.95±1.00 ^b
	.10	-1.09*	.112	.000	-1.38	-.81	
	.50	.23	.112	.173	-.06	.52	
.50	.00	-1.26*	.112	.000	-1.55	-.97	2.72±0.87 ^b
	.10	-1.32*	.112	.000	-1.61	-1.04	
	.30	-.23	.112	.173	-.52	.06	

La diferencia de medias es significativa al nivel 0.05.