

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y  
ARTES DE CHIAPAS

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA NUTRICIÓN Y  
ALIMENTOS

TESIS  
PROFESIONAL

ELABORACIÓN DE UN YOGUR  
ADICIONADO CON CUAJILOTE  
(*PARMENTIERA EDULIS*)

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN CIENCIA Y  
TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PRESENTA

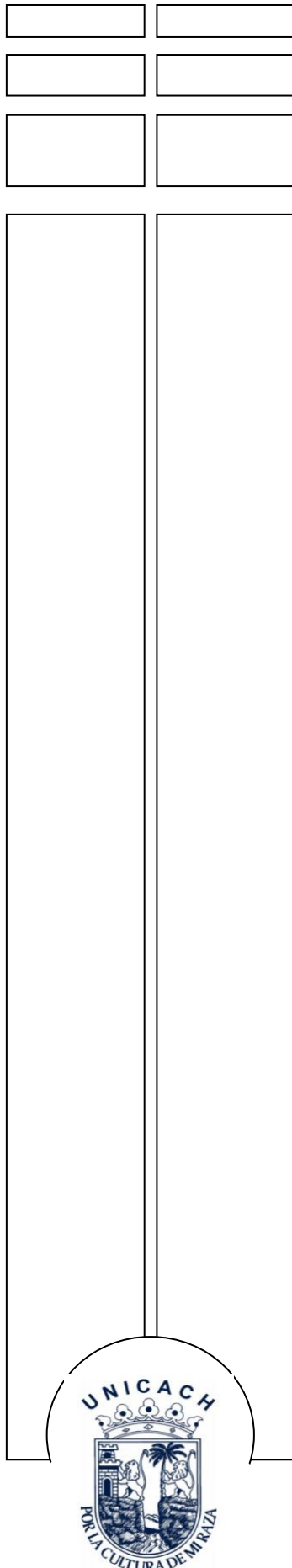
ADELUZ PINEDA PINEDA

DIRECTOR DE TESIS

MTRO. JOSÉ ABELARDO CASTILLO ARCHILA

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

28 DE OCTUBRE DE 2024





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS  
 DIRECCION DE SERVICIOS ESCOLARES  
 DEPARTAMENTO DE CERTIFICACION ESCOLAR



Autorización de Impresión

Lugar y Fecha: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, 25 de octubre de 2024

C. Adeluz Pineda Pineda

Pasante del Programa Educativo de: Ciencia y Tecnología de Alimentos

Realizado el análisis y revisión correspondiente a su trabajo recepcional denominado:  
Elaboración de un yogur adicionado con cuajilote (*Parmentiera Edulis*)

En la modalidad de: Tesis Profesional

Nos permitimos hacer de su conocimiento que esta Comisión Revisora considera que dicho documento reúne los requisitos y méritos necesarios para que proceda a la impresión correspondiente, y de esta manera se encuentre en condiciones de proceder con el trámite que le permita sustentar su Examen Profesional.

ATENTAMENTE

Revisores

Firmas

Dra. Gabriela Nallely Trejo Díaz

Mtro. Pedro Gerardo Trejo Flores

Mtro. José Abelardo Castillo Archila



COORDINACIÓN  
DE TITULACIÓN

# AGRADECIMIENTO

Al concluir esta hermosa etapa de mi vida quiero agradecer a uno de mis pilares fundamentales, mis padres y hermanos por el apoyo recibido durante mi carrera, la confianza brindada aún en momentos difíciles y en especial por su cariño; y con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar al final de la meta, han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, para el cual no existen palabras que expresen lo que ha significado su apoyo incondicional. Por esto y más, mi más profundo agradecimientos. Los amo mucho.

Expreso mi agradecimiento con profundo reconocimiento extendiendo a mi asesor de tesis, el maestro José Abelardo Castillo Archila por su dedicación y su inestimable guía, que han sido pilares fundamentales en la dirección y enriquecimiento de esta investigación.

Finalmente, mi profundo agradecimiento a mí, Adeluz Pineda Pineda, por creer y confiar siempre en mí, por tanta valentía y mi esfuerzo durante la carrera; por no rendirme en los momentos difíciles, que a pesar de las adversidades seguí adelante.

# DEDICATORIA

## **A mis padres,**

Alicia Pineda Morales

Nazarín Pineda de la cruz

Esta tesis la dedico a ustedes con todo mi corazón porque sus palabras de aliento, sus sacrificios silenciosos han sido el motor que me ha impulsado a seguir adelante. Su fe en mis capacidades me ha dado la confianza necesaria para superar cada obstáculo y alcanzar este logro tan importante.

## **En memoria,**

A mi tía abuela Leticia Pineda Orozco, mi fuente de sabiduría, te dedico mis mayores logros y no cierro al amor solo porque podría doler en el futuro. Aunque ya no te encuentres conmigo, tu amor continúa guiándome en cada paso de este camino.

# CONTENIDO

Introducción.....	1
Justificación.....	3
Planteamiento del problema.....	5
Objetivos.....	6
General.....	6
Específicos.....	6
Marco teórico.....	7
Yogur.....	7
Historia.....	8
Características.....	9
Clasificación del yogur.....	10
Propiedades nutricionales.....	11
Propiedades funcionales.....	15
Tendencias de consumo e innovaciones.....	16
Fibra dietaria.....	16
Definición.....	16
Componentes/composición.....	17
Clasificación de la fibra dietaria.....	18
Propiedades de la fibra.....	19
Fibra alimentaria antioxidante.....	21
Efectos reológicos adversos en la incorporación de fibra en yogur.....	22
Cuajilote.....	22

Características físicas de la especie <i>Parmentiera edulis</i> .....	22
Características fisicoquímicas del fruto <i>Parmentiera edulis</i> .....	25
Distribución y producción de la especie <i>Parmentiera edulis</i> .....	25
Propiedades del fruto <i>Parmentiera edulis</i> .....	26
Investigaciones realizadas del cuajilote ( <i>Parmentiera edulis</i> ).....	28
Aprovechamiento del fruto.....	29
Hipótesis.....	31
Metodología.....	32
Diseño de estudio.....	32
Muestra.....	32
Variables.....	32
Variable independiente.....	32
Variable dependiente.....	32
Diseño experimental.....	32
Instrumentos de medición.....	33
Papeleta para la evaluación sensorial.....	33
Descripción de las técnicas a utilizar.....	34
Proceso de obtención de la pulpa del fruto de cuajilote.....	34
Proceso de elaboración de harina de cuajilote.....	34
Proceso de elaboración de yogur.....	34
Determinación de acidez titulable del yogur.....	35
Determinación de viscosidad.....	35
Determinación de colorimetría.....	35
Determinación de sinéresis.....	35
Determinación de humedad.....	36
Determinación de cenizas.....	36

Determinación de grasa cruda .....	36
Determinación de proteína cruda- Método Kjeldahl.....	36
Determinación de fibra .....	36
Determinación de carbohidratos.....	36
Descripción del análisis estadístico .....	36
Presentación y análisis de resultados.....	38
Análisis fisicoquímico.....	38
Análisis químico proximal.....	42
Evaluación sensorial.....	45
Formulación.....	47
Conclusiones .....	48
Glosario.....	49
Referencias documentales.....	50
Anexo 1. Análisis físicos .....	61
Determinación de acidez titulable del yogurt.....	61
Anexo 2. Determinación de las técnicas utilizadas para el análisis químico proximal. ....	62
Determinación de humedad .....	62
Determinación de cenizas .....	63
Determinación de grasa cruda .....	64
Determinación de proteína cruda- Método Kjeldahl.....	65
Determinación de fibra .....	66
Determinación de carbohidratos.....	67
Anexo 3. Papeleta para la evaluación sensorial .....	68

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fruto de cuajilote ( <i>Parmentiera edulis</i> ) sin madurar .	23
Figura 2. Fruto de cuajilote ( <i>Parmentiera edulis</i> ) en estado de maduración .	24
Figura 3. Árbol de cuajilote ( <i>Parmentiera edulis</i> )	25



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Especificaciones fisicoquímicas del yogur de acuerdo a la NOM-181-SCFI-2010. ....	9
Tabla 2. Concentraciones de compuestos mayoritarios de leche y yogur. ....	12
Tabla 3. Concentración de vitaminas en leche y yogur. ....	14
Tabla 4. Diseño experimental de los tratamientos. ....	33
Tabla 5. Resultados del análisis fisicoquímico del yogur con cuajilote en pulpa y harina. ....	38
Tabla 6. Resultados de las pruebas de color para la formulación de yogur con adición de cuajilote en pulpa y harina al 5 y 10%. ....	41
Tabla 7. Composición proximal de yogur adicionado con cuajilote en pulpa y harina. ....	42
Tabla 8. Resultados de la evaluación sensorial de yogur con cuajilote en pulpa y harina. ....	45
Tabla 9. Formulación de yogur adicionado con cuajilote. ....	47

## INTRODUCCIÓN

Los alimentos funcionales son aquellos que contienen componentes biológicamente activos (Fuentes-Berrio *et al.*, 2015) o materias primas ricas en antioxidantes, vitaminas, minerales y fibra, que han sido sometidas a diversos tipos de transformaciones (Méndez, 2019) ejerciendo efectos beneficiosos y nutricionales básicos en una o varias funciones del organismo y que se traducen en una mejora de la salud o en una disminución del riesgo de sufrir enfermedades (Fuentes-Berrio *et al.*, 2015). El interés de los consumidores en la relación entre la dieta y la salud ha incrementado la demanda de información sobre los alimentos funcionales y son muchos los factores sociales y demográficos que contribuyen simultáneamente al creciente interés en este tipo de alimentos (Aranceta *et al.*, 2011), ya que estos pueden estar destinados a toda la población o grupos determinados, que se pueden definir, por ejemplo, según su edad o constitución genética (Fuentes-Berrio *et al.*, 2015).

Uno de los alimentos funcionales más populares es el yogur, que a nivel mundial está en aumento, debido a sus propiedades nutricionales como buena fuente de proteínas y calcio; y a la presencia de bacterias benéficas (Narváez, 2017). De acuerdo al Codex Alimentarius, el yogur es leche (usualmente de vaca) que ha sido fermentada con *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* bajo condiciones definidas de tiempo y temperatura. Cada especie de bacterias estimula el crecimiento de la otra, y los productos de su metabolismo combinado dan como resultado la textura cremosa característica y el ligero sabor ácido, siendo un alimento de alto valor nutritivo, que regularizan la flora intestinal y es de fácil digestibilidad (CODEX STAN 243-2003).

Actualmente estamos en una era de innovación, de cambios, de transformación y de aprovechamiento de recursos a la par que se busca la diversificación de alimentos, aunque muchas veces se deja de lado el aprovechamiento de alimentos autóctonos que proporcionan beneficios para la salud, como es el caso de *Parmentiera edulis* o también conocida como cuajilote, cacao de mono, pepino del monte o bananilla; cuyo consumo podría estar asociado a algunos beneficios para la salud como el nivelar la glucosa en sangre (Monitor Expreso, 2020), esto debido a la presencia del guaianólido lactucin-8- metilacrilato que funciona como efecto hipoglucémico (Morales-Sánchez *et al.*, 2015), que es benéfica para los diabéticos, enfermedad que representa uno de los principales problemas de salud en el país (Monitor Expreso, 2020), además combate cálculos biliares, dolor de cabeza, hidropesía, o como efecto antiuro lítico

(Villar, 2011). Cabe resaltar que *P. edulis* cumple con las características de un alimento sano y nutritivo, ya que diversos autores han encontrado cantidades considerables de hidratos de carbono (azúcares, fibra, almidones), proteínas (compuestos nitrogenados), lípidos (grasas y aceites), así como también vitaminas y minerales en el fruto (Méndez, 2019) como hierro y cobre (Villar, 2011); por sus propiedades fisicoquímicas, se usan en la prevención y el tratamiento de enfermedades crónicas como estreñimiento, diverticulosis, obesidad, dislipemia, diabetes tipo II y tipos de cáncer. Este fruto también presenta buenas cualidades agronómicas; se adapta a una gama amplia de condiciones climáticas, tiene rendimientos de producción altos, facilidad de cultivo y se produce todo el año (Angón, 2006). Suele caer maduro sin que nadie lo aproveche, pues pocas personas tienen conocimiento de sus beneficios y propiedades (Monitor Expresso, 2020), al ser tan bajo su consumo alimenticio muchas veces es utilizado como forraje (Industria alimentaria, 2016). Por otra parte el fruto también posee fibra dietaria, la cual está compuesta por fibra soluble e insoluble, teniendo beneficios para la salud, admitiendo la propagación de flora bacteriana (bacterias bífidas, bacterias ácido lácticas y bacilos en el colon), que además permite la tolerancia gastrointestinal, reduce niveles de colesterol, permite el desarrollo de ácidos grasos de cadena corta, regula el tránsito en tracto digestivo y permite la adsorción de hierro y calcio (Valdez y Álvaro, 2019).

Por lo expuesto anteriormente, la presente investigación tiene por objetivo el aprovechar las propiedades del cuajilote, así como su disponibilidad y poco valor comestible, pretendiendo rescatar un recurso poco explorado que tiene muchos beneficios para la salud al adicionar el fruto a un yogur, cuyas propiedades fisicoquímicas y reológicas sean estables, por lo que se evaluarán el color, pH, actividad de agua, sinéresis, acidez titulable, viscosidad aparente, cenizas, grasa, proteínas y carbohidratos como parámetros fisicoquímicos. Además, se cuidará que sensorialmente sea atractivo por lo que se estandariza para determinar las cantidades y forma de adición del fruto al yogur. Para poder evaluar la aceptabilidad de las personas se realizan evaluaciones organolépticas del producto a través de una escala afectiva. De esa manera nos aseguramos de que las tecnologías aplicadas permitan el desarrollo de un alimento potencialmente funcional que además diversifique la producción alimentaria teniendo un impacto directo en la sustentabilidad, ambiente y salud de la población.

## JUSTIFICACIÓN

El yogur es fácil de incluir en la dieta debido a su sabor atractivo, la cantidad de proteínas naturales y cultivo de bacterias vivas que posee (Tetra Pack, 2019). En la actualidad se observa un incremento en la concentración de la población en grandes ciudades en países en desarrollo, la cual está acompañada generalmente de un incremento en el poder adquisitivo, lo que provoca un aumento en la demanda de una variedad de alimentos (Meléndez, 2016), generando un gran avance en la elucidación de propiedades y fenómenos relacionados con leches fermentadas, tendencias generalizadas hacia su consumo y una fuerte demanda de bienes diferenciados, que exigen a su vez, el estudio y desarrollo de nuevos productos (Coronel, 2018). Actualmente se están innovando en la formulación de yogures adicionados con fibra, como es el caso del yogur griego adicionado con fibra soluble de cáscara de tuna (Doumenz, 2017), adición de mesocarpio de maracuyá (Valdez y Álvaro, 2019), fibra de naranja (Castro y Montalvo, 2019) e incluso se están aprovechando los residuos de alcachofa como fuente de fibra para yogures (Monge, 2019).

Los lácteos representan un alimento óptimo para utilizarse como alimentos funcionales debido a sus características fisicoquímicas, ya que es sencillo incorporarles proteínas, péptidos bioactivos, probióticos, prebióticos, componentes lipídicos, vitaminas (A, D y E) y minerales (Ca, P, Zn). Como consecuencia, los lácteos funcionales cuentan con un amplio abanico de beneficios añadidos tales como mejora de la digestibilidad de la lactosa; disminución de infecciones, enfermedades degenerativas y crónicas; reducción de las cifras de tensión arterial; estabilización de colesterol en sangre a niveles normales; y aumento en la calidad de vida y de la longevidad (Gómez y Trujillo, 2017). En México, según los datos proyectados por CONAPO (Consejo Nacional de Población) el consumo per cápita anual de leche se estima en 122 litros (FIRA, 2019), mientras que de yogur se estima en 8 kg (El informador, 2015), aunque la tendencia al consumo de yogures enriquecidos está en aumento, con un promedio per cápita anual de 19 kg (Del Pozo *et al.*, 2010), este aumento se debe a la demanda de alimentos con variedades más saludables, con bajo contenido de azúcar y con menos aditivos, creando así una tendencia de alimentos fermentados que mejoran la salud y el bienestar (Tetra Pack, 2019).

La humanidad ha utilizado y vivido de la naturaleza, transformándola y asimilándola en la cultura. En los últimos años se han identificado importantes propiedades sobre el contenido nutritivo de algunos frutos silvestres comestibles. Durante ciertos periodos, sobre todo en épocas en que no se logran obtener otros productos alimenticios, constituyen recursos esenciales. En algunas

comunidades son los niños y niñas quienes cosechan y consumen estos frutos, por lo que sin duda son de gran importancia en su dieta y pueden considerarse la base de la seguridad alimentaria para muchas regiones (Lascurain, 2010).

El cuajilote es una fruta parecida a la carambola y al cacao, pero llega a medir hasta 17 cm de largo (Industria alimentaria, 2016). Se utiliza popularmente en el tratamiento de la diabetes mellitus y otros padecimientos tan diversos como dolor de cabeza, cálculos biliares, sordera, diarrea (Morales-Sánchez *et al.*, 2015), resfriados, hidropesía, etc. (Villar, 2011). Respecto al efecto hipoglucémico, se reportan la presencia del guaianólido lactucin-8- metilacrilato obtenido a partir del extracto clorofórmico de frutos secos, como compuesto activo (Morales-Sánchez *et al.*, 2015), siendo un compuesto de ésteres y amidas encontradas en frutos frescos que disminuyen hasta un 57.55% los niveles de glucosa en sangre en ratones, lo cual le confiere una propiedad potencialmente funcional al fruto (Méndez, 2019); sin embargo, los compuestos activos y mecanismos de acción que provocan el efecto diurético y antiurolítico de *Parmentiera edulis* son hasta ahora desconocidos, como sucede con otras plantas medicinales, aunque se han reportado en literaturas que en plantas con acción diurética son los metabolitos los responsables de generar dicha actividad. A pesar de las pocas investigaciones realizadas al cuajilote, se han identificado monosacáridos, ácidos grasos, alcaloides alifáticos de cadena larga y flavonoides (Zárate, 2011). La pulpa posee un sabor similar a la caña de azúcar, por lo que se puede usar como sustituto de azúcar. Por otro lado, dentro de los componentes fisicoquímicos que posee el fruto se encuentran buenos porcentajes de humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra, carbohidratos, vitamina C, Hierro, Zinc, y Cobre (Villar, 2011). Por lo mencionado anteriormente el fruto es apto para la elaboración de un producto, ya que, a pesar de contar con propiedades potencialmente nutricionales y funcionales idóneas, es ignorado. Conforme a su alto contenido en fibra cruda se decidió su aprovechamiento para el enriquecimiento de yogur y gracias a su sabor característico a la caña de azúcar, se ocupará como sustituto del azúcar. Para lograr la elaboración del yogur adicionado con cuajilote, se emplearán como metodologías la estandarización del yogur, determinación de contenido de humedad, cenizas, grasa cruda, proteína, fibra y carbohidratos mediante métodos de la AOAC, así como también una evaluación sensorial con una escala afectiva hedónica de 5 puntos. De esta forma se pretenden aprovechar dichos componentes y propiedades del cuajilote, elaborando un alimento funcional ya que en la actualidad los consumidores buscan alimentos que contribuyan a su salud y bienestar.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más grandes de la sociedad son los malos hábitos alimenticios y la poca diversificación de estos. Existen diversos aspectos de una dieta balanceada que la gente ignora al pensar que no son importantes, como lo es el consumo de fibra dietaria (Jiménez y Calderón, 2019). Actualmente el consumo insuficiente de fibra dietética se asocia con la aparición de enfermedades no transmisibles (ENT). La Organización Mundial de la Salud (OMS), recomienda una ingesta de 25 gramos de fibra dietética al día. En México, los adultos consumen entre 16 y 18 gramos de fibra al día, una cantidad mucho menor a la recomendada (SS, 2016). Si bien, aunque se ha incursionado en la implementación de este compuesto en alimentos procesados, su uso aún es limitado.

La incorporación de cuajilote (*Parmentiera edulis*) al yogur permite que este tipo de producto procesado carente de fibra, por la naturaleza de las materias primas que se emplean en su elaboración, contienen niveles importantes de ella. Con esto contribuimos al incremento de fibra dietaria en un sector de la población.

A su vez, se generan alternativas para el aprovechamiento del fruto dada sus propiedades nutrimentales, y el escaso aprovechamiento para el consumo humano; contribuyendo así a la revalorización del cuajilote (Lascurain, 2010).

De los pocos datos registrados sobre la incorporación de cuajilote en productos alimenticios, se da cuenta que existen algunos problemas sensoriales asociados a este, como es el caso de la coloración del fruto, que presenta una tonalidad negra, que suele estar provocado por la degradación de la clorofila (Angón, 2006); al ser de color negro, pudiera generar una pigmentación en el yogur que sea visualmente desagradable.

Por otra parte, uno de los problemas que se presenta con frecuencia en el yogur es la formación de sinéresis, relacionado con los escasos niveles de proteína en la leche con la que se elabora el producto y de grasa; tratamiento térmico y homogeneización deficientes, temperatura de incubación muy alta, destrucción del coágulo durante la acidificación, mala agitación al incorporar una sustancia o alimento y un pH elevado (Parra, 2014). La adición del fruto podría contribuir al efecto de sinéresis, por lo que al elaborar el yogur con cuajilote se tendrá especial cuidado en cuidar los parámetros antes mencionados.

# OBJETIVOS

## GENERAL

Elaborar un yogur adicionado con cuajilote sensorialmente aceptable con alto contenido de fibra.

## ESPECÍFICOS

- Evaluar las propiedades fisicoquímicas del yogur adicionado con cuajilote.
- Determinar el nivel de aceptabilidad sensorial del yogur adicionado con cuajilote con jueces no entrenados.
- Estandarizar la formulación del yogur adicionado con cuajilote.

## MARCO TEÓRICO

### YOGUR

Existen múltiples definiciones sobre yogur, entre ellas se encuentra la definida por el Codex Alimentarius y la Norma Oficial Mexicana 181-SCFI-2010, que en conjunto hacen una de las definiciones más completas que existen, describiendo así al yogurt como un producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, estandarizada o no, que puede haber sido elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición, por medio de la acción de microorganismos adecuados como *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* de subespecie *bulgaricus*, teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoelectrica). Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de duración mínima. Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación, no aplica el requisito de microorganismos viables (CODEX STAN 243-2003; NOM-181-SCFI-2010).

Algunos autores definen a las leches fermentadas como derivados lácteos a base de leche descremada, semidescremada o entera con cultivos específicos. En general, los derivados lácteos tienen compuestos biológicamente activos y han sido históricamente fundamentales de la dieta humana en diferentes culturas (Coronel, 2018). Cabe mencionar que no todas las leches fermentadas utilizan los mismos cultivos, ya que dependiendo del cultivo será el producto final que se obtiene. Es así que ciertas leches fermentadas se caracterizan por un cultivo específico (o cultivos específicos) utilizados para la fermentación, por ejemplo el yogur utiliza cultivos simbólicos de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* de subespecie *bulgaricus*, como se mencionó anteriormente; el yogur en base a cultivos alternativos solo suele utilizar *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus*; las leches acidófilas utilizan *Lactobacillus acidophilus*, Mientras que el Kefir utiliza un cultivo preparado a partir de gránulos de Kefir, *Lactobacillus Kefiri*, especies del género *Leuconostoc*, *Lactococcus* y *Acetobacter* que crecen en una estrecha relación específica. Los gránulos de Kefir constituyen tanto levaduras fermentadoras de lactosa (*Kluyveromyces marxianus*) como levaduras fermentadoras sin lactosa (*Saccharomyces unisporus*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Saccharomyces exiguus*); por último, el Kumis suele utilizar *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *Bulgaricus* y *Kluyveromyces marxianus* (Rebollar, 2017).



## Historia

La historia del yogur se remonta a miles de años, el primer ejemplo de leche acidificada fue presumiblemente producido en forma accidental por los nómadas, que transportaban la leche fresca que recolectaban de los animales y a su vez la guardaban en bolsas que estaban elaboradas con piel de cabra, así mismo con ayuda del calor esto hacía que existiera una modificación biológica, las bacterias aumentaban su producción y como resultado proporcionaban las leches fermentadas con una consistencia semisólida y cuajada (Rebollar, 2017; Cabrera, 2019). El hallazgo fue importante, ya que con esto se podía tener una mejor conservación para este producto y así se podía alargar la vida útil del alimento (Rebollar, 2017). Posteriormente se fue descubriendo que esta leche fermentada tenía cualidades curativas para desordenes estomacales, problemas de piel, así como para conservar cierto tipo de alimentos (Cabrera, 2019).

El yogur ha evolucionado con el tiempo. La producción industrial de yogur que incorpora microorganismos fue iniciada por Isaac Carasso en 1919. Durante las décadas de 1920 y 1930, la leche de yogur fue descrita como con un sabor pobre debido a su alta acidez. Antes de la década de 1960, el yogur sólo se encontraba en unas pocas tiendas de comestibles o alimentos saludables (Kayanush y Douglas, 2017).

El consumo de yogur se fue incrementando cada vez más, principalmente en Europa Oriental y después en el resto del mundo. A finales del siglo XIX, con el advenimiento de la industria lechera en los países occidentales, se inició el interés por los productos lácteos fermentados. Se dio gran importancia a la calidad de los fermentos y a las condiciones higiénicas de su producción, para controlar totalmente la elaboración y obtener finalmente un producto de calidad uniforme. Actualmente la tecnología de elaboración de yogur está al alcance de todo el mundo y se produce en forma industrial, semi industrial o artesanal (Cabrera, 2019) y muchas formas de yogur se pueden encontrar incluyendo yogur natural, yogur con sabor a fruta (incluyendo frutas en el fondo y formas mezcladas), yogur batido, yogur cubierto de granola, yogur bebible, congelado y yogur griego con variado contenido de grasa (regular, bajo en grasa y sin grasa) (Kayanush y Douglas, 2017). Desde el punto de vista nutricional el yogur es un excelente producto alimenticio de alto valor biológico, presenta un considerable enriquecimiento del patrimonio vitamínico, en especial de las vitaminas del complejo B, además de la presencia de ácido láctico que aumenta la disponibilidad de microelementos, como el calcio y fósforo (Cabrera, 2019). Por todas las propiedades que el yogur posee es que se ha visto un aumento en

su producción y expansión en todo el mundo. Este producto ha tenido un consumo notorio debido a diversos factores como su valor nutritivo, características organolépticas, propiedades terapéuticas y profilácticas y su moderado costo (Rebollar, 2017).

## Características

### Fisicoquímicas

Las principales propiedades fisicoquímicas de los yogures son proteínas, lípidos, contenido de grasa y acidez titulable. Su variabilidad debe ser estudiada para definir la calidad del producto final (Vásquez-Villalobos *et al.*, 2015). De acuerdo a la NOM-181-SCFI-2010 el yogur debe cumplir con las especificaciones descritas en la tabla 1, la cual se describe a continuación:

**Tabla 1. Especificaciones fisicoquímicas del yogur de acuerdo a la NOM-181-SCFI-2010.**

Especificaciones fisicoquímicas		
Componente	Contenido (%)	Método de prueba
Proteína láctea	Mínimo 2.9	Determinación de Proteína por Micro-Kjedahl conforme a la NOM-155-SCFI-2003.
Grasa Butírica	Máximo 15.0	Método de Caracterización de ácidos grasos conforme a la NMX-F-490-NORMEX-1999, Método para grasa butírica conforme a la NOM-086-SSA1-1994.
Acidez titulable expresada como porcentaje de ácido láctico	Mínimo 0.5	Método de prueba de bacterias que fermentan los productos, del numeral 8 de la NMX-703-COFOCALEC-2004 o NOM-185-SSA1-2002
Sólidos lácteos no grasos	Mínimo 8.25	Determinación de Sólidos no grasos conforme a la NOM-155-SCFI-2003

Fuente: NOM-181-SCFI-2010

### Microbiológicas

Dentro de las especificaciones microbiológicas del yogur debe contener como mínimo 10<sup>7</sup> UFC/g de la suma de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus* viables, conforme al método de prueba de bacterias que fermentan los productos, de la NMX-703-COFOCALEC-2004. En caso de que contengan cultivos alternativos adicionales, éstos deben estar en valores de 10<sup>6</sup> UFC/g viables de cultivos lácticos, como mínimo, por último, los microorganismos deben permanecer viables, activos y abundantes hasta la fecha de caducidad del producto) (NOM-181-SCFI-2010).

## Sensoriales

El yogur se caracteriza por ser ligeramente ácido, así mismo existen ciertos elementos derivados de las bacterias que producen otros sabores y aromas como el acetaldehído que proporcionan el aroma característico del yogur, los cocos son los responsables de la acidez mientras que los bacilos son del aroma y del sabor agradable que tiene este alimento (Rebollar, 2017).

## Clasificación del yogur

Hoy en día se procesan distintos tipos de yogur, así mismo estos difieren en su composición química, técnica de producción, sabor, consistencia y textura (Rebollar, 2017). Para la clasificación del yogur se toman en cuenta los ingredientes utilizados y el proceso de elaboración, los cuales se describen a continuación:

1. Clasificación del yogur de acuerdo a los ingredientes utilizados:
  - a) Natural: el yogur Natural es un producto elaborado con leche coagulada obtenida por fermentación láctica mediante la acción de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* a partir de leche, con o sin modificación. En todos los yogures el pH deberá ser igual o inferior a 4.6, con un contenido mínimo del 2% de grasa (Rebollar, 2017), no debe poseer adición de saborizantes, azúcares y/o colorantes, permitiéndose sólo la adición de estabilizadores y conservadores (Rebollar, 2017; Ancieta, 2020).
  - b) Con fruta, zumos y/o productos naturales: el yogur natural al que le han añadido frutas, zumos y/o productos naturales (Rebollar, 2017).
  - c) Azucarados: yogur natural que se le ha añadido azúcar o azúcares comestibles (Rebollar, 2017).
  - d) Edulcorado: aquellos que presenten adición de edulcorantes como el sorbitol y sacarina (Beltrán, 2018).
  - e) Con otros ingredientes: existe un tipo de yogur en donde se utilizan aditivos como endulzantes naturales (stevia, miel de abeja, chocolates) u otros ingredientes como (frutos secos, cereales, café, especias entre otros ingredientes provenientes de productos naturales) (Beltrán, 2018).
  - f) Saborizados o aromatizados: yogur cuya composición ha sido modificada mediante la incorporación de un máximo de 30% (m/m) de ingredientes no lácteos (tales como carbohidratos nutricionales y no nutricionales, frutas, verduras, jugos, purés, pastas preparados y conservadores derivados de los mismos, cereales, miel chocolate, frutos

secos, café, especias y otros alimentos aromatizantes naturales e inocuos y/o sabores. Los ingredientes no lácteos pueden ser añadidos antes o después de la fermentación (Rebollar, 2017; Ancieta, 2020).

2. Clasificación del yogur de acuerdo al proceso de elaboración:
  - a) Suizo o batido: yogur cuya fermentación se realiza en los tanques de incubación produciéndose en ellos la coagulación, siendo luego sometido a un tratamiento mecánico (Beltrán, 2018; Ancieta, 2020).
  - b) Coagulado o aflanado: producto en el cual la leche pasteurizada es envasada inmediatamente después de la inoculación, produciendo la coagulación en el envase individual listo para la venta (Beltrán, 2018; Ancieta, 2020).
  - c) Bebible o fluido: se considera como yogur batido porque ha recibido un mayor tratamiento mecánico (Ancieta, 2020) y la estructura de este yogur es obtenida en la incubación presentándose en forma de granel desintegrado en los siguientes procesos (Castro y Montalvo, 2019).
  - d) Concentrado o estilo griego: Resulta de la concentración de sólidos totales mediante el desuerado y la fermentación láctica. Como resultado se obtiene un producto de consistencia suave y ligeramente ácido (Villeda, 2015). Según el Codex Alimentario, la leche fermentada concentrada es un lácteo cuya proteína ha sido aumentada antes o luego de la fermentación a un mínimo del 5.6%. Las leches fermentadas concentradas incluyen productos tradicionales tales como Stragisto (yogur colado), Labneh, Ymer e Ylette (CODEX-STAN-243-2003).

La concentración de proteína en la leche es de gran importancia para la fabricación del yogur griego, siendo mejor con una mayor concentración de caseína; a medida que aumenta la concentración de proteína, el incremento en la acidez produce la coagulación de la caseína, y se puede obtener un producto mucho más espeso (Villeda, 2015).

### **Propiedades nutricionales**

El valor nutritivo del yogur se considera que está relacionado con la leche que se utiliza, por cuanto el yogur contiene más proteínas, tiamina y riboflavina que la leche, pero menos vitamina A, hay poca diferencia entre el contenido de los elementos nutritivos que suministran energía de la leche y los del yogur (Morales *et al.*, 2020). Aunque el yogur sea conocido principalmente por su elevado contenido en calcio (Ca), también es importante

destacar que aporta una considerable cantidad de macro y micronutrientes más allá del calcio, como son los carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales (Babio *et al.*, 2017). En la tabla 2 se aprecia una comparación entre los componentes de la leche y del yogur, para poder visualizar de forma general cómo se distribuyen algunos macronutrientes en el yogur y del por qué se considera que su valor nutritivo está tan íntimamente relacionado con la leche.

**Tabla 2. Concentraciones de compuestos mayoritarios de leche y yogur.**

Concentraciones de compuestos mayoritarios de leche y yogur					
Componentes (Unid./100 g)	Leche		Yogur		
	Entera	Descremado	Entero	Descremado	Con frutas
Calorías	67.5	36	72	64	98
Proteínas (g)	3.5	3.3	3.9	4.5	98
Grasa (g)	4.25	0.13	3.4	1.6	1.25
Carbohidratos (g)	4.75	5.1	4.9	6.5	18.6

Fuente: Castro y Montalvo, 2019.

## Componentes

### Carbohidratos

El yogur contiene diferentes tipos de carbohidratos, principalmente en forma de lactosa. Parte de este contenido está parcialmente hidrolizado dado que es utilizado por los microorganismos como sustrato energético. Por esta razón, existen evidencias científicas que indican que la ingesta de yogur mejora la digestión de la lactosa y los síntomas característicos de la intolerancia a la misma. De hecho, se ha demostrado que, en pacientes con intolerancia a la lactosa, el consumo de yogur disminuye los niveles de hidrógeno espirado después de una sobrecarga con lactosa. Por el contrario, en sujetos no intolerantes no se han observado diferencias significativas. En este sentido, existe una relación causa efecto bien establecida entre el consumo de yogur y la mejora de la digestión de la lactosa, así como la disminución de los síntomas de intolerancia a la misma aprobados por la EFSA (Agencia Europea de Seguridad Alimentaria). Por otro lado, también podemos encontrar (aunque en menor cantidad) otros hidratos de carbono, glucosa, galactosa, glucolípidos, glucoproteínas y oligosacáridos. Estos últimos han cobrado un gran interés por su posible efecto prebiótico (Babio *et al.*, 2017).

### Proteínas

El yogur contiene una elevada cantidad de proteínas de alto valor biológico, diferentes tipos de caseínas ( $\alpha$ ,  $\kappa$ ,  $\beta$  y  $\gamma$ ), proteínas de lactosuero, principalmente  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina, albúmina sérica, proteasas-peptonas, inmunoglobulinas, enzimas como lipasas, proteasas o fosfatasas y metaloproteínas como la transferrina, la ceruloplasmina y la lactoferrina (Babio *et al.*, 2017). Las caseínas y las proteínas del suero contienen muchos aminoácidos esenciales, por lo que consumiendo de 200 a 250 gramos de yogur cubren el 82% del valor calórico aportado por las proteínas diariamente (Ancieta, 2020). Las proteínas del yogur se consideran de elevada digestibilidad debido a la acción de diferentes bacterias proteolíticas que actúan durante el proceso de formación del producto, liberando péptidos y aminoácidos, esta digestibilidad del yogur le confiere una buena fuente de energía en la dieta (Babio *et al.*, 2017; Ancieta, 2020). Durante los últimos años, los péptidos que forman parte del yogur han sido de gran interés a nivel científico por sus propiedades antihipertensivas, antimicrobianas, inmunomoduladoras, hipolipemiantes y una importante relación sobre la prevención de acumulación de grasa a nivel central (Babio *et al.*, 2017).

### **Lípidos**

El yogur contiene una elevada concentración de ácidos grasos (AG) de cadena corta y media de fácil absorción. Actualmente, la grasa láctea está cambiando el paradigma habitual de los ácidos grasos saturados (AGS) y los posibles daños sobre la salud con los que se relacionaba a los mismos. Las últimas evidencias publicadas demuestran que la grasa láctea, en comparación a otras grasas de origen animal, podría asociarse a posibles beneficios sobre la prevención de la diabetes mellitus tipo 2 (DM2), el síndrome metabólico (SM) y una menor ganancia de peso corporal, entre otros factores de riesgo cardiovascular. Además de AGS, el yogur contiene ácidos grasos trans (AGT) de origen natural. Si bien, el consumo excesivo de AGT de origen industrial se ha asociado con un aumento del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, el consumo de AGT naturales procedentes de la grasa de los productos lácteos, tales como el trans-palmitoleato no contribuiría a aumentar los factores de riesgo cardiovascular, sino por el contrario, se asociaría con una menor resistencia a la insulina (Babio *et al.*, 2017).

### **Vitaminas y minerales**

Los lácteos como el yogur contienen múltiples micronutrientes, incluyendo diversos minerales y vitaminas como Ca, sodio (Na), fósforo (P), magnesio (Mg), zinc (Zn), yodo (I), potasio (K),

vitamina A, vitamina D, vitaminas del complejo B, principalmente B2, B3 y B12. Las vitaminas liposolubles de los productos lácteos varían en función de su contenido de grasa. Las vitaminas que destacan principalmente en el yogur entero son la vitamina A y la vitamina D. En menor cantidad se encuentra la vitamina E y la vitamina K (Babio *et al.*, 2017).

En cuanto al contenido de vitaminas del yogur comparado con el contenido de vitaminas de la leche, está sujeto a debate por varios autores, porque unos aseguran que es una fuente rica en vitaminas, mientras que otros indican que durante la producción de yogur la cantidad de vitaminas disminuye. Se han realizado estudios sobre el contenido de vitaminas en el yogur respecto al contenido de vitaminas en la leche cruda, resultando que depende grandemente de los procesos de fortificación y de elaboración tabla 3. Las altas temperaturas que se necesitan para elaborar el yogur influyen en la disminución del contenido de vitaminas. Las vitaminas más susceptibles son: C, B6, B12 y ácido fólico (Babio *et al.*, 2017; Ancieta, 2020).

**Tabla 3. Concentración de vitaminas en leche y yogur.**

Concentración de vitaminas en leche y yogur				
Vitamina unidades/100g	Leche		Yogur	
	Entera	Descremada	Entera	Descremada
Vitamina A (UI)	148.00	-	140.00	70.00
Vitamina B1 (µg)	37.00	40.00	30.00	42.00
Riboflavina B2 (µg)	160.00	180.00	190.00	200.00
Piridoxina B4 (µg)	46.00	42.00	46.00	-
Vitamina C (mg)	1.50	1.00	-	0.70
Vitamina D (UI)	1.20	-	-	-
Vitamina E (UI)	0.13	-	-	Trazas
Ácido fólico (µg)	0.25	-	-	4.10

Fuente: Ancieta, 2020.

Durante la fermentación algunas vitaminas son consumidas por las bacterias, mientras que otras son activamente sintetizadas. Esto va a depender estrictamente de las condiciones de fermentación y la cantidad de cultivo que se utiliza. El contenido de vitaminas disminuye grandemente durante el almacenamiento y esto varía con respecto al tiempo que tiene de elaborar el yogur. Algunas vitaminas son aparentemente más estables durante el almacenamiento en el yogur que en la leche, como la vitamina A y B2 (Ancieta, 2020).

## **Propiedades funcionales**

En la actualidad, existe una gran cantidad de enfermedades a causa de la mala alimentación, esto como consecuencia de un ritmo de vida acelerado, los mexicanos no tienen tiempo de preparar alimentos que cumplan con todos los requerimientos nutricionales. Las tendencias mundiales de la alimentación en los últimos años indican un interés acentuado de los consumidores hacia ciertos alimentos, que además del valor nutritivo aporten beneficios a las funciones fisiológicas del organismo humano. Estas variaciones en los patrones de alimentación generaron una nueva área de desarrollo en las ciencias de los alimentos y de la nutrición que corresponde a la de los alimentos funcionales. El término alimento funcional fue propuesto por primera vez en Japón en la década de los 80's con la publicación de la reglamentación para los "Alimentos de uso específico de salud" (Foods for Specified Health Use" o FOSHU) y que se refiere a aquellos alimentos procesados los cuales contienen ingredientes que desempeñan una función específica en las funciones fisiológicas del organismo humano, más allá de su contenido nutricional (Vilchis *et al.*, 2019).

Partiendo del párrafo anterior se puede citar al yogur como alimento funcional porque posee múltiples beneficios para la salud del ser humano, entre ellas se encuentra el aporte de energía, aporte de nutrientes y que brinda ventajas fisiológicas adicionales, también ayuda a notificar diferentes procedimientos mejorando el estado de salud y bienestar; además de que algunos estudios elaborados por expertos muestran que pueden poseer un rol importante como agente preventivo del cáncer, sin embargo no se ha logrado demostrar tal efecto de las bacterias lácticas presentes en los fermentados de la leche de vaca (Cruz, 2019). De manera general se puede citar que las propiedades funcionales del yogur se derivan de algunos de sus componentes, como bacterias probióticas, péptidos bioactivos, ácido linoleico conjugado y esfingolípidos. Es por ello que hoy en día los alimentos funcionales se están involucrando cada vez más en la vida cotidiana, debido a estos se tomó el interés de utilizar nuevas tendencias para la innovación y desarrollo de nuevos alimentos con características particulares funcionales, como los aceites esenciales estos son productos naturales extraídos de plantas orgánicas, donde se pueden aprovechar las propiedades funcionales de estos derivados. El reto está en que los consumidores cada día exigen productos en sus dietas que no solo aporten los nutrientes requeridos para una vida sana, sino que además son de preferencia aquellos que puedan complementar con propiedades benéficas para la salud. La mayoría de los productos que ofrece el mercado actual no cuentan o no cumplen con las exigencias de calidad que piden los consumidores y es por eso



que actualmente la industria alimentaria enfrenta el reto de crear productos naturales, orgánicos, con un mayor porcentaje de nutrimentos, nuevos sabores innovadores, que además de contar con las propiedades del alimento, tenga un aporte adicional y estén libres de conservadores (Vilchis *et al.*, 2019).

### **Tendencias de consumo e innovaciones**

Los consumidores cada día exigen productos en sus dietas que no solo aporten los nutrientes requeridos para una vida sana, sino que además son de preferencia aquellos que puedan complementar con propiedades benéficas para la salud. La mayoría de los productos que ofrece el mercado actual no cuentan o no cumplen con las exigencias de calidad que piden los consumidores y es por eso que actualmente la industria alimentaria enfrenta el reto de crear productos naturales, orgánicos, con un mayor porcentaje de nutrimentos, nuevos sabores innovadores, que además de contar con las propiedades del alimento, tenga un aporte adicional y estén libres de conservadores (Vilchis *et al.*, 2019). En el área de lácteos se han estado investigando sobre las propiedades tecnológicas en yogures elaborados a partir de extractos de frutos (Alcaraz *et al.*, 2017), también se ha incursionado la formulación de yogures adicionados con fibra, como es el caso del yogur griego adicionado con fibra soluble de cáscara de tuna (Doumenz, 2017), adición de mesocarpio de maracuyá (Valdez y Álvaro, 2019), fibra de naranja (Castro y Montalvo, 2019) e incluso se están aprovechando los residuos de alcachofa como fuente de fibra para yogures (Monge, 2019).

## **FIBRA DIETARIA**

### **Definición**

La fibra dietética o también llamada fibra alimentaria, constituye un importante concepto de la dieta, no es una sustancia homogénea y existen diversos tipos de fibra, con mecanismos y efectos fisiológicos diferentes. A través del tiempo se ha tenido diferentes conceptos. En la actualidad, la fibra total se compone de la suma de fibra dietética más fibra funcional o añadida, siendo esta una sustancia aislada o separada del alimento o sintetizada en el laboratorio (Ramírez, 2017).

La fibra funcional incluye además otros polisacáridos no amiláceos o hidratos de carbono análogos como el almidón resistente, diversos oligosacáridos como la inulina y disacáridos, compuestos asociados a las estructuras vegetales, macronutrientes como proteínas y grasas

resistentes al ataque de enzimas digestivas y compuestos bioactivos como carotenoides (Ramírez, 2017).

Por otro lado, la fibra dietética es conocida por los componentes endógenos de las plantas como las paredes celulares vegetales (celulosa, hemicelulosa y pectinas) conocido también como polisacáridos no almidón, que junto con la lignina forman los principales constituyentes de la denominada fibra alimentaria (Ramírez, 2017; Bermúdez, 2019), ya que son resistentes a la digestión por las enzimas de los humanos. Se clasifica de una forma simplificada en soluble en agua (viscosa), que es fermentada en el colon por las bacterias (pectinas, gomas, mucílagos,  $\beta$ -glucanos y alguna hemicelulosa) e insoluble en agua (no viscosa) que sólo es fermentada en una parte limitada del colon (Ramírez, 2017), caracterizada Se caracterizan porque no son digeridos por las enzimas humanas, pero sí son parcialmente fermentados por las bacterias del colon pudiendo actuar como prebióticos (Bermúdez, 2019).

Por lo que finalmente se puede decir que la fibra es un componente complejo de origen vegetal que incluye polisacáridos de plantas y otros compuestos de la pared vegetal con la característica en común de ser resistentes a la hidrólisis por las enzimas digestivas del intestino delgado y llegan al intestino grueso y son atacados por la microflora colónica, dando como resultados ácidos grasos de cadena corta (AGCC), hidrógeno, dióxido de carbono y metano (Ramírez, 2017).

### **Componentes/composición**

Toda fibra dietética es el conjunto de fibra soluble e insoluble, es de origen vegetal y está formada por un conjunto heterogéneo de componentes como la celulosa, hemicelulosa, pectina, gomas y ligninas, que suelen ser resistentes a la acción por parte de las enzimas (Hernández, 2016). La fibra insoluble está compuesta principalmente por componentes de la pared celular como celulosa y lignina y la fibra soluble está compuesta por polisacáridos no celulósicos, tales como las pectinas, así como la lignina, que aun cuando no es un carbohidrato, se encuentra asociada a ellos y es un compuesto no digerible por el tracto digestivo del humano (Ramírez, 2017; Bermúdez, 2019). La composición de la fibra es muy variada en los distintos alimentos, y depende de muchos factores, entre los que destaca la madurez del producto (Ramírez, 2017). A continuación, se describen las características de los componentes de la fibra dietaria:

### **Celulosa**

La celulosa es responsable de las características físicas de la fibra, son polímeros de elevado peso molecular conformado por la D-Glucosa unidas por enlaces  $\beta$  (1,4), que al formar cadenas y unirse entre ellas forman microfibrillas; de aquí su función estructural en las paredes vegetales (Castro y Montalvo, 2019).

### **Hemicelulosa**

La hemicelulosa está constituida por la serie D, xilosa, galactosa, manosa, glucosa, ácido galacturónico y la serie L, arabinosa, ramnosa y fructosa. Son los polisacáridos con mayor abundancia en la pared celular. Son polímeros con cadenas laterales de arabinosa y otros azúcares las cuales dotan con distintas propiedades químicas a la hemicelulosa (Castro y Montalvo, 2019)

### **Sustancias pécticas**

Con la capacidad de retener grandes volúmenes de agua, están compuestas por ácidos D-galacturónicos unidas por enlaces  $\alpha$  (1,4) dentro de la hemicelulosa cumple la función de cementante, vale decir, completa los espacios intercelulares entre tejidos, proporcionando firmeza y textura a los vegetales (Castro y Montalvo, 2019).

### **Lignina**

Son macromoléculas heterogéneas las cuales se encuentran en la naturaleza como ligninas. La lignina está compuesta por compuestos fenólicos, polisacáridos, ácidos urónicos y proteínas (Castro y Montalvo, 2019).

### **Gomas**

Son moléculas de alto peso molecular, conformada por polímeros hidrofílicos y sus derivados, son fácilmente dispersables en agua, por lo general son utilizadas en la industria de alimentos como espesantes, aglutinantes y estabilizantes (Castro y Montalvo, 2019).

### **Clasificación de la fibra dietaria**

De acuerdo a lo reportado en la investigación de Castro y Montalvo, la fibra dietaria se divide en soluble e insoluble, las cuales se describen a continuación (Castro y Montalvo, 2019):

#### **Fibra soluble**

La fibra soluble se encuentra compuesta por polisacáridos no celulósicos, hemicelulosa y mucílagos, presenta la propiedad de rezagar la evacuación gástrica, o sea que retarda la digestión

y absorción de nutrientes desde el estómago y el intestino, creando de esta manera una saciedad en el consumidor (Bermúdez, 2019; Castro y Montalvo, 2019, cabe recalcar que esta fibra es fermentada mayormente en el colon o intestino grueso por la flora intestinal (Bermúdez, 2019).

Este tipo de fibras retienen el agua y forman soluciones viscosas (Bermúdez, 2019), caracterizando además por la reducción en la asimilación de grasas y azúcares, contribuyendo de esta manera a regular los niveles de colesterol y glucosa en la sangre. Son encontradas en su mayoría en alimentos como los frijoles, la avena, la cebada y en altas concentraciones en frutas y algas marinas (Castro y Montalvo, 2019).

### **Fibra insoluble**

La fibra insoluble se encuentra compuesta por celulosa, lignina y algunas fracciones de hemicelulosa, acelera el paso de los alimentos a través del estómago y los intestinos, aumenta el bolo fecal al agregarle volumen y consistencia a las heces previniendo el estreñimiento, además no es capaz de ser reducida en operaciones de fermentación (Bermúdez, 2019; Castro y Montalvo, 2019).

Por otro lado, este tipo de fibras son capaces de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto provoca un aumento en la matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad. También contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon. El tamaño de la fibra puede influir en su capacidad de captar agua y será un factor influyente en el procesado del alimento y en la masticación (Ramírez, 2017). Tiene una mayor presencia en verduras, cereales, leguminosas y en frutas (Castro y Montalvo, 2019).

### **Propiedades de la fibra**

#### **Propiedades funcionales**

La fibra soluble posee propiedades prebióticas en el microbiota intestinal. La capacidad de captación de moléculas orgánicas, está directamente implicada en la disminución de glucosa en sangre y por ende control de la diabetes. La fibra rica en pectinas presenta la capacidad de secuestrar o incluso unirse químicamente a los ácidos biliares (Bermúdez, 2019).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) fija un consumo mínimo de fibra de 30 g/persona /día, de la cual el 30% debe ser fibra soluble. La necesidad de consumir unos niveles mínimos

radica en que un déficit del consumo de fibra conlleva a la aparición de enfermedades crónicas y funcionales como el estreñimiento, enfermedad inflamatoria intestinal, apendicitis, síndrome del colon irritable y cáncer de colon (Bermúdez, 2019).

### **Propiedades medicinales**

Las principales acciones de la fibra dietaria constan de retrasar el vaciado gástrico, aumentar la velocidad de paso de los alimentos por el tracto intestinal, reducir los niveles de colesterol, aumentar el volumen de las heces fecales, y permitir que los agentes carcinogénicos permanezcan menos tiempo de contacto con el tracto excretados por las heces fecales que de otra forma tendrían posibilidad de reaccionar con la mucosa del colon, etc. Por otro lado, la capacidad de retención de lípidos y colesterol está directamente relacionada con la disminución de sufrir problemas cardiovasculares. Es por ello que existe una fuerte evidencia en la que una ingesta enriquecida en fibra (soluble e insoluble) de cereales, leguminosas, verduras y fruta, muy abundante en la dieta mediterránea, tiene un efecto beneficioso previniendo enfermedades cardiovasculares, el estreñimiento, la diabetes, mellitus, la obesidad y el cáncer (Hernández, 2016; Bermúdez, 2019).

El aumento de contenido de fibra en la dieta puede tener un efecto protector, fundamentalmente, el cáncer de colon y mama, pero también parece ser útil frente a cáncer de boca, faringe, esófago, estómago, endometrio y ovario (Bermúdez, 2019). La principal recomendación relacionada con la fibra es, por lo tanto, aumentar su consumo, de ser posible entre 20 y 30 gramos al día, lo que representa aumentar el consumo de frutas, vegetales, pan integral, cereales y legumbre (Hernández, 2016).

### **Propiedades tecnológicas**

La fibra posee propiedades tecnológicas como la capacidad de fermentación, absorción y retención de agua/aceite, fijación o capacitación de moléculas orgánicas e incluso intercambio catiónico (Bermúdez, 2019).

Tanto que las propiedades fisicoquímicas, así como las propiedades funcionales que presenta la fibra alimentaria dependen en gran medida de la proporción que exista de fibra soluble y fibra insoluble (Bermúdez, 2019).

## **Fibra alimentaria antioxidante**

Desde hace más de una década se ha comenzado a introducir un nuevo concepto dentro de la fibra alimentaria y es “fibra alimentaria antioxidante”, la cual podría ser considerada como un potente ingrediente funcional. La unión de estos dos componentes (fenol-fibra) podría mejorar la calidad de la fibra produciendo un importante efecto sinérgico. Vitaminas, polifenoles y carotenoides son los principales antioxidantes presentes en la dieta. Los polifenoles son un complejo grupo de sustancias con un amplio rango de pesos moleculares que se encuentran en las plantas bien en forma libre o enlazada a los constituyentes de la pared celular (fibra alimentaria). Se ha comprobado que la presencia de polifenoles y carotenoides asociados a la fibra alimentaria es una característica común a todos los alimentos vegetales. De hecho, los polifenoles se unen forma rápida y espontánea a los polisacáridos de la pared celular de los alimentos ricos en fibra alimentaria cuando éstos son liberados por la ruptura de frutas y verduras durante la comida (molienda, masticación) o el propio procesamiento de los alimentos como la ebullición, autoclave o liofilización (Liu *et al.*, 2017). Por lo tanto, la bioaccesibilidad de los polifenoles se vería afectada por estas interacciones (Padayachee *et al.*, 2017). De hecho, se pueden diferenciar dos tipos de polifenoles en los alimentos, los polifenoles fácilmente extraíbles (biodisponibles en el tracto gastrointestinal humano) y los polifenoles no extraíbles o asociados a la fibra alimentaria. Estos fenoles formarían un complejo fenol-polisacárido, en el cual la interacción podría ser de tipo hidrofóbicas, enlaces covalentes y/o mediante enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de los fenoles y los átomos de oxígenos de los polisacáridos. En general, los polifenoles interaccionan con el grupo carboxilo del ácido urónico (hemicelulosa y pectina) y con el grupo hidroxilo presente en la celulosa (Bermúdez, 2019).

Estos compuestos antioxidantes unidos a la fibra no se disuelven ni absorben en el intestino delgado y llegan inalterados al intestino grueso donde se degradan, actuando la fibra como transportadora de antioxidantes en el tracto intestinal. Además, los compuestos fenólicos asociados con fibra dietética soluble e insoluble pueden eliminar los radicales libres, protegiendo las células contra el daño oxidativo, promoviendo la salud intestinal. De hecho, son muchos los estudios que actualmente han asociado la fibra alimentaria antioxidante con la prevención de cáncer de colon. Por tanto, la fibra alimentaria asociada a compuestos fenólicos es un material prometedor tanto para la industria alimentaria como para el campo de la nutrición ya que combina las propiedades de dos compuestos en un único material (Bermúdez, 2019).

### **Efectos reológicos adversos en la incorporación de fibra en yogur**

La reología es la ciencia que estudia la mecánica, la elasticidad, plasticidad y viscosidad de la materia. Es decir, estudia la deformación de la materia al aplicar una fuerza externa (Castro y Montalvo, 2019). En los alimentos estas propiedades reológicas pueden expresarse en términos de funciones viscosas, elásticas y viscoelásticas que se relacionan con la respuesta de la deformación a una velocidad de cizallamiento específica (Lalaleo, 2017).

Diversos estudios han evaluado el efecto del tamaño de partículas sobre la textura, así como el efecto del porcentaje de sustitución de diferentes materias primas. Al aplicar diferentes fibras bajo diferentes porcentajes, aumenta la dureza y disminuye la elasticidad al aumentar el porcentaje, por otro lado, al aumentar el tamaño de las partículas de harinas, la dureza de los del producto también aumenta. Es por ello que al adicionar fibra a los alimentos se ve afectada su estructura. En la adición de fibra el contenido de esta se asocia principalmente a las capas externas del grano, no así al endospermo, por lo que en general para la incorporación de fibra en forma de harina se sabe que las fracciones de menor tamaño presentan menores cantidades de fibra y proteína, así como mayores porcentajes de almidón generado durante la molienda (Chacón, 2017).

## **CUAJILOTE**

La especie *Parmentiera edulis* pertenece a la familia de las *Bignoniaceae* (Villar, 2011), se conoce comúnmente como cuajilote, jilote de árbol, chayote, chucho, cuajote, flor de cuajilote, guachilote, huajilote, palo cuajilote, palo de jilote, pepino de monte y platanillo (Monitor Expreso, 2020). Su nombre proviene del náhuatl cuahuitl que significa árbol y xilotl que significa jilote (Villar, 2011).

### **Características físicas de la especie *Parmentiera edulis***

#### **Fruto**

Los frutos son surcados, de forma cilíndrica, alargada u oblonga, con apariencia de pepinos alargados de color verde amarillento cuando no está en su estado de maduración (Figura 1) y café rojizo cuando el fruto está maduro (Figura 2). Cuenta con numerosos surcos longitudinales, siempre estriados, sésiles o colgantes de las ramas. La pulpa es de color blanquecino con numerosas semillas de color negro. Su sabor es similar a la caña de azúcar, es jugoso con sabor

dulce y comestible, de 5 a 17 cm de largo y de 3 a 6.5 cm de diámetro. El sabor de la fruta cruda se asemeja al de la caña de azúcar. El tiempo de desarrollo del cuajilote de una flor a un fruto maduro, es de cuarenta días aproximadamente (Angón, 2006; Villar, 2011; Monitor Expresso, 2020).



**Figura 1. Fruto de cuajilote (*Parmentiera edulis*) sin madurar (Méndez, 2019).**



**Figura 2. Fruto de cuajilote (*Parmentiera edulis*) en estado de maduración (Angón, 2006).**



## Árbol

El árbol denominado *Parmentiera edulis* pertenece a la familia *Bignoniaceae* (Angón, 2006), posee de 4 a 9 metros, pudiendo llegar a medir hasta 15 metros de altura y 30 cm de diámetro, con la base acanalada. Es de tronco grueso y leñoso, pudiendo llegar a medir hasta 30 cm de diámetro, la corteza es agrietada de color pardo amarillento, ligeramente fisurada, con un grosor total de 6 a 15 mm. Su copa es muy ramificada desde la base, posee ramas ascendentes y numerosas. Cada hoja está dividida en 5 hojuelas, de color verde claro, el soporte que las une al tallo tiene alas y en la base de cada hoja se encuentran 2 espinas (Figura 3) (Villar, 2011; Monitor Expreso, 2020). Es propio de Centroamérica. Durante su desarrollo producen frutos comúnmente conocidos como cuajilote. Crece en huertos y está asociado con la selva tropical caducifolia y perennifolia; matorral xerófilo, bosques mesófilos de montaña, de encino y pino. Se encuentran en climas cálidos, semicálidos y templados desde los 2 metros hasta los 2,240 metros de altura sobre el nivel del mar (Angón, 2006).



**Figura 3. Árbol de cuajilote (*Parmentiera edulis*) (Méndez, 2019).**

## Flores

Las flores son grandes, se encuentran solitarias o en grupos, son de color crema verdosa, crecen directamente del tronco o en las terminaciones de las ramas (Angón, 2006; Monitor Expreso, 2020) de 5 a 8 cm de largo de color crema verdosa, con estriaciones púrpuras, irregularmente dividido hacia algún lado. Cáliz de coloración verde de 2 a 3 cm de largo, colora de color crema verdoso de 4.5 a 6.5 c, de largo ampliamente tubular con cinco lóbulos gigantes, 4 estambres

saliendo de la base del tubo de la corola. Filamentos, crea verdosos, anteras pardas, ovario súpero, bilocular (Villar, 2011).

### **Semillas**

La dispersión de la semilla es zoocoria, tiene forma cordada, aguda, comprimida, de 3 a 3.3 mm de largo y de 2.5 a 2.8 mm de ancho. La testa es de color obscuro negro, ligeramente áspera, opaca, coriácea, de 0.1 a 0.3 mm de grosor. El embrión es recto, cordiforme, comprimido, de color crema ligeramente amarillenta y ocupa toda la cavidad de la semilla. Tiene dos cotiledones, planos, carnosos, cordiformes, con dos tenues lóbulos en su parte superior y redondos ligeramente. La radícula es corta, erecta, inferior y dirigida al hilo. Carece de endospermo (Villar, 2011).

### **Características fisicoquímicas del fruto *Parmentiera edulis***

De acuerdo a estudios realizados por Villar en el 2011, donde se caracterizó fisicoquímicamente al fruto de cuajilote en un estado no maduro, dando como resultado que los componentes físico químicos que posee el fruto se encuentra en un intervalo de 84.21-87.34% de humedad, 0.49-0.62% de cenizas, 0.33-0.42% de proteína cruda, 0.03-0.04% de grasa cruda, 3.11-4.25% de fibra cruda, 8.69-10.63% de extracto libre de nitrógeno, 23.7-29.8 mg/100 g de vitamina C, 0.039-0.68 mg/100 g de Fe, 2.38-6.21 mg/100 g de Zn, y 0.96-2.55, g/100 g de Cu, todo esto dependiendo de la zona y temporada en la que se encuentre el fruto (Villar, 2011).

### **Distribución y producción de la especie *Parmentiera edulis***

*Parmentiera edulis* es originaria de México y el Norte de América Central. Se encuentra desde el sur de Tamaulipas y San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán en la vertiente del Golfo y desde el centro de Sinaloa hasta Chiapas, en el Pacífico. Forma parte del bosque tropical caducifolio adaptándose a regiones cálidas y húmedas de América Central. Cultivado en lugares con altitud de 2 a 2240 msnm (metros sobre el nivel del mar) y precipitaciones anuales superiores a 15000 mm (Villar, 2011).

La propagación de la planta de cuajilote se logra fácilmente al plantar los árboles pequeños. El árbol produce frutos dos veces al año, en primavera y verano, aunque el fruto presenta buenas cualidades agronómicas; se adapta a una gama amplia de condiciones climáticas, teniendo rendimientos de producción altos, facilidad de cultivo e incluso producción todo el año (Angón, 2006).

Por otro lado, la distribución de la producción del fruto destaca principalmente en la Mixteca Oaxaqueña en San Miguel Allende Nuchita Huajuapán, Santa María Xochitlapilco Huajuapán y San Mateo Peñasco. Teniendo rendimientos altos de producción de 1000 a 2000 frutos en todo el año, traducándose a un aproximado de 300 kg por árbol (Angón, 2006; Villar, 2011).

### **Propiedades del fruto *Parmentiera edulis***

#### **Propiedades nutricionales**

En el estudio realizado por Angón en el año 2006 encontró que los frutos en estado fresco de *P. edulis* contienen 8.69-10.63% de hidratos de carbono y entre 3.11 y 4.25% en fibra, mientras Villar evaluó estos parámetros, pero en muestra seca, donde encontró 70.34% de hidratos de carbono y 18.36% en fibra (Angón, 2006; Villar, 2011).

El cuajilote en estado fresco contiene un aproximado de entre 0.33% a 0.42% de proteína (Angón, 2006), mientras que en estado seco un aproximado de 3.46% (Villar, 2011). Esta característica hace que el fruto complemente una parte en la ingestión diaria de proteína cuando ésta es procesada (Méndez, 2019).

En los alimentos, los lípidos más abundantes son las grasas y los aceites, constituidos principalmente por triglicéridos (ésteres de una molécula de glicerol con tres ácidos grasos. (Amadio, 2020). De acuerdo a lo reportado por Angón en el año 2006 el fruto *P. edulis* contiene entre 0.03 y 0.04% de grasa en estado fresco, mientras que Villar reportó un porcentaje más elevado al evaluar al fruto en un estado seco, encontrando así un 3.84% de grasa presente en *P. edulis* (Angón, 2006; Villar, 2011).

Por otro lado, las vitaminas y los minerales son sustancias imprescindibles para el buen funcionamiento del organismo, porque intervienen en numerosas reacciones metabólicas. A pesar de que no aportan energía se necesitan en cantidades mínimas y es imprescindible que se tomen por medio de los alimentos. (Portal farma, 2017). Las vitaminas adquieren su principal función como coenzimas, debido a que se consideran sustancias reguladoras en los procesos metabólicos del cuerpo, mientras que los minerales intervienen en más de un centenar de reacciones enzimáticas, además de ejercer funciones en la síntesis de macronutrientes y en procesos fisiológicos en el organismo humano (Méndez, 2019).

El cuajilote posee vitaminas y minerales, los cuales difieren en cantidades de acuerdo al estado de maduración en que se encuentra el fruto. Es así como Angón reporta la presencia de vitamina

C en fruto fresco con un valor de 23.7 a 29.8 mg de esta vitamina por cada 100 g de fruto. Por otro lado, también es rico en minerales como hierro (Fe) con 0.39 a 0.68 mg/100 gramos de fruto, Zinc (Zn) con 2.38 a 6.21 mg/100 g y Cobre (Cu) de 0.96 a 2.55 mg/100 g (Angón, 2006).

### **Propiedades funcionales del fruto *Parmentiera edulis***

Actualmente se busca mejorar la seguridad alimentaria por lo que en la actualidad ha incrementado la búsqueda de alimentos funcionales, tal es el caso del aprovechamiento de materias primas ricas en antioxidantes, vitaminas, minerales y fibra, que han sido sometidas a diversos tipos de transformaciones (Méndez, 2019).

*Parmentiera edulis* presenta altas concentraciones de fibra, teniendo como componente bioactivo acrilato de lactucina-8-O-metilo o también conocido como guaianólido lactucin-8- metilacrilato, un compuesto de ésteres y amidas encontrados en frutos frescos que disminuyen hasta un 57,55% los niveles de glucosa en sangre en ratones (Morales-Sánchez *et al.*, 2015; Méndez, 2019). Gracias a este compuesto se le confiere al cuajilote el efecto hipoglucemiante similar al de la tolbutamida (Zárate, 2011).

### **Propiedades medicinales**

Las enfermedades del sistema urinario afectan al 0.4% de la población y la litiasis urinaria afecta al 0.012%. El proceso litogénico se ve favorecido por diversos factores químicos, físicos, anatómicos y etiopatogénicos. Es un padecimiento que se maneja con tratamientos que buscan la disolución de los cálculos y su posterior eliminación a través de la orina. Para aliviar trastornos del aparato urinario se tienen registradas 129 especies de plantas medicinales en el Herbario del IMSS. Una de ellas es el árbol *Parmentiera edulis* que en algunos estados utilizan la raíz y el fruto para preparar en cocimiento y se administran vía oral para tratar afecciones renales (Morales-Sánchez *et al.*, 2015), que según con lo reportado en la Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el dolor de riñones es el padecimiento más común para lo cual se emplea esta especie (Monitor Expreso, 2020), por lo que se le confieren propiedades anti ureolíticas. La decocción del fruto, la raíz y la corteza, se emplean para combatir el dolor de riñones y se ha reportado su efecto diurético. Se utiliza popularmente en el tratamiento de la diabetes mellitus (Morales-Sánchez *et al.*, 2015), enfermedad que representa uno de los principales problemas de salud en el país (Monitor Expreso), además en una investigación realizada con extracto etanólico se demostró la actividad

anti gonorreica de esta especie (Zárate, 2011), por otro lado también se le confieren propiedades contra el dolor de cabeza, cálculos biliares, sordera, diarrea (Morales-Sánchez *et al.*, 2015), resfriados, hidropesía, etc. (Villar, 2011).

### **Investigaciones realizadas del cuajilote (*Parmentiera edulis*)**

En el 2006, Angón realizó una caracterización parcial del fruto *Parmentiera edulis*, el cual tenía por objetivo cuantificar algunos macronutrientes y micronutrientes del fruto. En ese estudio también se caracterizó nutrimentalmente al cuajilote en dos épocas del año, se establecieron los criterios de evaluación para fijar el estado de madurez del fruto, caracterizaron fisicoquímicamente al cuajilote, incluyeron humedad, cenizas, proteína cruda, grasa cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno; cuantificaron la vitamina C por método espectrofotométrico, por último, cuantificaron los minerales Fe, Zn y Cu presentes en el fruto por el método de absorción atómica. Los frutos analizados del estado de madurez presentaron características fisicoquímicas como coloración amarillo rojo con manchados no intensos, intervalos de firmeza de 78.4-98 kg m/s<sup>2</sup>, con intervalos de sólidos de 10.5 a 13° Brix y una acidez titulable de 45 a 55 mg ácido cítrico/100 g de fruta. Además, obtuvieron su composición proximal dependiendo de la zona y temporada, con un intervalo de humedad de 84.21 a 87.34% de humedad, 0.49 a 0.62% de cenizas, 0.33 a 0.42% de proteína cruda, 0.03 a 0.04% de grasa cruda, 3.11 a 4.25% de fibra cruda y 8.69 a 10.63% de extracto libre de nitrógeno. Para los micronutrientes, dependiendo de la zona y temporada, obtuvieron un intervalo de vitamina C de 23.7 a 29.8 mg/100 g, 0.39 a 0.68 mg/100 g de Fe, 2.38-6.21 mg/100 g de Zn y 0.96 a 2.55 mg/100 g de Cu. O sea que mediante este estudio determinaron que el fruto del cuajilote presentó mayor contenido de macronutrientes y micronutrientes en los meses de abril y mayo (Angón, 2006).

En el año 2011 Villar, realizó una tesis sobre la evaluación nutrimental del fruto *Parmentiera edulis* para su posible utilización en la industria alimentaria. En la investigación caracterizaron nutrimentalmente al fruto en un estado completamente maduro, evaluaron diferentes concentraciones del fruto a un producto panificado (mantecada) en concentraciones de 2%, 5% y 7% donde conocieron las características que este le impartía al producto. Al realizar las evaluaciones de las diferentes concentraciones del fruto aplicado en forma de harina al producto panificado presentó mayor contenido nutrimental la concentración del 7% ya que arrojó el mayor aporte de fibra cruda de 0.51%, una baja cantidad de grasa de 8.92%, un aporte de energía en

forma de carbohidratos de 82.74%, además de que presentó una larga vida de anaquel (Villar, 2011).

Por otro lado, en el 2015 se realizaron estudios sobre la evaluación del efecto antiurolítico del fruto de *Parmentiera edulis* en ratas Wistar, el cual consiste en un modelo murino de litiasis césica, donde evaluaron la actividad antiurolítica, los extractos hexánico, clorofórmico, metanólico y acuoso de *Parmentiera edulis*. El modelo consistía en la formación de cálculos vesicales por la implantación quirúrgica de una placa de magnesio en la vejiga urinaria de ratas Wistar macho de 250 g de peso. A los 28 días comprobaron radiológicamente la presencia de los cálculos vesicales. Los tratamientos se aplicaron de manera subcrónica por 28 días. Al finalizar los tratamientos encontraron que el volumen de orina excretada en 24 h fue significativamente mayor en las ratas tratadas con furosemida, y los extractos metanólico y hexánico. Los grupos de tratamiento con mayor producción de orina mostraron correlación con un mayor consumo de agua. En todos los ejemplares extrajeron los cálculos de la vejiga urinaria y los identificaron como cristales de estruvita. Los tratamientos con extracto hexánico y extracto acuoso fueron los más efectivos, ya que obtuvieron cálculos vesicales de un peso significativamente menor al resto de los tratamientos. Los tratamientos con los extractos hexánico y metanólico, provocaron la fragmentación de los cálculos producidos, lo cual favoreció la eliminación de los mismos a través de la orina. Los resultados que obtuvieron a través del estudio confirmaron el uso de *P. edulis* en la medicina tradicional para tratar la urolitiasis (Vásquez-Villalobos *et al.*, 2015).

Recientemente se han realizado estudios sobre el aprovechamiento del cuajilote, Méndez en el 2019 realizó una tesis sobre la elaboración, caracterización y evaluación tecnológica y biológica de harinas a base de frutos de cuajilote, en el cual obtuvo harinas de cuajilote a partir del fruto en tres estados de maduración, analizó la composición química proximal (humedad, ceniza, proteína, grasa cruda, fibra cruda y carbohidratos) de las harinas obtenidas. Identificó el perfil de ácidos grasos de la harina, realizó evaluaciones tecnológicas de cada harina obtenida e identificó el índice glucémico de las harinas de cuajilote (Méndez, 2019).

### **Aprovechamiento del fruto**

El fruto se ingiere de forma cruda, sancochada o hervida, en algunos casos se consume el fruto completo y en otros se desecha la parte de la fibra. En el estado de Puebla, la raíz y el fruto del cuajilote se preparan en cocimiento y se administran vía oral para tratar afecciones renales y cálculos vesicales entre otros padecimientos (Méndez, 2019). Por otro lado, estudios realizados

en el estado de Chiapas han demostrado que 89% del cuajilote es ampliamente utilizados como forraje del ganado, 76% como sombra para el ganado, seguida de un 69% por el uso como leña, 34% como cercas vivas, 24% para consumo humano, 21% de uso medicinal, y 14% para la elaboración de diversos utensilios agrícolas. Por lo tanto, se trata de una especie de uso múltiple (Pinto *et al.*, 2010; Industria Alimentaria, 2016).

## **HIPÓTESIS**

La forma de incorporación del fruto *Parmentiera edulis* en pulpa o harina generará diferencias físicas en el yogur, pero independientemente de la forma de adición del cuajilote el producto será sensorialmente aceptable, fisicoquímicamente estable y manifestará características con potencial funcional.



# METODOLOGÍA

## DISEÑO DE ESTUDIO

El presente trabajo es cuasi experimental porque se manipuló la forma y porcentaje de adición del cuajilote en un yogur tipo suizo, por lo que se evaluó el efecto que tiene la adición del fruto en el yogur, siendo el enfoque de la investigación cuantitativo porque se evaluaron aspectos físicos, químicos y sensoriales.

## MUESTRA

Para la elaboración del yogur tipo suizo con cuajilote se recolectó el fruto *Parmentiera edulis* en Tuxtla Gutiérrez. El fruto recolectado debía encontrarse en un estado de madurez comestible, sin golpes, “magullones” o algún defecto adverso que interfiriera en la formulación del yogur. Por otro lado, se recolectó la leche bronca de vaca en Suchiapa, del municipio de Tuxtla Gutiérrez, del rancho “Las bonitas” a temperatura de refrigeración de entre 4-7°C con una acidez de 13 a 17°D. La muestra de leche se evaluó en un lactoscan y arrojó los siguientes resultados: grasa 3.18%, sólidos no grasos 8.05%, densidad 28.49%, lactosa 4.46%, sólidos 0.64%, proteína 3.01%, agua adicionada 1.85%, punto de congelación -0-510. Posteriormente se pasteuriza a 90-93°C con un enfriamiento súbito a 40-45°C para asegurar la inocuidad del producto final.

## VARIABLES

### Variable independiente

La variable independiente para el presente trabajo experimental es el porcentaje de cuajilote que ocupamos en la formulación y la forma de adición del cuajilote (pulpa o harina) al yogur.

### Variable dependiente

Las variables dependientes son la composición (químico proximal) final del producto, las variables fisicoquímicas (pH, acidez, viscosidad y color) y los atributos sensoriales (sabor, dulzor, olor), porque dependen del porcentaje y forma de adición del cuajilote al yogur.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Se trabajó la incorporación de cuajilote al yogur en dos formas distintas siendo la primera en presentación de harina con 2 porcentajes diferentes de adición al yogur (5 y 10%), teniendo un

control del 0%. Otra forma de adición del cuajilote fue en pulpa fresca con un escaldado, utilizando 2 porcentajes diferentes de adición al yogur (5 y 10%), teniendo un control del 0%. Por lo tanto, se utilizó un diseño de 2 factores con 2 niveles para la forma de adición y 3 para el porcentaje de cuajilote más un control (Tabla 4).

**Tabla 4. Diseño experimental de los tratamientos.**

<b>Diseño experimental</b>	
Forma de adición	Porcentaje de cuajilote
Harina	0.0
	5
	10
Pulpa de fruta fresca	0.0
	5
	10

## **INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN**

### **Papeleta para la evaluación sensorial**

Se utilizó una prueba afectiva con escala hedónica de 3 puntos para evaluar la aceptabilidad sensorial de la incorporación de cuajilote al yogur tipo suizo tanto en forma de harina como en pulpa, con sus respectivas concentraciones de incorporación. Las evaluaciones se realizaron con un panel de jueces no entrenados, donde se evaluaron los aspectos de sabor, dulzor, color, olor, acidez y viscosidad en todos los tratamientos. Las especificaciones de los criterios de evaluación fueron: me gusta, ni me gusta ni me disgusta, no me gusta. Haciendo la aclaración de que a cada especificación se le asignó un valor numérico 3, 2 y 1 respectivamente (Anexo 3).

## **DESCRIPCIÓN DE LAS TÉCNICAS A UTILIZAR**

### **Proceso de obtención de la pulpa del fruto de cuajilote**

Se recolectó el fruto de cuajilote en un estado de madurez óptimo y sin golpes. Posteriormente se lavó el fruto con agua y jabón; para la desinfección se utilizó 10 gotas de cloro marca CLORALEX por cada 1 litro de agua, de acuerdo a lo establecido en la NOM-251-SSA1-2009 (Méndez, 2019). Se escaldó la fruta a 85°C durante 15 minutos para conseguir ablandamiento del fruto, reducir la carga microbiana e inactivar enzimas (Arapa y Cahuana, 2015). Se dejó enfriar y se troceó la fruta para incorporar al yogur en porcentaje de 10, 15 y 25% del volumen del yogur.

### **Proceso de elaboración de harina de cuajilote**

Se recolectó el fruto de cuajilote en un estado de madurez óptimo y sin golpes. Posteriormente se lavó el fruto con agua y jabón; para la desinfección se utilizó 10 gotas de cloro marca CLORALEX por cada 1 litro de agua, de acuerdo a lo establecido en la NOM-251-SSA1-2009 (Méndez, 2019). Para la obtención de harina de cuajilote se siguió de acuerdo a lo establecido por Bernal y colaboradores en la revista de investigación en Ciencia y Biotecnología Animal; para ello primero se cortó el fruto en rodajas delgadas del mismo tamaño y se incorporó en el horno marca Felisa a una temperatura de 60°C durante 24 horas (Bernal *et al.*, 2017). Seguidamente se molió el fruto deshidratado en una licuadora marca OSTER, el polvo resultante se tamiza en mallas de 2.97 micras y finalmente la harina se envasó en bolsas ziploc, para su posterior incorporación en el yogur.

### **Proceso de elaboración de yogur**

Para la realización del yogur se realizó el procedimiento estándar de recepción de la leche, es decir, al momento de llegada de la leche se tomaron las muestras respectivas para realizar las pruebas de plataforma, las cuales son: Acidez, alcohol al 68, 72 y 96%, y el análisis de composición con el analizador de leche (lactoscan); una vez aceptada la leche, se procedió a la clarificación; debido a que se buscaba un producto final con un porcentaje graso del 3%, se realizaron los cálculos correspondientes para proceder al descremado. Posteriormente se procedió a la pasteurización a una temperatura de 90-95°C con un enfriamiento súbito a 40-45°C (FAO, 2014).

Una vez terminada la pasteurización, se ajustó la temperatura de la leche a 43° C; al alcanzar la temperatura deseada, se colocó la leche en un lugar donde no fuese movida por un tiempo de

6h (tiempo de fermentación) y se añadió el cultivo DRY 422 para el yogur tipo suizo o batido (FAO, 2014).

Posterior a las 6 horas de fermentación se realizó el corte del gel con ayuda del agitador y un batidor de globo para lograr la consistencia adecuada para el tipo de yogur que deseamos formular; después de esto se refrigeró a 4°C con el fin de detener la fermentación (FAO, 2014).

Al siguiente día se realizó el proceso de añadir el cuajilote en harina y en pulpa con sus respectivas concentraciones, dejando un yogur sin adición de cuajilote, que servirá de control (FAO, 2014).

La última parte del proceso fue el envasado, el cual se realizó en envase de plástico con tapa (FAO, 2014).

### **Determinación de acidez titulable del yogur**

La acidez se determinó de acuerdo al método 16.023 (A.O.A.C, 1984). Basado en una titulación con NaOH al 0.1 N y fenolftaleína al 1%, hasta obtener una coloración rosada (Martínez, 2016) (Anexo 1).

### **Determinación de viscosidad**

La evaluación de la viscosidad se efectuó en el laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Autónoma de Chiapas, en donde se utilizó el viscosímetro modelo Scientific VE-BS, en todas las muestras de yogur (Martínez, 2016).

### **Determinación de colorimetría**

Para evaluar esta prueba se utilizó un colorímetro de reflexión marca MINOLTA donde se midieron los valores de L, que describe los colores de acuerdo a su posición en un eje de tres coordenadas, tercera dimensión. L, es la claridad y el brillo, es una medida de cuan blanco o negro es el producto (Martínez, 2016).

### **Determinación de sinéresis**

Se utilizó una centrífuga modelo LW Scientific Inc. Se pesaron 10 mL de cada una de las muestras de yogur y se sometieron a centrifugación por un tiempo de 10 minutos a una velocidad de 12000 rpm. Luego de la centrifugación se obtuvieron los mililitros del sobrenadante (lactosuero) y se calculó el grado de sinéresis mediante la relación entre el volumen del sobrenadante y el volumen de la muestra (Parra, 2014).

### **Determinación de humedad**

Se determinó el porcentaje de humedad por deshidratación a través de la técnica número 1 de la AOAC 2005, utilizando una estufa de secado marca Felisa Modelo 292A México a una temperatura entre 50 a 60°C (Anexo 2).

### **Determinación de cenizas**

Se determinó la cantidad de cenizas mediante incineración de acuerdo a lo marcado en la técnica 2 de la AOAC, 2005 (Anexo 2).

### **Determinación de grasa cruda**

Se determinó el contenido de grasa por diferencia de peso con respecto a la grasa extraída, de acuerdo a como lo marca la técnica número 3 de la AOAC 2005, para ello se ocupó un extractor Soxhlet marca Lab-Line, modelo 500 USA y una estufa de secado marca Felisa, modelo 292A México (Anexo 2).

### **Determinación de proteína cruda- Método Kjeldahl**

Se determinó la cantidad de proteína cruda mediante la fórmula de nitrógeno y el porcentaje de proteína cruda, de acuerdo a lo establecido en la técnica número 4 de la AOAC de 2005, para ello se ocupó un digestor Micro Kjeldahl marca Labconco, modelo 603000 México (Anexo 2).

### **Determinación de fibra**

Se determinó el contenido de fibra a través del método número 5 de la AOAC 2005, el cual se enfoca en la diferencia de peso, utilizando equipo de digestión de fibra marca Labconco Modelo 300010 U.S.A (Anexo 2).

### **Determinación de carbohidratos.**

Para la obtención de carbohidratos se calculó a través de la diferencia entre los valores de humedad, cenizas, grasas, proteína y fibra cruda, tal y como se menciona en la AOAC de 2005.

## **DESCRIPCIÓN DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó estadística inferencial y descriptiva. En el caso de la descriptiva se determinó la media, moda y desviación estándar. En la estadística inferencial hacemos uso de herramientas más complejas, usando análisis de varianza. En este análisis de varianza se hace una comparación de las medias de los grupos y se verifica si existe relación entre ellas o no. Se aplicó la prueba de Tukey ya que hace una agrupación en donde se puede mostrar resultados de las medias que

demuestran un grado de significancia en las respuestas que se está obteniendo en los experimentos. Es por ello que para el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizó un análisis de varianza de dos factores con un porcentaje de confianza del 95%. Para dicho análisis se ocupó el programa estadístico minitab. Para la presentación de las gráficas se utilizó el programa Excel 2013 de la compañía Microsoft.

## PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

Se realizaron pruebas físicas a las formulaciones de harina al 5% y 10%, pulpa al 5 y 10% y control. En la tabla 5 se observan los resultados del análisis fisicoquímico

**Tabla 5. Resultados del análisis fisicoquímico del yogur con cuajilote en pulpa y harina.**

Análisis fisicoquímicos del yogurt con cuajilote en pulpa y harina				
Tratamiento	Acidez	pH	Viscosidad	Sinéresis
Harina 5%	0.90 ± 0.02 <sup>c</sup>	4.72 ± 0.01 <sup>bc</sup>	46.33 ± 3.02 <sup>c</sup>	20.27 ± .65 <sup>b</sup>
Harina 10%	0.92 ± 0.01 <sup>c</sup>	4.74 ± 0.01 <sup>c</sup>	55.50 ± 4.95 <sup>d</sup>	16.97 ± 1.59 <sup>b</sup>
Pulpa 5%	0.74 ± 0.07 <sup>b</sup>	4.67 ± 0.01 <sup>a</sup>	20.83 ± 0.78 <sup>b</sup>	9.71 ± 1.73 <sup>a</sup>
Pulpa 10%	0.79 ± 0.04 <sup>b</sup>	4.69 ± 0.04 <sup>ab</sup>	15.70 ± 1.80 <sup>ab</sup>	15.58 ± 2.17 <sup>b</sup>
Control	0.75 ± 0.02 <sup>a</sup>	4.66 ± 0.02 <sup>a</sup>	10.20 ± 0.66 <sup>a</sup>	27.90 ± 1.79 <sup>c</sup>

#### Acidez titulable

De acuerdo al análisis de Tukey el tratamiento 1 y 2 (harina al 5 y 10%) no presentan diferencias significativas, teniendo valores de 0.90 y 0.92% de ácido láctico respectivamente. Sin embargo, si existe diferencia significativa con respecto a los tratamientos 3 y 4 (pulpa al 5% y 10% respetivamente) y al control, con valores de 0.74, 0.79 y 0.75% de ácido láctico. Los tratamientos 3 y 4 no representan diferencias significativas, pero el control si presenta diferencias significativas con respecto al resto de los tratamientos.

Al comparar los datos con otros autores se obtiene que Huayta expresó valores de de 0.37% de ácido láctico al adicionar harina de Tarwi (*Lupinus mutabilis*) a un yogur (Huayta, 2019). Por otro lado, Vásquez reportó 0.65% de acidez al incorporar harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) (Vásquez, 2020). Sin embargo, los valores de acidez titulable (% de ácido láctico) están dentro del rango establecido por la NOM-181-SSA1-2010, donde indica un mínimo de 0.5%. En la tabla X se observa el aumento en el porcentaje de ácido láctico del yogur, sin embargo, se esperaba un descenso debido a que el cuajilote a medida que se encuentra más maduro disminuye su acidez, esto debido a que, en el proceso de maduración de la mayoría de los frutos, los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares (Méndez, 2019).

Estos porcentajes de acidez son de importancia ya que está relacionado con la calidad e inocuidad del producto. Al inocular con bacterias ácido láctico (BAL), se obtiene un descenso de pH, y con ello se acidifica el medio de inóculo por acción de las bacterias mencionadas anteriormente, coagulándose y precipitándose. Como consecuencia se obtiene un producto de calidad con sabor, aroma y textura. Valores fuera del rango permitido de acidez total, puede indicarnos ciertos errores cometidos en el momento de elaborar el yogurt, tales como pueden ser: Tiempo muy largo de fermentación, Temperatura muy alta de almacenamiento, Exceso de cultivo. Cultivos mal seleccionados, Contenido muy alto de lactobacilos elaborado. Según Alcívar el porcentaje de acidez de un yogurt es un indicador del tipo de este alimento y además nos sirve para evidenciar el crecimiento de los microorganismos que intervienen en este proceso, así como también identificar potenciales errores que pueden ocurrir en cualquiera de las etapas del proceso de elaboración del yogurt (Alcívar, 2016)

## pH

En la tabla X se aprecia el aumento de pH del yogurt conforme aumentaba la concentración de cuajilote, pasando de 4.66 del control (tratamiento 5) a 4.69 de pulpa al 10% (tratamiento 4), 4.67 para pulpa 5%, (tratamiento 3) 4.74 harina al 10% (tratamiento 2) y 4.72 para harina al 5% (tratamiento 1). En esa apreciación de las medias de pH se puede decir que la forma y la concentración en que se agrega *Parmentiera edulis* si afecta al aumento o disminución de esta prueba física, sin embargo, al realizar el análisis estadístico se obtiene que el tratamiento 1 con respecto al tratamiento 2 no existen diferencias significativas. El tratamiento 1 y 4 tampoco existen diferencias estadísticas. El tratamiento 3, 4 y 5 no existen diferencias significativas entre los tres, pero si existen diferencias con respecto al tratamiento 2 y el tratamiento 1 con el 3 y 5. Esto se debe a que el pH del cuajilote es mayor al del yogurt, con un aproximado de 5, lo cual coincide con lo reportado por Méndez que menciona que el pH aumentó proporcionalmente al grado de madurez de los frutos con los que se elaboró la harina. La interacción del pH y el contenido de monohidrato de ácido cítrico está estrechamente relacionada con el incremento del estado de maduración de los frutos procesados (Méndez, 2019).

Al comparar los resultados con autores, se observaron resultados muy similares a los obtenidos en el presente estudio. Huayta reportó valores de 4.11 (Huayta, 2019), mientras que Ibáñez



obtuvo valores de 4.2 para yogur de soya con quinoa y yogures de leche de vaca con el mismo tipo de harina para un buen desarrollo del sabor y aroma del yogur el pH debe ser menor a 4.5, estando dentro de este rango; sin embargo, los valores de pH de un yogur están en un rango de 4.0 – 4.5 (Ibáñez, 2019)

### **Viscosidad**

De acuerdo al análisis estadístico, existe diferencia significativa entre los tratamientos 1, 2 y 5. Sin embargo no existe diferencia significativa entre los tratamientos 3 y 4 y entre el 4 y el 5. Por otro lado, al realizar el análisis de las medias se obtiene que a mayor concentración de cuajilote existe un aumento en la viscosidad. El control posee 10.20%, mientras que harina al 10% 55.50%. El aumento de dicha viscosidad se debe a dos factores principalmente, el primero comienza cuando los microorganismos transforman la lactosa en ácido láctico primordialmente al llevar a cabo una fermentación láctica y un aumento de su viscosidad por la coagulación de sus proteínas. Cada especie de bacterias utilizadas para la fermentación de la leche estimula el crecimiento de la otra y el producto que se obtiene de su metabolismo da como resultado una textura cremosa característica y ligero sabor ácido (Solórzano, 2018) y el segundo ocurre al aumentar la concentración del fruto. Martínez menciona que la viscosidad se relaciona con el contenido de lactosa, grasa, estructura de la caseína y los tamaños del glóbulo de grasa. La viscosidad varía con la temperatura, el estado de dispersión y la concentración de los componentes sólidos (Martínez, 2016).

### **Sinéresis**

No existe diferencia significativa entre los tratamientos 1, 2 y 4 (harina 5%, harina 10% y pulpa 10%), pero estos si tienen diferencias significativas con respecto a los tratamientos 3 (pulpa 5%) y tratamiento 5 (control). La diferencia de las medias muestra que la adición de cuajilote tiende a disminuir el porcentaje de sinéresis en comparación con el control (27.90%). Siendo pulpa al 5% el valor más bajo de sinéresis con 9.71%. Los resultados obtenidos difieren en cuanto a los presentados por Montesdeoca (Montesdeoca *et al.*, 2020), con un valor de 0.70 a 11.49%.

### **Colorimetría**

Se realizaron pruebas de color a las formulaciones de harina al 5% y 10%, pulpa al 5 y 10% y control. En la tabla 6 se observan los resultados de colorimetría.

**Tabla 6. Resultados de las pruebas de color para la formulación de yogur con adición de cuajilote en pulpa y harina al 5 y 10%.**

Resultados de pruebas de color				
Muestra		L	a	b
Harina 5%	1	68.13	3.82	14.87
	2	66.38	3.35	15.54
	3	64.52	4.48	15.83
Harina 10%	1	62.30	5.68	15.04
	2	59.35	5.95	14.29
	3	63.17	6.03	16.82
Pulpa 5%	1	78.24	-0.12	9.57
	2	78.15	0.78	7.31
	3	82.01	0.04	8.75
Pulpa 10%	1	81.57	0.51	10.96
	2	79.60	0.83	10.52
	3	78.53	0.68	9.55
Control.	1	82.86	-1.38	2.63
	2	78.32	-0.92	1.45
	3	80.88	-1.18	2.12

En la presente tesis, se ha tomado en cuenta el parámetro L que representa la luminosidad que va de 0 a 100. 0 es negro y representa que no tiene luz y 100 es blanco (iluminación máxima). Los otros valores ahora son a \* (verde en un extremo y rojo en el otro) y b \* (azul en un extremo y amarillo en el otro) (PCG, 2021). En la tabla 6 se observa que existen variaciones de color entre las muestras. Según Martínez, el color es una característica de calidad en los alimentos, el color de los productos lácteos es causado por la dispersión de la luz por los constituyentes de la leche: los glóbulos de grasa, las micelas de la caseína, el fosfato de calcio coloidal, algunos pigmentos y la riboflavina. Al adicionar los sólidos, mayor es la dispersión por lo que el producto contiene menor luminosidad y blancura (Martínez, 2016).

El color es una de las principales causas de que un producto sea comprado por el consumidor o rechazado, no obstante, no refleja el sabor o el valor nutricional del mismo (Martínez, 2016).

Los consumidores manifiestan una fuerte preferencia por aquellos productos de apariencia atractiva y por supuesto aquellos que “parecen mejores” son escogidos primero. De hecho, la apariencia y dentro de ella el atributo color es económicamente tan importante que ha dado origen a una ciencia y a toda una línea de equipamiento para lograr hacer mediciones objetivas

pasando por los estudios y metodologías destinados a entrenar al mejor sensor: el hombre (Manresa y Vicente, 2007).

La mayor utilidad que representa la determinación objetiva del color, según la gran cantidad de reportes científicos, es la caracterización colorimétrica de materias primas y productos naturales e industriales terminados. De esta manera se establece una descripción de los atributos de color que caracterizan a una muestra dada y además se correlacionan con otros indicadores fisicoquímicos del producto (Manresa y Vicente, 2007).

### ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL

En la tabla 7, se presentan los resultados obtenidos del análisis químico proximal del yogur adicionado con harina y pulpa de cuajilote al 5 y 10%, así como también se presentan los resultados del control.

**Tabla 7. Composición proximal de yogur adicionado con cuajilote en pulpa y harina.**

Composición proximal de yogur adicionado con cuajilote en pulpa y harina						
Tratamiento	Humedad	Cenizas	Grasa	Proteína	Fibra	Carbohidratos
Harina 5%	75.57 ± 0.05 <sup>a</sup>	1.54 ± 0.93 <sup>a</sup>	2.28 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.61 ± 0.76 <sup>b</sup>	2.07 ± 0.47 <sup>bc</sup>	15.94 ± 1.36 <sup>a</sup>
Harina 10%	75.33 ± 1.59 <sup>a</sup>	1.16 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.58 ± 0.46 <sup>a</sup>	2.59 ± 0.37 <sup>b</sup>	3.15 ± 1.07 <sup>c</sup>	14.19 ± 1.27 <sup>a</sup>
Pulpa 5%	79.7 ± 3.79 <sup>a</sup>	0.86 ± 0.31 <sup>a</sup>	2.95 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.90 ± 0.72 <sup>ab</sup>	1.41 ± 0.58 <sup>ab</sup>	13.17 ± 2.41 <sup>a</sup>
Pulpa 10%	82.6 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.73 ± 0.03 <sup>a</sup>	2.01 ± 0.60 <sup>a</sup>	0.84 ± 0.14 <sup>a</sup>	0.70 ± 0.15 <sup>ab</sup>	13.13 ± 0.39 <sup>a</sup>
Control	81.8 ± 0.12 <sup>b</sup>	0.12 ± 0.65 <sup>a</sup>	3.73 ± 2.07 <sup>a</sup>	1.36 ± 0.02 <sup>a</sup>	0.05 ± 0.07 <sup>a</sup>	12.39 ± 2.23 <sup>a</sup>

#### Humedad

De acuerdo a las medias obtenidas para humedad, los mejores porcentajes corresponden a los del grupo A, que corresponden a los tratamientos 1, 2 y 3 (harina al 5%, harina 10%, pulpa 5%, respectivamente). Es decir que entre estos tratamientos no existe diferencia significativa estadísticamente hablando, entre usar cualquiera de los tres tratamientos. Sin embargo, si existe diferencia significativa con respecto a los tratamientos 4 y 5 que corresponden a pulpa al 10% y al control. Aunque en estos últimos dos tratamientos no existe diferencias estadísticas entre sí. Por lo tanto, si se obtuvieron variaciones en los porcentajes de humedad en cuanto a la forma y porcentaje de adición de cuajilote al yogur. La humedad en harinas disminuyó en comparación con el control y para el caso de yogurt en pulpa este porcentaje aumentó con respecto al control, esto pudo haberse dado ya que el fruto le proporcionó cierta humedad al yogur, aunque de

acuerdo a lo que se menciona Quintero el yogur se encuentra en un porcentaje de humedad de alrededor de 81.52% (Quintero, 2013), por lo que se puede decir que todos los tratamientos presentan un porcentaje normal de humedad.

### **Cenizas**

No existe diferencias significativas entre la forma de adición del cuajilote (pulpa o harina), con respecto a los porcentajes (5 y 10%) y al control. Sin embargo, las medias indican que a mayor concentración de cuajilote existe mayor porcentaje de cenizas, por lo que los tratamientos 1 y 2 (harina al 5 y 10%) obtuvieron un aumento de cenizas con respecto al control y los tratamientos 2 y 3 (pulpa al 5 y 10%).

### **Grasa**

En el análisis proximal se observó que el porcentaje de grasa de yogur disminuyó con respecto al control. Siendo el de menos porcentaje el tratamiento 4 (pulpa al 10%). Estadísticamente hablando no existe diferencia significativa entre todos los tratamientos. Sin embargo, se esperaba un aumento en la concentración de grasas debido a que el fruto *Parmentiera edulis* posee buena concentración de ácidos grasos palmitoleicos, linoléicos, araquídicos y linolénicos, esto según lo reportado por Méndez (Méndez, 2019).

### **Proteína**

No existe diferencia significativa con respecto a los tratamientos 1, 2 y 3 (harina 5%, harina 10%, pulpa 5% respectivamente), pero si existen diferencias con respecto al tratamiento 4 y 5 (pulpa 10% y control). Sin embargo, el tratamiento 3 no presenta diferencia significativa con todos los tratamientos. Por otro lado, la comparación de las medias indica que a mayor concentración de *Parmentiera edulis*, mayor concentración de proteína existe en el yogur. En el caso del tratamiento 1 y 2 presentan 2.61 y 2.59% de proteína, siendo estas concentraciones más altas que las presentadas por Vásquez en su estudio sobre el enriquecimiento de una bebida láctea fermentada (yogur) con harina de quinua (*Chenopodium quinoa*) y banano (*Musa paradisiaca*) con un 2.54% (Vásquez, 2020). Se esperaba que las concentraciones de proteína se mantuvieran entre 3 y 4% ya que, según lo reportado por Méndez, el fruto del cuajilote se mantiene entre un 4 y 5 % (Méndez, 2019) o lo reportado por Villar con un porcentaje de 3.46% de proteína (Villar, 2011).

## **Fibra**

No hay diferencia significativa entre los porcentajes de adición de cuajilote en harina al 5 y 10%. Sin embargo, si existe diferencia significativa entre la forma de adición del tratamiento 2 (harina 10% con respecto a pulpa 5 y 10% y control. Mientras que para pulpa al 5 y 10%, control y harina al 5% no existe diferencia significativa entre ambos. Sin embargo, el control si es diferente del tratamiento 1 y 2 (Harina 5 y 10% respectivamente).

Sin embargo, en la comparación de las medias de los análisis químicos proximales se observa que, a mayor concentración de cuajilote en harina, mayor concentración de fibra. Llegando a tener el tratamiento 2, 3.15% de fibra y tratamiento 1, 2.7%, mientras que el tratamiento 3 presentó concentraciones más bajas de 1.41%. Siendo el tratamiento 4 el del menor porcentaje con 0.70%.

Al hacer la comparación con otros autores, Méndez reportó porcentajes de fibra entre 10.94 y 12.93% (Méndez, 2019), Angón intervalos de fibra de 3.11 a 4.25% (Angón, 2006) y Villar 18.36% (Villar, 2011). Sin embargo, autor como Vásquez reportó 9.37% de fibra dietaria al agregar harina de quinoa a un yogur (Vásquez, 2020). Con esto se observa que, aunque el porcentaje de fibra obtenidos en este estudio es menor a lo reportado por Vásquez, sin embargo, siguen siendo mayores a los expuestos por Narváez con 0.4% al agregar *Stevia rebaudiana bertonii* a un yogur (Narváez, 2015).

## **Carbohidratos**

La comparación de las medias de carbohidratos obtenidas en el presente estudio arrojó que dependiendo la forma y porcentaje en que se adiciona el fruto de *Parmentiera edulis* se ve afectado el porcentaje de carbohidratos, siendo así que para harina al 5% se obtuvo el valor más alto con un 15.9%, seguido de harina al 10% con 14.19%. Siendo concentraciones más bajas pulpa al 5 y 10% con 13.17 y 13.13%. Sin embargo, al realizar los análisis estadísticos, estos arrojaron que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que no importa la forma y cantidad que se agregue del fruto, estos no proporcionan cambios en la concentración de carbohidratos.

Autores como Vásquez reportan en estudios de adición de harina de quinoa y banano a yogurt un porcentaje de 20.92% de carbohidratos (Vásquez, 2020), por otro lado Huayta en su tesis “evaluación de las características organolépticas del yogur con adición de aislado proteico de

harina de Tarwi (*Lupinus mutabilis*)” reportó 28.54% siendo estos más elevados a los obtenidos en el presente estudio.

Se esperaba una concentración alta de carbohidratos ya que lo reportado por Méndez en sus estudios químico proximal de harina de cuajilote reportó un 68.68% del total del fruto (Méndez, 2019). Por otro lado, Angón reportó un intervalo de 8.69 a 10.63% de carbohidratos (Angón, 2006) y Villar reportó un porcentaje de 70.34%. Estas diferencias entre autores se deben a las características de la muestra utilizada. Villar utilizó el fruto con semillas, pero sin cascara, en un estado de madures óptimo, congelado y proveniente del estado de Chiapas, mientras que Angón utilizó el fruto en su totalidad con cascara en un estado medianamente maduro y no se sometió a congelación, además de que provenía del estado de Oaxaca (Villar, 2011).

## EVALUACIÓN SENSORIAL

En este estudio se realizó una evaluación sensorial para determinar el grado de aceptación de los yogures con harina y pulpa de cuajilote, así como también el control. Se evaluó sabor, dulzor, olor, color, acidez y viscosidad. En la tabla 8 se aprecian los resultados obtenidos.

**Tabla 8. Resultados de la evaluación sensorial de yogur con cuajilote en pulpa y harina.**

Muestra	ATRIBUTOS																	
	Sabor			Dulzor			Olor			Color			Acidez			Viscosidad		
	% Me gusta	% No me gusta ni me disgusta	% No me gusta	% Me gusta	% No me gusta ni me disgusta	% No me gusta	% Me gusta	% No me gusta ni me disgusta	% No me gusta	% Me gusta	% No me gusta ni me disgusta	% No me gusta	% Me gusta	% No me gusta ni me disgusta	% No me gusta	% Me gusta	% No me gusta ni me disgusta	% No me gusta
L007	80	15	5	35	45	20	25	50	25	50	30	20	45	40	15	45	40	15
L077	65	30	5	55	35	10	65	30	5	50	40	10	75	10	15	45	30	25
M	75	20	5	50	35	15	55	30	15	90	10	0	65	35	0	75	20	5
M4	35	55	10	40	50	10	40	40	20	90	10	0	55	30	15	60	20	20
M5	60	25	15	50	25	25	50	35	15	90	5	5	50	40	10	65	25	10

En la Tabla 8 se observa que la aceptabilidad sensorial de los yogures con cuajilote en sus dos formulaciones. El yogurt de mayor aceptación de sabor por parte del panel sensorial formado por 20 jueces no entrenados fue el tratamiento L007 con un 80% de aceptación, el cual contiene un 5% de harina de cuajilote; siendo el de menor aceptabilidad M4 que contiene 5% de cuajilote en pulpa con una aceptación del 35%. Las formulaciones L077 (harina al 10%) y M5 (pulpa al 10%) existen diferencias mínimas de aceptabilidad, con un 65 y 60% respectivamente.

Para el caso del dulzor el más aceptado fue L777 con un 55% de preferencia, siendo la formulación que más cuajilote posee, con un 10% de harina. La preferencia de dulzor se debe a lo que menciona Angón, al sabor de la fruta que se asemeja al de la caña de azúcar por su alta concentración de carbohidratos, por lo cual es muy dulce (Angón, 2006).

### **El olor**

El atributo de olor presentó mayor aceptación la formulación con harina al 10% con un grado de aceptación del 65%, mientras que la de menos agrado lo obtuvo L007 (harina 5%) con 25% de aceptación.

### **Color**

La aceptación hacia el color fue buena, L007 presentó una aprobación del 50% con un 30% de indiferencia y un 20 de insatisfacción. Para L077 de igual forma existió un 50% de aprobación, sin embargo, solo un 10% de desagrado. Tanto el control (M4) como la formulación de yogur con pulpa de cuajilote al 5% y 10% recibieron una aprobación del 90%, con tan solo un 10% de indiferencia para M y M4, sin embargo, M5 obtuvo un 5% de desagrado.

El desagrado del color puede deberse a que el fruto *Parmentiera edulis* sufre de pardeamiento enzimático al momento del corte, como consecuencia de la actividad enzimática de Polifenoloxidasas (PPO) sobre los compuestos fenólicos que se liberan por la rotura celular (Jadán, 2017). Estas reacciones modifican las características organolépticas y nutricionales del alimento, depreciando su calidad como se menciona en el artículo “alteraciones no microbianas en alimentos: el pardeamiento y el enranciamiento”. El hecho de que exista dicho cambio de color en el fruto se debe a la reacción química que involucra al polifenol oxidasa, el catecol oxidasa y otras enzimas que crean melaninas y benzoquinonas a partir de fenoles. Se le conoce también como oxidación de los alimentos, debido a que requiere exposición al oxígeno, generando pigmentos marrones en la superficie de los alimentos llamadas melaninas (Cardona, 2020).

### **Acidez**

De acuerdo al análisis de las medias, la formulación L077 (harina 10%) obtuvo mayor aceptación de acidez con un 75% de aceptación, mientras que L007 (Harina 5%) obtuvo tan solo un 45%.

### **Viscosidad**

De los resultados obtenidos la viscosidad con mayor aceptación lo obtuvo la muestra M (control) con un 75%, mientras que L007 y L077 (harina 5% y 10%) obtuvieron 45% de aceptación, seguido de M4 (pulpa 5%) con un 60%.

## FORMULACIÓN

De acuerdo al diseño experimental se realizaron 4 formulaciones diferentes para la elaboración del yogur con cuajilote, tal y como se presenta en la tabla 9.

**Tabla 9. Formulación de yogur adicionado con cuajilote.**

<b>Formulación de yogur adicionado con cuajilote</b>		
<b>Tratamiento</b>	<b>% de cuajilote</b>	<b>% yogur</b>
Harina	5	95
	10	90
Pulpa	5	95
	10	90
Control	0	100



## CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se logró la formulación del yogurt adicionado con cuajilote y los análisis químicos proximales, por lo que se pudo conocer el porcentaje de humedad, cenizas, grasa, proteínas, fibra y carbohidratos de todos los tratamientos.

De acuerdo a los análisis químicos proximales (tabla 7), se llegó a la conclusión de que los componentes que se encuentran en mayor concentración en el yogur son: humedad, carbohidratos, grasa y fibra, siendo la formulación de harina al 10% la que presenta mayor concentración de fibra.

La utilización de harina y pulpa de cuajilote como alimento funcional en el yogur natural, aparentemente es viable como producto alimenticio para el consumo humano. La adición de harina de cuajilote y pulpa en el yogur natural figuradamente genera mayor viscosidad debido al contenido de aceite presente. Además, presenta un color y olor característico del fruto. Por lo tanto, el sabor de este producto se calificó como muy agradable, ya que el sabor es medianamente ácido, resultando apto para el gusto del consumidor.

## GLOSARIO

1. Acanalada: que tiene forma alargada y estrecha, semejante a la de un canal.
2. Antera: parte apical del estambre, donde se encuentra el polen, dentro de los sacos polínicos.
3. Bilocular: órgano que tiene dos cavidades o compartimientos.
4. Cordiforme: que tiene forma de corazón
5. Coriácea: que tiene el aspecto y el tacto semejantes a los del cuero.
6. Cotiledón: hoja embrionaria presente en la semilla; en las de las dicotiledóneas son dos y en los de las monocotiledóneas uno; en las plántulas de las dicotiledóneas son las hojas que inicialmente realizan la fotosíntesis y resultan útiles para su identificación.
7. Endospermo: tejido del embrión de las plantas fanerógamas que le sirve de alimento.
8. Estambre: órgano reproductor masculino de las plantas, que consta de un filamento y la antera, donde se encuentran los sacos polínicos que contienen el polen; el conjunto de estambres forma el androceo.
9. Ovario supero: sector que contiene la cavidad seminal, esto es, la cavidad con los óvulos a fecundar.
10. Radícula: primera parte de una plántula que emerge de la semilla durante el proceso de germinación, es, por tanto, la raíz embrionaria de la planta y crece hacia abajo en el suelo. Encima de la radícula está el tallo embrionario o hipocótilo, que sostiene al cotiledón.
11. Testa: cubierta de la semilla.
12. Zoocórica: en botánica se llama Zoocoria a la forma de dispersión de los propágulos en la que el agente que realiza el transporte es un animal. Hay otras formas de promover el alejamiento de los propágulos, distinguiendo de esta sobre todo la anemocoria (dispersión por el viento).

## REFERENCIAS DOCUMENTALES

ALCARAZ, A; ÁLVARES, D; LÓPEZ, M.B. Estudio de propiedades tecnológicas en yogurt elaborado con extractos de granada. *Anales de Veterinaria de Murcia* [en línea]. 2017, vol. 33 (57), pp 61-62. [Fecha de consulta: 22 de marzo de 2021]. Disponible en: <https://search.proquest.com/openview/e08b172851f866e61df2c7c55c401676/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2035774>

ALCIBAR, Oswaldo. *Evaluación de la acidez titulable en la elaboración de yogurt en base a la norma INEN 2395 en lácteos Nacionales* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Académica de Machala, Ecuador, 2016. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7661/1/alcivar.pdf>

AMADIO, Claudia. Grasas trans en alimentos. *Revista de divulgación científica* [en línea]. 2020, (11), [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2020]. ISSN 2422-6254. Disponible en: <http://experticia.fca.uncu.edu.ar/numeros-anteriores/nro-7-2017/37-divulgacion-cientifica/163-grasas-trans-en-alimentos>

ANCIETA, Carlos A. *Adición de diferentes concentraciones de fresa (fragaria) al yogurt natural y su efecto en la característica fisicoquímica y sensorial* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional del Callao, Perú, 2020. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://209.45.55.171/bitstream/handle/UNAC/5129/ANCIETA%20DEXTRE%20-%20FIQ%20-%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANGÓN, Pedro. *Caracterización parcial del fruto de Parmentiera edulis* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Oaxaca, 2006. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: [http://jupiter.utm.mx/~tesis\\_dig/9947.pdf](http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9947.pdf)

AOAC. Official Methods Of Analysis. [en línea]. 2005. [Fecha de consulta: 05 de febrero de 2020]. Disponible en: <http://www.eoma.aoac.org/>

ARANCETA, Javier; BLAY, Guadalupe; ECHEVERRÍA, Francisco; GIL, Inmaculada; HERNÁNDEZ, Marta; IGLESIAS, José; LÓPEZ, María. *Guía de Buena Práctica clínica en Alimentos funcionales*. Madrid: International Marketing Communication, 2011. ISBN: 978-84-694-9799-9.

ARAPA, Adan; CACHUANA, Delia. *Efecto de la temperatura y tiempo de escaldado en la capacidad antioxidante de la pulpa de cocona (Solanum sessiliflorum Dunal) y carambola (Averrhoa carambola L.)* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios, Perú, 2015. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/244/004-2-1-025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

BABIO, Nancy; MENA-SÁNCHEZ, Guillermo; SALAS-SALVADÓ, Jordi. Más allá del valor nutricional del yogur: ¿un indicador de la calidad de la dieta? *Nutrición Hospitalaria* [en línea]. 2017, vol. 34 (4), pp 26-30. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020] Disponible en: [http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v34s4/05\\_babio.pdf](http://scielo.isciii.es/pdf/nh/v34s4/05_babio.pdf)

BERLTRÁN, Katherin. *Desarrollo de un yogurt natural de bajo contenido calórico, enriquecido con quinua entera tostada (Tunkabuan) y edulcorado con stevia (Rebaudiana Bertoni) y sucralosa* [en línea]. Tesis de maestría. Universidad de las Américas, Ecuador, 2018. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10367/1/UDLA-EC-TMACSA-2018-21.pdf>

BERMÚDEZ, Alejandra. *Componentes bioactivos del alperujo: propiedades y aplicación en fibra alimentaria* [en línea]. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Sevilla, 2019. [Fecha de consulta 12 de octubre de 2020]. Disponible en: <file:///C:/Users/ProBoock/Downloads/FINAL%20Alejandra%20Berm%C3%BAdez%20Oria.pdf>

BERNAL, Wilmer; MANTILLA, Joe; ALVARADO, Wigoberto. Efecto de la alimentación con harina de yuca (*Manihot sculenta*) y plátano (*Musa paradisiaca*) en crecimiento de gallinas ponedoras *Lohmann Brown*. *Revista de investigación en ciencia y biotecnología animal* [en línea]. 2017, vol. 1 (1), pp 53-59. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2020]. ISSN: 2521-5485. Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/ricba/article/view/177/116>

CABRERA, Amelia. *Elaboración y posicionamiento de un nuevo producto de yogurt de aloe vera y algarrobina (fresh yogurt) en lima metropolitana* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad San Ignacio de Loyola, Perú, 2019. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2020]. Disponible en: [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9390/1/2019\\_Cabrera-Galvez.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9390/1/2019_Cabrera-Galvez.pdf)

CARDONA, Fernando. *Alteraciones enzimáticas en alimentos: el pardeamiento, el enranciamiento y la reacción de Maillard* [en línea]. Universidad Politécnica de Valencia, España, 2020. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2021]. Disponible en:

<https://riunet.upv.es/handle/10251/147166>

CASTRO, Danny; MONTALVO, Edwards. *Efecto de la adición de fibra de bagazo de naranja (Citrus aurantium) en el perfil reológico, características fisicoquímicas y sensoriales del yogurt* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional del Centro del Perú, Tarma-Perú, 2019. [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2020]. Disponible en:

[http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5323/T010%20\\_47605424\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5323/T010%20_47605424_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

CCG. CONSULTORIA DE CALIDAD GRÁFICA. *Introducción a los modelos de color (espacios)* [en línea]. [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2021]. Disponible en:

[http://www.colourphil.co.uk/lab\\_lch\\_colour\\_space.shtml](http://www.colourphil.co.uk/lab_lch_colour_space.shtml)

CHACÓN, Priscila. *Determinación del efecto de diferentes fracciones y sustituciones de salvado de arroz sobre las características físico-químicas, sensoriales, reológicas y microbiológicas de quequitos libres de gluten durante su almacenamiento* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad de Costa Rica, San Pedro Costa Rica, 2017. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2020]. Disponible en:

<http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/5975/1/42589.pdf>

CODEX STAN 243-2003. CODEX ALIMENTARIUS. *Norma el Codex para leches fermentadas* [en línea]. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2020]. Disponible en:

[http://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS\\_243s.pdf](http://www.fao.org/input/download/standards/400/CXS_243s.pdf)

CORONEL, Manuel. *Estudio de las características físico-químicas y sensoriales de yogurt enriquecido con quínoa (Chenopodium quinoa Willd)* [en línea]. Tesis doctoral. Universidad de Extremadura, España, 2018. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020]. Disponible en:

<http://dehesa.unex.es/handle/10662/9273>

CRUZ, Franklin. *Capacidad antioxidante del yogurt funcional con adición de antiocianinas de mastuerzo (Tropaeolum majus L.)* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú, 2019. [Fecha de consulta: 15 de marzo de 2021]. Disponible en:

[http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5938/T010\\_47535515\\_T\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5938/T010_47535515_T_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

DEL POZO, Susana; ÁVILA, José; CUADRADO, Carmen; RUIZ, Emma; MOREIRAS, Olga. *Evaluación del consumo de alimentos enriquecidos/fortificados en España a través del Panel de Consumo Alimentario*. España: Fundación Española de la Nutrición, 2010. ISBN: 978-84-938865-0-9.

DOUMENZ, Paula. *Aprovechamiento de la cáscara de tuna (opuntia ficus indica) en la elaboración de yogurt griego con fibra soluble* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Privada de Tacna, Perú, 2017. [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.upt.edu.pe/bitstream/UPT/151/1/Doumenz-Torres-Paula-Andrea.pdf>

EL INFORMADOR. *Buscan la cultura del consumo del yogurt* [en línea]. 2015. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.informador.mx/Suplementos/Buscan-la-cultura-del-consumo-del-yogurt-20150512-0082.html>

FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *Fichas técnicas. Procesados de lácteos* [en línea]. 2014. [Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2020] Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au170s.pdf>

FIRA. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. *Panorama agroalimentario. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. Leche y lácteos* [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 0 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Panorama-Agroalimentario-Leche-y-la769cteos-2019.pdf>

FUENTES-BERRIO, Lorenzo; ACEVEDO-CORREA, Diofanor; GELVEZ-ORDÓÑEZ, Víctor. Alimentos funcionales: impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea]. 2015, vol. 13 (2), pp 140-149. [Fecha de consulta: 29 de agosto de 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v13n2/v13n2a16.pdf>

GÓMEZ, María J; TRUJILLO, Luis. Estudio comparativo del consumo de lácteos normales y lácteos funcionales en mujeres climatéricas y no climatéricas. *Nutrición clínica. Dietética Hospitalaria* [en línea]. 2017, vol. 37 (3), pp 98-103. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://revista.nutricion.org/PDF/GomezGuti.pdf>

HERNÁNDEZ, Moisés. *Visión alimentaria en la prevención del cáncer*. Cuba: editorial Científico-Técnica, 2016. ISBN: 978-959-05-0855-4.

HUAYTA, Pamela. *Evaluación de las características organolépticas del yogur con adición de aislado proteico de harina de Tarwi (Lupinus mutabilis)*. Tesis de titulación. Universidad Nacional del Centro del Perú, Perú, 2019. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6331/T010\\_75211433\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6331/T010_75211433_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

IBAÑEZ, Chris. *Elaboración de yogures a base de leche de vaca y Bebida de soya; enriquecidos con harina de quinua; saborizados con mango y determinación de sus características fisicoquímicas y sensoriales* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional de Piura, Perú, 2019. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1823/ZOO-IBA-VIL-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

INDUSTRIA ALIMENTARIA. *Cuajilote, fruto con propiedades funcionales poco conocidas* [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.industria-alimentaria.com.mx/cuajilote-fruto-con-propiedades-funcionales-poco-conocidas/#:~:text=Las%20propiedades%20poco%20conocidas%20del%20cuajilote&text=Tambi%C3%A9n%20se%20usa%20de%20acuerdo,dolor%20de%20cabeza%20y%20diarrea>

JADÁN, Felipe. Control del pardeamiento enzimático en manzanas cortadas (*Red delicious*) mediante un sistema de envasado activo. *SciELO* [en línea]. 2017, Vol 8 (2). ISSN: 1390-6542. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021]. Disponible en: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1390-65422017000200066](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-65422017000200066)

JIMÉNEZ, Fernando; CALDERÓN, Juan. *Prevención de enfermedades cardiovasculares mediante el consumo de fibra dietética* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Estatal de Milagro, Ecuador, 2019. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en: [http://201.159.222.36/bitstream/123456789/4750/3/PREVENCI%C3%93N%20DE%20LAS%20ENFERMEDADES%20CARDIOVASCULARES%20MEDIANTE%20EL%20CONSUMO%20DE%20FIBRA%20DIET%C3%89TICA\\_compressed.pdf](http://201.159.222.36/bitstream/123456789/4750/3/PREVENCI%C3%93N%20DE%20LAS%20ENFERMEDADES%20CARDIOVASCULARES%20MEDIANTE%20EL%20CONSUMO%20DE%20FIBRA%20DIET%C3%89TICA_compressed.pdf)

KAYANUSH, Aryana; DOUGLAS, Olson. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science* [en línea]. 2017, vol. 100 (12), pp. 9987–10013. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://scihub.wikicn.top/https://doi.org/10.3168/jds.2017-12981>

LASCURAIN, Maite; AVENDAÑO, Sergio; Del Amo, Silvia; Niembro, Aníbal. *Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz*. 1ª ed. México: CONACYT, 2010. ISBN: 978-607-7579-19-9

LALALEO, Diana. *Caracterización reológica de suspensiones elaboradas a partir harina y residuos de banano de rechazo* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador, 2017. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24739/1/AL%20621.pdf>

LIU, D; MARTÍNEZ, Marta; LÓPEZ, Patricia; GILBERT, Elliot; GIDLEY, Michael. Adsorption behaviour of polyphenols on cellulose is affected by processing history. *Food Hydrocolloids* [en línea]. 2017, vol. 63, pp 496-507. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2016.09.012>

MANRESA, Ada; VICENTE, Ileana. *El color en la industria de los alimentos*. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria, 2007. ISBN: 978-959-16-0582-5.

MARTÍNEZ, Sarita. *Evaluación de la viscosidad y el color del yogurt batido con adición de goma de tara (Caesalpinia spinosa) como estabilizante a diferentes concentraciones* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional José María Arguedas, Perú, 2016. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2020]. Disponible en: <http://181.176.178.114/bitstream/handle/123456789/217/23-2016%20-%20EPIA-Martinez%20Rivas-%20EVALUACI%20c3%93N%20DE%20LA%20VISCOSIDAD%20Y%20EL%20COLOR%20DEL%20YOGURT%20BA%202016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MELÉNDEZ, Durán. Estudio del consumo de leche y sus derivados en el municipio de Oaxaca de Juárez, México. *Revista Mexicana de Agronegocios* [en línea]. 2016, vol. 39, pp 441-450. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020]. ISSN: 1405-9282. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/141/14149188007.pdf>

MÉNDEZ, María. *Biología I*. 6ª Ed. México: editorial Book Mart, 2015. ISBN: 978-607-743-231-9.

MÉNDEZ, Mayra. *Elaboración, caracterización y evaluación tecnológica y biológica de harinas a base de frutos de cuajilote (Parmentiera edulis)*. Tesis de maestría. Universidad Autónoma de Tamaulipas, Reynosa, Tamaulipas, 2019.



MONGES, Carla; NUÑEZ, Natalia; VELEZ, Freyssi. *Aprovechamiento de residuos de alcachofa (Cynara scolymus L.) para la fabricación de harina utilizada en el enriquecimiento con fibra de un yogurt frutado con probióticos* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad San Ignacio de Loyola, Perú, 2019. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en: [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9767/1/2019\\_Monge-Beizaga.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9767/1/2019_Monge-Beizaga.pdf)

MONITOR EXPRESSO. *Lo que debes saber sobre la fruta Cuajilote y sus beneficios contra la diabetes* [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://www.monitorexpresso.com/lo-que-debes-saber-sobre-la-fruta-cuajilote-y-sus-beneficios-contra-la-diabetes/>

MONTESDEOCA, Ricardo; JOHANA, Karen; GERMAN, Carlos; WAGNER, Cristhian. Efecto de tipos de estabilizantes y porcentajes de grasa en las características fisicoquímicas de un yogur. *El Higo*. 2020, Vol. 10 (02), pp 76-96. [Fecha de consulta: 16 de octubre de 2021].

MORALES, Anabel; ERAZO, Fredy; PAREDES, Armando; SÁNCHEZ, Tatiana. Desarrollo de yogurt tipo III con zapallo y ajonjolí como aporte de fibra y antioxidantes. *Conciencia Digital* [en línea]. 2020, vol. 3 (21), pp 94-107. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020]. ISSN: 2600-5859. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1222/2984>

MORALES-SÁNCHEZ, Viridiana; OSUNA-FERNÁNDEZ, Helia; BRECHÚ-FRANCO, Alicia; LAGUNA-HERNÁNDEZ, Guillermo; VARGAS-SOLÍS, Rosario. Evaluación del efecto antiurolítico del fruto de *Parmentiera aculeata* en rata Wistar. *Botanical Sciences* [en línea]. 2015, vol. 93 (2), pp 293-298. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v93n2/v93n2a11.pdf>

NARVÁES, Ángel. *Caracterización bromatológica y microbiológica de yogurt con diferentes dosificaciones de edulcorante natural Stevia (stevia rebaudiana Bertoni)* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional de Loja, Ecuador, 2015. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/11441/1/TESIS%20PARA%20BIBLIOTECA%20pdf.pdf>

NARVAES, Ingrid. *Aprovechamiento de algas marinas para la elaboración de un yogurt funcional enriquecido con concentrado proteico de pota (Dosidicus gigas)* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional

de San Agustín de Arequipa, Perú, 2017. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2020]. Disponible en:<http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5049/IPnaapij.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

NORMA Oficial Mexicana (México). NOM-155-SCFI-2012. *Leche-Denominaciones, especificaciones físico-químicas, información comercial y métodos de prueba* [en línea]. México. 2012. [Fecha de consulta: 26 de noviembre de 2020]. Disponible en:  
<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm>

NORMA Oficial Mexicana (México). NOM-181-SCFI-2010. *Yogurt-Denominación, especificaciones físico-químicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba* [en línea]. México. 2010. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2020]. Disponible en:  
<http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4209/seeco/seeco.htm#:~:text=Esta%20Norma%20Oficial%20Mexicana%20establece,aplicarse%20para%20comprobar%20dichas%20especificaciones.>

PADAYACHEE, A; DAY, L; HOWELL, K.; GIDLEY, M. J. Complexity and health functionality of plant cell wall fibers from fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [en línea]. 2017, vol. 57(1), pp 59–81. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.850652>

PARRA, Ricardo. Características físico-químicas, sensoriales, proximales y microbiológicas de un yogurt con chocolate en refrigeración. *Temas agrarios*. 2014, vol. 19 (2), pp 146-158.

PINTO-RUIZ, R; HERNÁNDEZ, D; GÓMEZ, H; BOBOS, M.A; QUIROGA, R; PEZO, D. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia Tópico Húmedo* [en línea]. 2010, vol. 26 (1), pp 19-31. [Fecha de consulta: 07 de octubre de 2020]. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v26n1/v26n1a2.pdf>

PORTAL FARMA. *Las vitaminas y los minerales* [en línea]. Consejo General de Colegios Oficiales de Farmacéuticos, España, 2017 [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2020]. Disponible en:  
[https://www.portalfarma.com/Ciudadanos/saludpublica/consejosdesalud/Paginas/vitaminas\\_minerales.aspx](https://www.portalfarma.com/Ciudadanos/saludpublica/consejosdesalud/Paginas/vitaminas_minerales.aspx)

QUINTERO, Karla. *Niveles de Harina de Cáscara de Maracuyá (Passiflora edulis) en Elaboración de yogur natural*. Tesis de grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador, 2013. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/320/1/T-UTEQ-0003.pdf>

RAMÍREZ, María. *Propiedades funcionales de boy*. México: editorial Omnia Science, 2017. ISN: 978-84-956003-4-7.

REBOLLAR, Teresa. *Características fisicoquímicas y sensoriales de Yogurt Natural elaborado artesanalmente* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, 2017. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/42101/K64597%20TERESA%20REBOLLAR%20ESTRADA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SS. Secretaría de Salud. *¿Cuánta fibra dietética se debe consumir?* [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.gob.mx/salud/articulos/cuanta-fibra-dietetica-se-debe-consumir>

SOLÓRZANO, Erika. *Estudio de la viscosidad como parámetro de calidad de bebidas lácteas fermentadas expeditas en la ciudad de Cuenca-Ecuador*. Tesis de titulación. Universidad del AZUAY, Cuenca-Ecuador, 2018. [Fecha de consulta:

TETRA PACK. *Tendencias de consumo de yogurt y lo que significan para los productores* [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.tetrapak.com/mx/about/cases-articles/consumer-yoghurt-trends>

VALDEZ, Marlis; Álvaro, Katherine. *Comportamiento reológico y evaluación fisicoquímica y sensorial del yogurt con adición de fibra de mesocarpio del maracuyá (Passiflora edulis)* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Nacional del Centro del Perú, Tarma Perú, 2019. [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2020]. Disponible en: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5567/T010\\_70233570\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/5567/T010_70233570_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

VÁSQUEZ, Keyla. *Enriquecimiento de una bebida láctea fermentada (yogur) con harina de quinua (chenopodium quinoa) y banana (musa paradisiaca)* [en línea]. Tesis de titulación. Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador, 2020. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2021]. Disponible

en:<https://181.198.35.98/Archivos/VASQUEZ%20ARTEAGA%20KEYLA%20KARINA.pdf>

VÁSQUEZ-VILLALOBOS, Víctor; AREDO, Víctor; LÁZARO, María. Propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de yogur de leche descremada de cabra frutado con mango y plátano en pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria* [en línea]. 2015, vol. 6 (3). [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2020]. ISSN: 2077-9917. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.04>

VILCHIS, María; ARÉVALO, David; GALLEGOS, María R. *Yogurt Bebible Adicionado Con Microcápsulas De Aceite Esencial De Rosa Mosqueta (Rosa Moschata)*. Avances de Investigación en Inocuidad de alimentos [en línea]. 2019, vol. 2. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://e-gnosis.udg.mx/index.php/trabajosinocuidad/article/view/766/0>

VILLAR, Saira. *Evaluación del fruto Parmentiera edulis para su posible utilización en la industria alimentaria*. Tesis de titulación. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México, 2011. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2011]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/486/62036s.pdf?sequence=1>

VILLEDA, Claudia. *Elaboración de yogur estilo griego con diferentes porcentajes de ATECAL, leche en polvo y horas de desuerado* [en línea] Tesis de titulación. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 2015. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020] Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4662/1/AGI-2015-043.pdf>

ZARATE, Georgina. *Evaluación del efecto diurético del extracto acuoso de Parmentiera edulis D.C. (cunajilote). Obtención de la fracción responsable de la actividad farmacológica* [en línea]. Tesis de titulación. Instituto Politécnico Nacional, México, 2011. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8940/1/TESIS%20FINAL.pdf>

# **ANEXOS Y APÉNDICES**

## ANEXO 1. ANÁLISIS FÍSICOS

### Determinación de acidez titulable del yogurt

La acidez se determinó de acuerdo al método 16.023 (A.O.A.C., 2005). Basado en una titulación con NaOH al 0.1N. En donde se pesó 5 g de muestra en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, posteriormente se añadió agua destilada y se agitó vigorosamente, se incorporaron tres gotas de fenolftaleína al 1% y se tituló con NaOH 0.1 N, hasta obtener una coloración rosada (Martínez, 2016).

La acidez se expresó como porcentaje de ácido láctico, teniendo la siguiente relación:

1mL de NaOH 0.1N = 0.009 g de ácido láctico

El porcentaje de acidez se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de acidez del yogurt} = \frac{(\text{ml de NaOH}) * (\text{Normalidad de NaOH}) * 9}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

## ANEXO 2. DETERMINACIÓN DE LAS TÉCNICAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL.

### Determinación de humedad

Se determinó la humedad por deshidratación, a través de la técnica número 1 de la AOAC 2005.

Se rotularon cajas Petri para identificar las muestras, ya que se realizó por triplicado. Posteriormente se colocaron en la estufa de secado marca Felisa Modelo 292A México a una temperatura entre 50 a 60°C, hasta que se obtuvo peso constante (Po), por aproximadamente 12 horas. Cuando llegaron a peso constante se pasaron las cajas Petri a un desecador y se esperó hasta que enfriaran para pesarlas en la balanza analítica (AOAC, 2005).

Se distribuyeron 5 g de muestra (Pm) extendiéndose por toda la caja Petri a modo de que ocupara la mayor superficie posible (AOAC, 2005).

Se introdujo la caja Petri con la muestra (sin tocarla con las manos y con ayuda de pinzas para crisol) en la estufa de secado Felisa Modelo 292A México. Se dejó eliminar el agua de la muestra a una temperatura entre 50 a 65°C durante 12 a 24 horas, hasta que se obtuvo el peso constante (AOAC, 2005).

Pasado el tiempo indicado se retiraron las cajas Petri con la muestra deshidratada de la estufa, se colocó en el desecador y se esperó hasta que se enfriara, de 2 a 3 minutos aproximadamente; pasado el tiempo se pesó (P1) y se calculó el contenido de humedad a partir de la pérdida de peso de la muestra con la fórmula que se muestra a continuación (AOAC, 2005):

$$\% Hum = \left[ \frac{Pm - (P1 - Po)}{Pm} \right] \times 100$$

$$\% Muestra\ seca = 100 - \% Humedad$$

Donde:

Pm: peso de la muestra húmeda

P1: peso de la caja Petri con muestra deshidratada.

Po: Peso constante.

### Determinación de cenizas

Se determinó la cantidad de cenizas mediante incineración de acuerdo a lo marcado en la técnica 2 de la AOAC, 2005.

Se rotularon los crisoles en la parte inferior para poder identificar las muestras ya que se realizaron por triplicado. Se introdujeron en la estufa de secado marca Felisa Modelo 292A México, a una temperatura entre 50 a 60°C para obtener peso constante (AOAC, 2005).

Una vez que se alcanzó el peso constante se sacaron los crisoles cuidadosamente de la estufa con ayuda de pinzas para crisol, sin tocar los crisoles con las manos; se pusieron en la estufa de secado por 12 horas, pasado el tiempo se sacó de la estufa y se colocó en el desecador por 5-10 minutos. Después que se enfriaron los crisoles en el desecador se pasaron para obtener peso constante (Po) (AOAC, 2005).

Se colocó 5 gramos de muestra (Pm) en cada crisol y se carbonizó sobre la parrilla de calentamiento marca Corning Modelo PC-400 México, hasta que dejó de liberar humo, cuidando siempre que no se incendiara, ya ocasionaría pérdida de peso por proyección de la muestra (AOAC, 2005).

Se tomó la muestra carbonizada utilizando piza para crisol y se incineró en la mufla marca SibLindberg Modelo CTDC-002 México, a temperatura entre 550 a 600°C, manteniendo siempre la temperatura de la mufla hasta que las cenizas adquirieron un color Blanco o gris-blanco, en un tiempo de aproximadamente 2 a 3 horas (AOAC, 2005).

Se retiraron los crisoles de la mufla con la pinza con mucho cuidado y se colocaron en la estufa de secado de 10 a 15 minutos, pasado el tiempo se sacaron y colocaron en el desecador hasta que estuvieron fríos, en un tiempo de aproximadamente 5 a 10 minutos. Por último, se pesaron los crisoles (Pf), sin que se tocaran con las manos y se realizó el siguiente cálculo (AOAC, 2005):

$$\% \text{ Cen (Bs)} = \left[ \frac{Pf - Po}{Pm} \right] \times 100$$

Dónde:

Pf: peso final de la muestra incinerada.

Po: peso constante.

Pm: peso de la muestra.



### **Determinación de grasa cruda**

Se determinó el contenido de grasa por diferencia de peso con respecto a la grasa extraída, de acuerdo a como lo marca la técnica número 3 de la AOAC, 2005.

Se rotularon los matraces para poder identificar las muestras ya que se realizó por triplicado. Se colocó matraces balón con boquilla esmerilada en la estufa de secado marca Felisa Modelo 292A México, a una temperatura de entre 50 a 60°C hasta que se obtuvo peso constante (Po), en un tiempo de aproximadamente 6 a 8 horas (AOAC, 2005).

Se pesaron 5 gramos de muestra seca (Pm) dentro del cartucho de celulosa, se colocó un tapón de algodón en la boquilla del cartucho para impedir que se tirara la muestra. Posteriormente se depositó el cartucho con la muestra seca en la cámara o trampa del extractor y se añadieron de 2 a 3 sifonadas de hexano a la cámara o trampa del extractor. Se embonó el refrigerante y se cercioró que las mangueras de agua estuvieran conectadas correctamente para evitar fugas. Después de esa operación se abrió la llave de agua verificando que el agua fluía por el refrigerante y se encendió la fuente de calor, extrayéndose por 12 a 16 horas la grasa de la muestra, cuidando siempre que no existiera paso de agua y hexano suficiente (AOAC, 2005).

Después de la extracción se retiró el cartucho con la muestra sin grasa de la trampa del extractor y se colocó en la estufa de secado hasta que se evaporó el hexano. Posteriormente se destiló el hexano sucio y se colocó en la estufa de secado los matraces balón con muestra de grasa hasta que se obtuvo peso constante una vez evaporado el solvente, se pesó y se obtuvo el peso final (Pf). Por último, se realizaron los cálculos correspondientes de acuerdo a la siguiente fórmula (AOAC, 2005):

$$\% \text{ Extracto Etereo (Bs)} = \left[ \frac{(Pf - Po)}{Pm} \right] \times 100$$

Donde:

Pf: peso final de la muestra incinerada.

Po: peso constante.

Pm: peso de la muestra.

## Determinación de proteína cruda- Método Kjeldahl

Se determinó la cantidad de proteína cruda mediante la fórmula de nitrógeno y el porcentaje de proteína cruda, de acuerdo a lo establecido en la técnica número 4 de la AOAC de 2005.

Preparación de reactivos

- A. Catalizador Micro- Kjeldahl: primero se mezcló 1.9 g de  $K_2SO_4$  (sulfato de potasio libre de nitrógeno) más 40 mg de  $HgO$  (óxido de mercurio rojo).
- B. Indicador Micro-Kjeldahl: se preparó mezclando solución roja de metilo y verde de bromocresol.
- C. Se preparó solución alcohólica de verde de bromocresol al 0.2% (p/v).
- D. Ácido bórico al 5%
- E. Solución de HCl al 0.05 N o 0.1 N (AOAC, 2005).

Preparación de solución 1: para la preparación de esta solución se pesó 0.02 g de rojo de metilo y se disolvió en alcohol etílico de 95% de pureza y se aforó al 10% con etanol (AOAC, 2005).

Preparación de solución 2: se pesó 0.1 g de verde de bromocresol y se disolvió en alcohol etílico de 95% de pureza, posteriormente se aforó con 50 ml de etanol (AOAC, 2005).

Preparación de solución 3: se mezcló las soluciones 1 y 2 y se guardaron en goteros de color ámbar (AOAC, 2005).

Preparación de solución 4, sosa-tiosulfato de sodio: primero se disolvió 60 g de hidróxido de sodio (sosa) y 5 g de tiosulfato de sodio ( $Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$ ) en agua destilada. Se aforó a 100 ml con agua, teniendo cuidado ya que esto produce una reacción exotérmica (AOAC, 2005).

Procedimiento:

Todo el procedimiento se realizó por triplicado, considerando desde el inicio del procedimiento un blanco. Para facilitar la realización del método se dividió en 4 partes:

Parte 1. Digestión de la muestra: primero se pesó entre 50 y 100 mg de muestra seca y libre de grasa. Se adicionó la muestra a un matraz Micro-Kjeldahl de 30 mL, lavado perfectamente con agua destilada. Se agregó 2 gramos de catalizador Micro-Kjeldahl y 2 mL de ácido sulfúrico, posteriormente se adicionaron perlas de vidrio y se colocó en el digestor Micro Kjeldahl marca Labconco, modelo 603000 México por alrededor de 1 a 1.5 horas, hasta que la muestra se puso

transparente. Una vez que alcanzó un estado transparente se dejó calentar por 1 hora más (AOAC, 2005).

Parte 2. Destilación de la muestra: se transfirió la solución digerida al aparato de destilación (matraz de destilación previamente lavado con agua destilada). Se lavó el matraz micro Kjeldahl de 5 a 6 veces con porciones de agua con pipetas de 10 ml y se agregó 10 ml de solución Sosa-Tiosulfato. Posteriormente se colocó una manguera corta a la salida del refrigerante, se depositó 5 ml de ácido Bórico al 5% en una probeta de 100 ml, se adicionó 3 gotas de indicador micro Kjeldahl colocando la probeta debajo de la salida del refrigerante, procurando que la manguera conectada previamente quedara sumergida en el ácido y comenzó la destilación, colectando entre 50 a 60 ml del destilado (AOAC, 2005).

Parte 3. Titulación: se tituló una alícuota de 50 ml del destilado con HCl 0.05 N o 0.1 N hasta que apareció de un color violeta (AOAC, 2005).

Parte 4. Valoración del HCl: se disolvió aproximadamente 50 mg (0.05 g) de Borax (Tetraborato de sodio) deshidratado en 50 ml de agua destilada, se agregó de 2 a 3 gotas del indicador microkjeldahl y se tituló con el HCl cuya concentración exacta se desconoce. Donde  $N_{\text{ácido}} = \frac{\text{mg de bórax}}{\text{ml de HCL gastados}} (190.69)$ .

Por último, se realizaron los cálculos correspondientes en base a la siguiente fórmula (AOAC, 2005):

$$\% N_{\text{total}} = \frac{14.007 (\text{mL de HCl muestra} - \text{mL HCl blanco}) (N_{\text{ácido}}) \times 100}{\text{mg de muestra}}$$

$$\% \text{ Proteína cruda } (Pc) = (\% N_{\text{total}})(Factor)$$

Siendo el factor para lácteos 6.38

### **Determinación de fibra**

Se determinó el contenido de fibra por diferencia de peso utilizando equipo de digestión de fibra marca Labconco Modelo 300010 U.S.A mediante la técnica número 5 de la AOAC de 2005.

Preparación del reactivo S-K: se disolvió 50 g de ácido Tricloroacético en 1.0 a 1.5 L de Ácido Acético al 70%, se adicionó 124 ml de Ácido Nítrico (65% y densidad de 1.4) y se complementó a 2.0 L con Ácido Acético al 70% (AOAC, 2005).

Procedimiento: primero se puso el papel filtro a peso constante ( $P_o$ ) tratando de no tocarlo con las manos. Se pesó aproximadamente 1 g de muestra seca desgrasada y molida, para luego ser transferido al vaso de Berzelius. Se adicionó 30 ml de reactivo S-K, se colocó el vaso en el condensador de Fibra Cruda marca Labconco Modelo 300010 U.S.A. Posteriormente se llevó el contenido del vaso de Berzelius a ebullición rápidamente agitando cada 5 minutos aproximadamente, dejando que hirviera por 30 minutos (AOAC, 2005).

Pasado los 30 minutos de ebullición se filtró en caliente a través del embudo utilizando el papel filtro que previamente se había llevado a peso constante. Se lavó el residuo con agua caliente y después se lavó con acetona hasta que se obtuvo una decoloración. Posteriormente se colocó a peso constante el papel filtro, se pesó el papel más el residuo ( $P_1$ ) y se realizaron los cálculos correspondientes de acuerdo a la siguiente fórmula (AOAC, 2005).

$$\% \text{ Fibra} = \frac{(P_1 - P_o)(100)}{P_m}$$

#### **Determinación de carbohidratos.**

Para la obtención de carbohidratos se calculó por diferencia de 100 de acuerdo a lo mencionado en la AOAC de 2005, siguiendo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ELN} = 100 - \% \text{ cenizas} - \% \text{ humedad} - \% \text{ extracto etéreo (grasa)} \\ - \% \text{ fibra cruda} - \% \text{ Proteína cruda}$$

Para la obtención del % de carbohidratos, se pasaron todos los resultados a Base húmeda (AOAC, 2005).

### ANEXO 3. PAPELETA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

PAPELETA DE EVALUACIÓN SENSORIAL. Escala hedónica de 3 puntos.

El siguiente formato forma parte de la investigación “elaboración de un yogur adicionado con cuajilote” en el programa educativo de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Se evaluarán los atributos sensoriales (sabor, dulzor, olor, color, acidez y viscosidad) de las diferentes formulaciones de yogur tipo suizo con cuajilote. El fruto empleado en esta evaluación no representa riesgos para la salud. Los resultados obtenidos son solo para fines científicos y serán tratados de forma anónima y confidencial. De antemano agradecemos su participación, por favor, le pedimos leer con atención las instrucciones y/o prestar atención al instructor.

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones:

Pruebe por favor las muestras una a una, tomando agua entre muestra y muestra. Indique su nivel de agrado marcando con una X en la casilla que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos.

Muestra	ATRIBUTOS																	
	Sabor			Dulzor			Olor			Color			Acidez			Viscosidad		
	Me gusta (3)	No me gusta ni me disgusta (2)	No me gusta (1)	Me gusta (3)	No me gusta ni me disgusta (2)	No me gusta (1)	Me gusta (3)	No me gusta ni me disgusta (2)	No me gusta (1)	Me gusta (3)	No me gusta ni me disgusta (2)	No me gusta (1)	Me gusta (3)	No me gusta ni me disgusta (2)	No me gusta (3)	Me gusta (3)	No me gusta ni me disgusta (2)	No me gusta (3)
L007																		
L077																		
L777																		
M																		
M4																		
M5																		