

Mineral de la Reforma, Hgo., a 5 de agosto de 2024

Número de control: ICBI-D/958/2024  
Asunto: Autorización de impresión.

**MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO**  
**DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH**

Con fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio le comunico que el Jurado asignado a la Egresada de la Licenciatura en Química de Alimentos **Stephany Danae Gallegos García**, quien presenta el trabajo de titulación “Estandarización del proceso de elaboración de yogurt natural para una microempresa hidalguense”, después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

**Presidente:** Dr. Juan Ramírez Godínez

*Juan Ramírez Godínez*

**Secretario:** Dr. Luis Guillermo González Olivares

*Luis Guillermo González Olivares*

**Vocal:** Dra. Elizabeth Contreras López

*Elizabeth Contreras López*

**Suplente:** Dr. Juan Francisco Flores Aguilar

*Juan Francisco Flores Aguilar*

Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

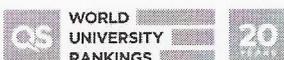
Atentamente  
“Amor, Orden y Progreso”

Mtro. Gabriel Vergara Rodríguez  
Director del ICBI



GVR/YCC

Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184  
Teléfono: 771 71 720 00 Ext. 40001  
direccion\_icbi@uaeh.edu.mx,  
vergarar@uaeh.edu.mx





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE  
HIDALGO



INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E  
INGENIERÍA

Licenciatura en Química de Alimentos

ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO DE  
ELABORACIÓN DE YOGURT NATURAL PARA UNA  
MICROEMPRESA HIDALGUENSE

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
LICENCIADA EN QUÍMICA DE ALIMENTOS

PRESENTA:

GALLEGOS GARCÍA STEPHANY DANAE.

Directora:

Dra. Elizabeth Contreras López.

Codirector:

Dr. Juan Francisco Flores Aguilar.

JUNIO, 2024.

# Índice

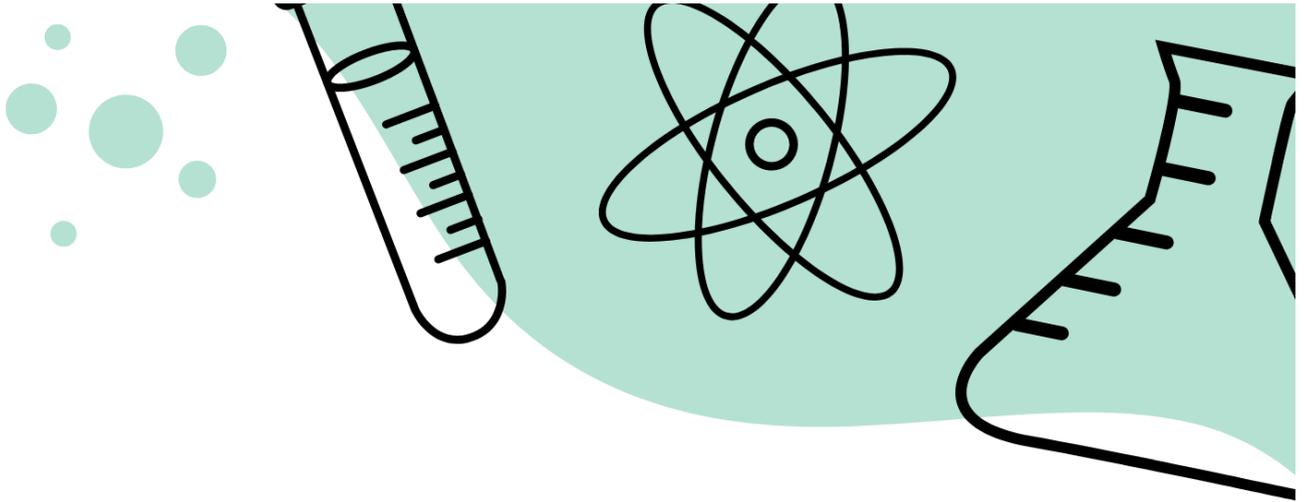
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>2. ANTECEDENTES.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1 Definición y Clasificación del yogurt.....</b>	<b>7</b>
2.2 Producción y consumo de yogurt en México.....	9
2.3 Composición química de yogurt.....	12
2.4 Proceso de elaboración.....	16
2.5 Control de calidad del yogurt.....	18
2.6 Estudios previos realizados.....	19
<b>3. OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
3.1 Objetivo General.....	23
3.2 Objetivos Específicos.....	23
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>25</b>
4.1 Estandarización de las condiciones de elaboración de yogurt natural.....	25
4.1.1 Análisis fisicoquímico para la leche cruda y yogurt.....	25
4.1.2 Análisis microbiológicos para leche cruda.....	26
4.1.3 Diseño de experimentos para la estandarización de yogurt natural.....	27
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
5.1 Análisis fisicoquímico de leche y yogurt elaborados por una microempresa.....	30
5.2 Estandarización del yogurt natural.....	35
<b>6. CONCLUSIÓN.....</b>	<b>40</b>
<b>7. REFERENCIAS.....</b>	<b>42</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

# Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de yogurt de acuerdo a diferentes criterios.....	7
Tabla 2. Consumo de leche y productos lácteos en México.....	11
Tabla 3. Composición de yogurt natural.....	14
Tabla 4. Especificaciones fisicoquímicas para el yogurt.....	19
Tabla 5. Diseño de experimentos aplicados para la estandarización de yogurt.....	27
Tabla 6. Análisis fisicoquímicos de leche de la microempresa A.....	30
Tabla 7. Análisis fisicoquímicos de yogurt de la microempresa A.....	32
Tabla 8. Análisis fisicoquímicos de leche de la microempresa B empleada para estandarizar el yogurt.....	34
Tabla 9. Viscosidad del yogurt estandarizado.....	35
Tabla 10. Viscosidad de yogurt bebible de marcas comerciales.....	38
Tabla 11. Análisis de varianza.....	50

# Índice de figuras

Figura 1. Industria de la leche y lácteos a nivel mundial.....	11
Figura 2. Industria de la leche y lácteos en México.....	11
Figura 3: Producción de yogurt en México de 2009 a 2019.....	13
Figura 4: Proceso de elaboración de yogurt.....	17
Figura 5: Estandarización de yogurt natural.....	26
Figura 6. Diagrama de Pareto ( $\alpha=0.05$ ) de efectos estandarizados para la viscosidad del yogur.....	37
Figura 7. Gráfica de efectos principales de viscosidad.....	38
Figura 8. Gráfica que interacción para evaluar la viscosidad.....	38



# INTRODUCCIÓN



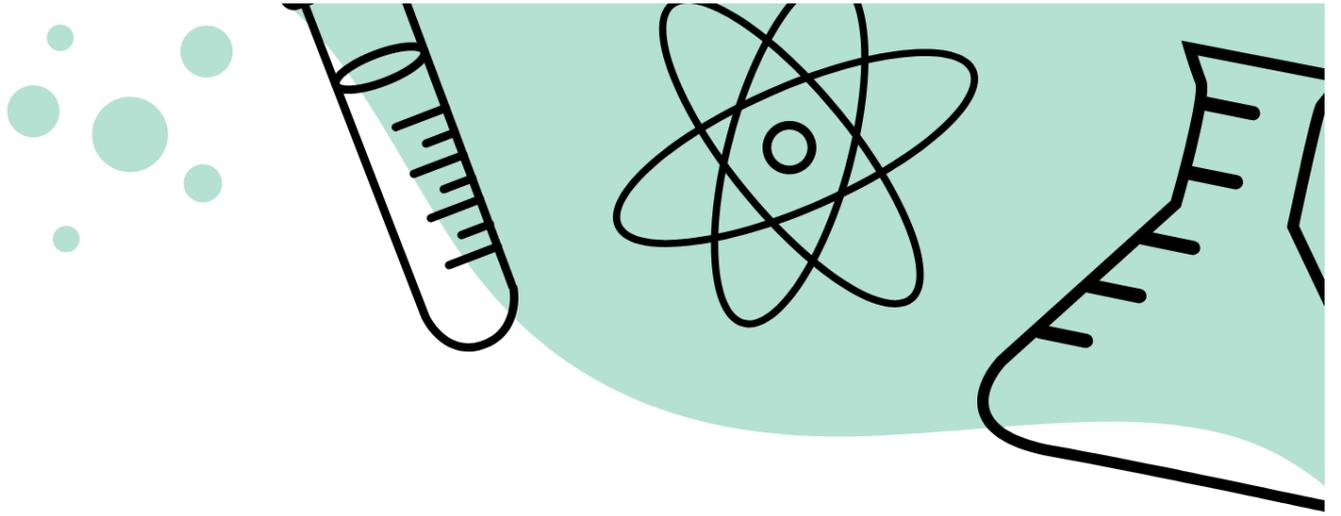
# 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha cobrado relevancia el papel terapéutico que juegan las bacterias ácido-lácticas y el yogurt en la salud. Esto debido a que se ha observado un efecto inmunoestimulador del yogurt ya que induce cambios en la microecología gastrointestinal. En cuanto a la presencia de bacterias ácido-lácticas en los intestinos, algunos estudios señalan que al incrementar su número en el tracto estas pueden suprimir el crecimiento de bacterias patógenas, con lo cual se reducen infecciones y se incrementa el efecto anticarcinogénico.

El yogurt es un derivado lácteo producido por la fermentación de la leche con *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Estos dos microorganismos ácido-lácticos, provocan una transformación de los nutrimentos presentes en la leche, por ejemplo, la lactosa es fermentada produciendo ácido láctico, también las vitaminas B12 y C son degradadas y el ácido fólico es formado. En general, la leche y el yogurt presentan una composición similar en vitaminas y minerales, sin embargo, hay pequeñas diferencias, una de estas es que el calcio en el yogurt está más biodisponible que en la leche.

De manera general, existen dos tipos de yogurt, el duro y el batido. En el primero, la fermentación se realiza en el envase, con lo cual el yogurt adquiere una estructura continua de gel. En el segundo, la fermentación es realizada en tanques con lo cual se obtiene un producto de textura suave y viscosa. Los atributos físicos del yogurt, entre estos la viscosidad, son características que determinan el grado de aceptación por el consumidor. Comprender los mecanismos por medio de los cuales el yogurt adquiere su textura y el impacto de las condiciones del procesamiento puede ayudar a mejorar la calidad de un yogurt.

En este trabajo de investigación se establecerán las condiciones para estandarizar el proceso de elaboración de yogurt natural que actualmente elabora una microempresa ubicada en Mineral de la Reforma, Hidalgo. Esto permitirá obtener un producto estándar cuyos atributos sensoriales sean identificados por el consumidor. Para esto se aplicará un diseño de experimentos con dos factores a analizar: la temperatura y la concentración de sólidos.



# ANTECEDENTES



## 2. ANTECEDENTES

### 2.1 Definición y Clasificación del yogurt

Yogurt es el producto obtenido de la fermentación de leche, estandarizada o no, por medio de la acción de los microorganismos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii* subespecie *bulgaricus*, y teniendo como resultado la reducción del pH (NOM-181-SCFI-2010; Codex Alimentarius, 1992).

En cuanto a su clasificación, de manera general existen dos tipos: el duro y el batido (Lee y Lucey, 2010). En el duro, la fermentación se lleva a cabo en el envase obteniéndose así un gel de estructura continua mientras que, en el yogurt batido, la fermentación se realiza en tanques con agitación, lo que provoca la ruptura del gel, para finalmente obtener un producto de textura suave y viscosa (Lee y Lucey, 2010). En los últimos años, el avance en la tecnología ha permitido la diversificación de este tipo de productos. Es por esto por lo que hoy en día el mercado ofrece una gran variedad en yogures que responde a la demanda de los consumidores.

En la tabla 1 se presenta una clasificación del yogurt, de acuerdo con su preparación, su origen su sabor y el tipo de leche que se emplea en su elaboración.

**Tabla 1.** Clasificación de yogurt de acuerdo a diferentes criterios.

Según su preparación	Según su país de origen	Según su sabor	Según el tipo de leche
Natural	Griego	Fresa	Sin lactosa
Con azúcar	Irlandés	Mango	Cabra
Pasteurizado	Kéfir	Manzana	
Líquido	Búlgaro	Ciruela	
Frutado		Coco	
Batido		Otro	

Fuente: Mundo Lácteo, 2021.

De acuerdo con su modo de preparación, tenemos la siguiente clasificación (Mundo Lácteo, 2021):

**Natural:** Se le llama así debido a que no cuenta con ningún otro tipo de edulcorante o saborizante a excepción de los que involucran para su elaboración, se podrá encontrar en diferentes presentaciones dependiendo del tipo de leche que se haya utilizado: desnatado, entero o semidesnatado. Este tipo de yogurt suele tener el mismo sabor base y de consistencia cremosa, a partir de este tipo de yogurt se preparan otros.

**Azucarado:** Se adiciona una cierta cantidad de azúcar o edulcorante para que el producto final sea más aceptable para el consumidor, de esta manera, aumenta la cantidad de calorías presentes en el producto. El motivo por el cual se utiliza azúcar es porque el yogurt natural puede resultar ácido, al adicionar azúcar se reduce la acidez.

**Pasteurizado:** El producto es sometido a un tratamiento térmico con la finalidad de alargar su vida útil, esta se puede extender hasta dos o tres meses después de su fermentación. La Organización de Consumidores y Usuarios (OCU) de España menciona que el yogurt sometido a este proceso deja de ser yogurt, debido a que los microorganismos de la fermentación no son viables.

**Frutal:** Se le añaden trozos de fruta para darle un sabor más agradable, disminuyendo así su acidez. Además, se pueden agregar los trozos enteros o mezclarlos con el zumo de la fruta; dentro de este tipo de yogurt se pueden encontrar diferentes variedades:

- Con pulpa de fruta.
- Con puré de fruta.
- Con miel o chocolate.
- Con frutos secos.
- Con especias o café, entre otros.

**Descremado:** El yogurt se hace con leche baja en grasa lo que impacta en el sabor, por lo cual es necesario la adición de aditivos para darle un sabor más cercano al yogurt natural; dependiendo de los aditivos que se usan puede ser un yogurt más o menos saludable.

Según el país de origen, el yogurt se puede clasificar en (ABC, 2014):

**Griego:** Contiene alta concentración de proteínas, textura suave obtenida de su baja concentración en carbohidratos y azúcares.

**Islandés:** Posee alto contenido de calcio y proteínas, al igual que el yogurt griego, es un producto con bajo contenido de grasa, pero es un poco más espeso.

**Kéfir:** Es un producto lácteo resultado de la combinación de ácido láctico y una fermentación alcohólica de lactosa en la leche (Guzel-Seidim et al., 2011). Proporciona vitamina D y minerales, además posee un alto contenido de probióticos que ayudan a mejorar la digestión.

**Búlgaro:** Es un tipo de yogurt especial por tener propiedades desintoxicantes para el organismo, ayuda a prevenir el envejecimiento y eliminando los radicales libres.

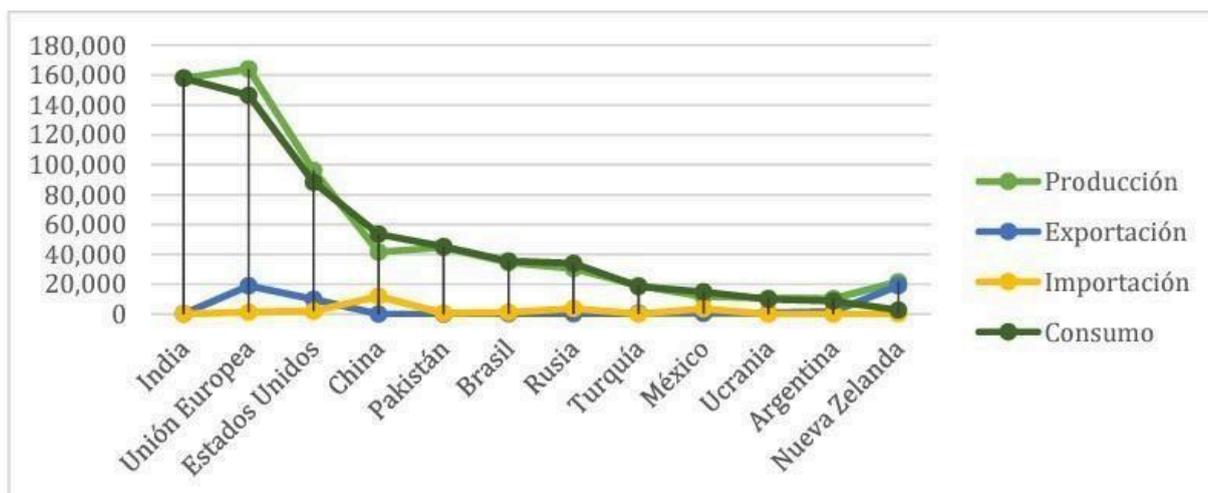
De acuerdo al tipo de leche el yogurt tiene la siguiente clasificación (Mundo lácteo, 2021):

**Sin lactosa:** Este tipo de yogurt es un derivado lácteo, durante su proceso de elaboración se extrae el azúcar lácteo y la lactosa, para poder ser digerido sin generar problemas intestinales o de otro tipo en las personas intolerantes.

**Cabra:** Elaborado con leche entera de cabra pasteurizada y fermentos lácticos, sin conservantes. Su contenido en bacterias lácticas de gran calidad, hace que sea ideal para regular la flora intestinal.

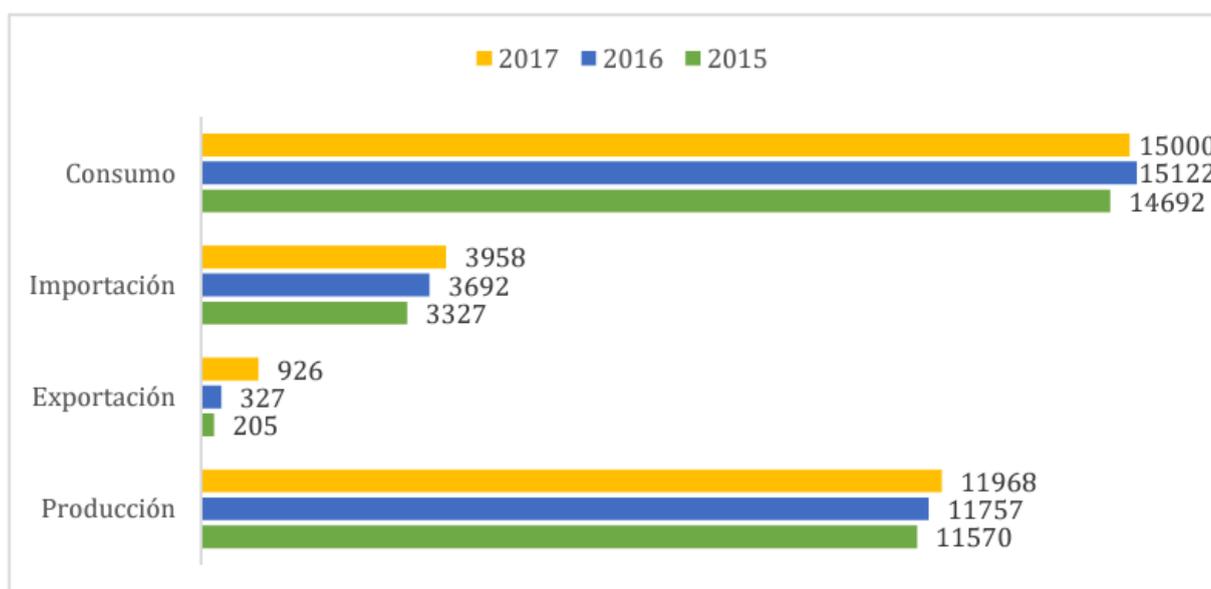
## **2.2 Producción y consumo de yogurt en México**

Según el autor Salomón en 2018, en el artículo titulado “Panorama sobre la producción y el consumo de leche y lácteos en México”, la producción de leche y productos lácteos en el país fue de 11,765 toneladas durante el periodo 2015-2017, ocupando el noveno lugar a nivel mundial. México representa el 4.11% de la producción nacional como país exportador, por lo que no es un país considerado como fuerte dentro del mercado internacional (Figura 1 y 2), sin embargo, como país importador de leche y productos lácteos ocupa el tercer lugar.



**Figura 1.** Industria de la leche y lácteos a nivel mundial

**Fuente:** (Salomon, 2018).



**Figura 2.** Industria de la leche y lácteos en México.

**Fuente:** (Salomon, 2018).

En relación al consumo de leche y lácteos en México, se conoce que en promedio, en el país se consumió 14, 938,000 toneladas durante el periodo 2017-2016, y per cápita fueron consumidos 0.33 litros diariamente. En la tabla 2 se presentan los datos de consumo nacional de leche y productos lácteos.

**Tabla 2.** Consumo de leche y productos lácteos en México.

<b>Años</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>Promedio</b>
<b>Población total mexicana</b>	125, 890, 949	127, 540, 423	129, 163, 276	127, 531, 549
<b>Consumo total en toneladas</b>	14, 692, 000	15, 122, 000	15, 000, 000	14, 938, 000
<b>Consumo per cápita en toneladas</b>	0.12	0.12	0.12	0.12
<b>Consumo per cápita en litros</b>	118.84	120.74	118.26	119.28
<b>Consumo per cápita en tasas</b>	475.37	482.96	473.04	477.12
<b>Consumo diario per cápita en litros</b>	0.33	0.33	0.33	0.33
<b>Consumo diario per cápita en tasas</b>	1.30	1.32	1.30	1.31

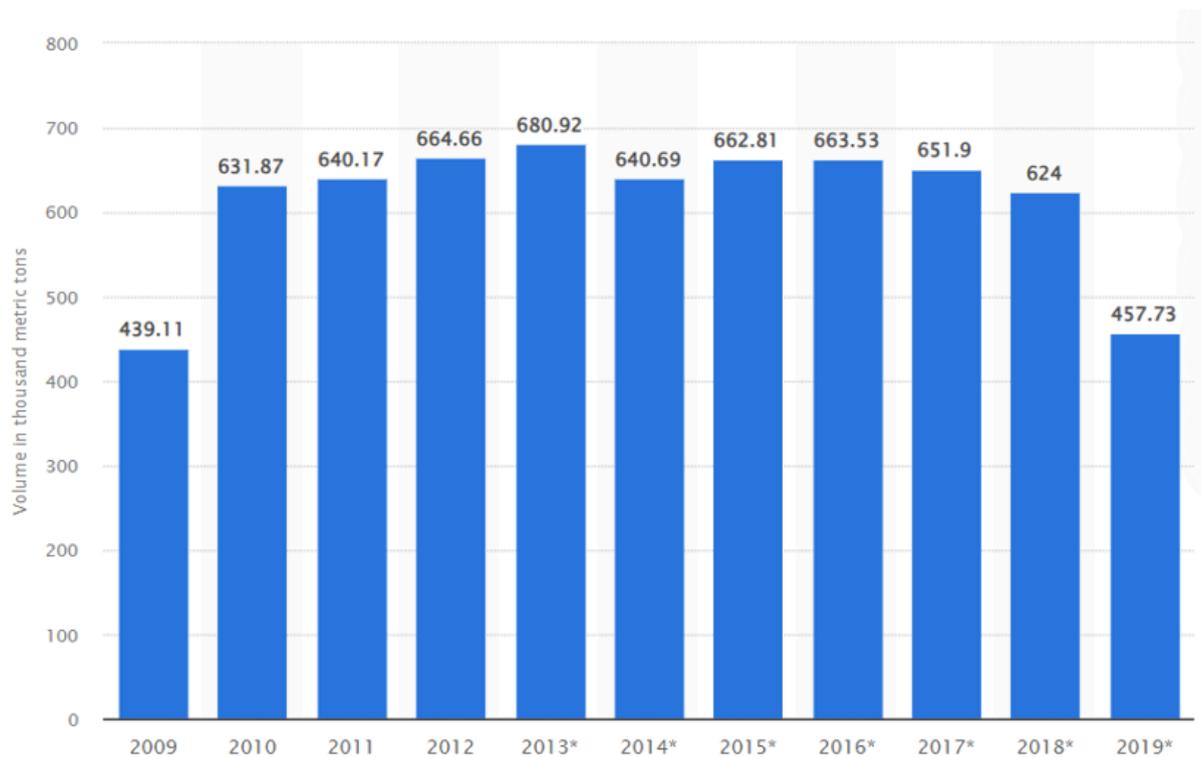
Fuente: Salomon (2018).

Entre los derivados lácteos, el yogurt es el producto que registra mayor demanda dentro del mercado, en primer lugar está la producción de yogurt elaborado con frutas y en segundo lugar el yogurt natural. Entre 2005 y 2011, este mercado creció un 7.3%, esto está asociado al desarrollo de nuevos productos y a la modificación de la demanda debido a las nuevas características que han hecho más fácil su consumo en las zonas urbanas o adicionadas con ciertos nutrientes o frutas, así como la modificación en productos como los deslactosados.

Dentro del mercado mexicano se encuentran las siguientes empresas dedicadas a la elaboración y comercialización de yogurt: Danone® de México y Sigma Alimentos® con su marca Yoplait®, entre ambas empresas se estima una participación de mercado superior al 60%, en seguida están Lala®, Alpura® y Nestlé® de México con un 15% de participación en este mercado.

En cuanto a consumo, aproximadamente el 17.8% de las personas consumen yogurt diariamente, mientras que el 49% lo consumen por semana, el yogurt bebible es consumido por el 60% de mexicanos, mientras que el yogurt frutado por un 38.3 y el yogurt natural por un 30%. (PMFarma, 2020)

En la página Statista, en el año 2022 se realizó llamada “Producción de yogur en México de 2009 a 2019”, en la cual se menciona que en 2019, el volumen de producción de yogur en México se estimó en 457 mil toneladas métricas, por debajo de las casi 652 mil toneladas métricas registradas un año antes. En ese año, el yogur bebible representó el mayor volumen de producción de yogur del país, con cerca de 261 mil toneladas métricas, lo cual se puede observar en la figura 3: Producción de yogurt en México de 2009 a 2019.



**Figura 3:** Producción de yogurt en México de 2009 a 2019.

**Fuente:** (Statista, 2022).

### 2.3 Composición química de yogurt

Un yogurt elaborado a partir de leche de vaca contiene 88.50% de agua, 3.50% de proteínas, 1.80% lípidos, 5.00% glúcidos y un total de calorías de 49 gramos por cada 100 gramos. Dentro de las principales vitaminas que contiene están incluidas las del complejo B, vitamina A y vitamina D. También podemos encontrar minerales como el calcio, hierro y fósforo. (La química del yogurt: Comercial Godó., 2016)

En general, la composición nutricional del yogur es muy similar a la de la leche, sin embargo, hay una diferencia en cuanto a la presencia de lactosa, ya que este carbohidrato está presente en el yogur en cantidades mínimas, debido a que durante la fermentación se transforma en ácido láctico, esto beneficia a la parte de la población que es intolerante a la lactosa, ya que gracias al bajo contenido de ésta en los yogures suelen ser más tolerables. (INEGI, 2011), esta información se puede observar en la tabla 3: Composición de yogurt natural.

Algunos microorganismos presentes en este producto son *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, estos microorganismos son los responsables dentro del

proceso de la fermentación, la cantidad presente de estos microorganismos en el yogurt es de  $10^7$  UFC/mL.

→ ***Lactobacillus bulgaricus***: Es una bacteria compleja con necesidades nutricionales, produce ácido láctico que es la sustancia que aporta sabor al yogurt, es considerada acidófila, ya que crece y se reproduce mejor en ambientes ácidos.

→ ***Streptococcus thermophilus***: Es un microorganismo que resiste a tratamientos térmicos y de pasteurización. Los yogures tienen como mínimo 100 millones de microorganismos vivos por gramo.

Existen otro tipo de bacterias presentes en el yogurt como *Bifidus Activo* y *L Casei Immunitas*, no son propias de este producto, pero son benéficas para el organismo. (Comercial Godó, 2018)

El consumo de un yogurt aporta el 18% de calcio y 30% de fósforo en las ingestas diarias recomendadas, por otra parte, la composición general del yogurt es similar a la composición de la leche, existe una diferencia en cuanto al contenido de lactosa ya que en el yogurt está presente en cantidades mínimas, eso es debido a que durante el proceso de fermentación la lactosa se transforma en ácido láctico, por tal motivo, las personas intolerantes o alérgicas a la lactosa pueden consumir yogurt sin algún problema. (Moreiras. et. al., 2013)

**Tabla 3.** Composición de yogurt natural.

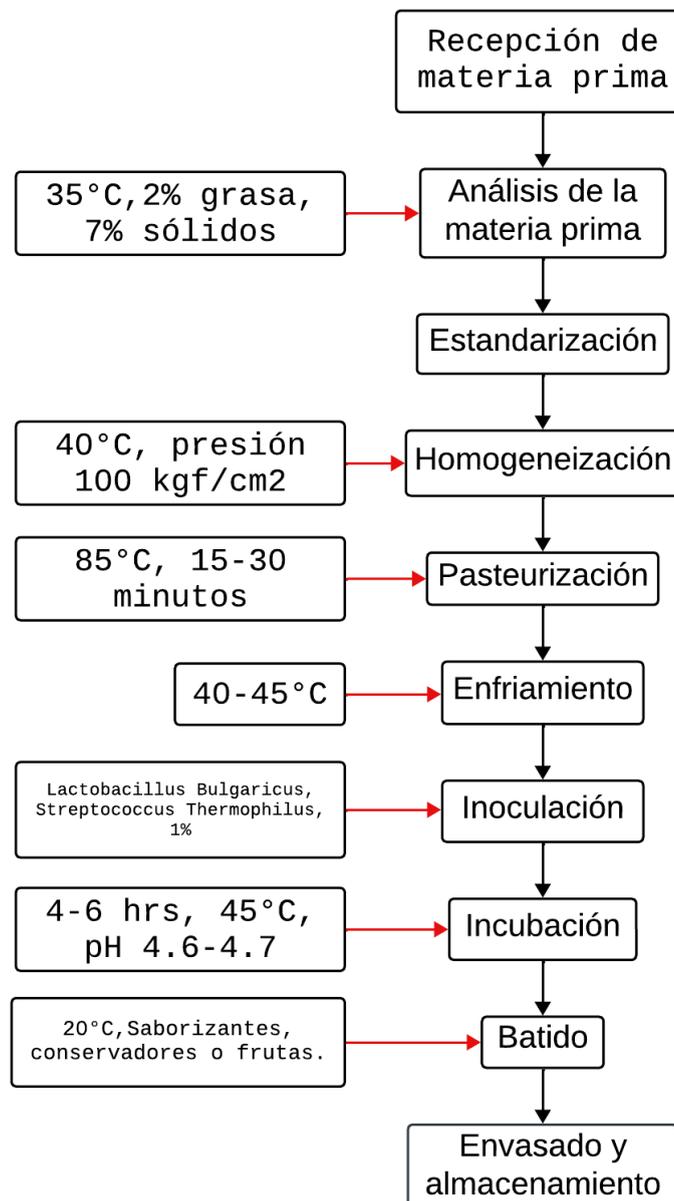
	Por 100 gr. de porción comestible	Por ración (125 gr)	Recomendación por día (Hombres)	Recomendación por día (Mujeres)
<b>Energía (Kcal)</b>	57	71	3	2.3
<b>Proteínas (g)</b>	3.7	4.6	54	41
<b>Lípidos totales (g)</b>	2.7	3.4	100-117	77-89
AG Saturados (g)	1.66	2.08	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	0.77	0.96	67	51
AG poliinsaturados (g)	0.11	0.14	17	13
Omega-3 (g)	0.023	0.029	3.3-6.6	2.6-5.1
Omega-6 (g)	0.096	0.12	10	8
Colesterol (mg/1000Kcal)	12	15	<300	<230
<b>Carbohidratos (g)</b>	4.4	5.5	375-413	288-316
<b>Fibra (g)</b>	0	0	>35	>25
<b>Agua (g)</b>	89.2	112	2.5	2
<b>Calcio (mg)</b>	142	178	1	1
<b>Hierro (mg)</b>	0.09	0.1	10	18
<b>Yodo (µg)</b>	3.7	4.6	140	110
<b>Magnesio (mg)</b>	14.3	17.9	350	330
<b>Zinc (mg)</b>	0.59	0.7	15	15
<b>Sodio (mg)</b>	80	100	<2	<2
<b>Potasio (mg)</b>	280	350	3.5	3.5
<b>Fósforo (mg)</b>	170	213	700	700
<b>Selenio (mg)</b>	2	2.5	70	55
<b>Tiamina (mg)</b>	0.04	0.05	1.2	0.9
<b>Riboflavina (mg)</b>	0.18	0.23	1.8	1.4
<b>Eq. niacina (mg)</b>	0.44	0.6	20	15
<b>Vitamina B6 (mg)</b>	0.05	0.06	1.8	1.6
<b>Folatos (µg)</b>	3.7	4.6	400	400
<b>Vitamina B12(µg)</b>	0.2	0.3	2	2

<b>Vitamina C (mg)</b>	0.7	0.9	60	60
<b>Vitamina A: Eg. Retinol (µg)</b>	9.1	11.4	1	800
<b>Vitamina D (µg)</b>	0.06	0.08	15	15
<b>Vitamina E (mg)</b>	0.04	0.1	12	12

**Fuente:** (Moreiras. Et.al., 2013)

## 2.4 Proceso de elaboración

Cardozo, en el año 2019 mencionó que para elaborar un yogurt de buena calidad, este se debe de realizar en 9 etapas como se muestra en el diagrama 1, las más importantes son la pasteurización y el enfriamiento de la leche, ya que esto determinará los aspectos de sanidad y ayudará a tener una buena consistencia de la mezcla.



**Figura 4:** Proceso de elaboración de yogurt.

**Fuente:** (Cardozo, 2019)

Las etapas son las siguientes:

→ **Recepción de la materia prima:**

Se adquiere la leche fresca y se somete a análisis fisicoquímicos y microbiológicos para descartar la presencia de bacterias y mastitis que puedan afectar de manera negativa al producto

→ **Estandarización:**

Es el ajuste del contenido de grasa y sólidos no grasos a una proporción determinada de los componentes propios de la misma (NOM-181-SCFI-SAGARPA-2018). La leche se somete a un proceso de descremado, se precalienta a 35°C para tener una distribución homogénea con 2% de grasa y 7% de sólidos.

→ **Homogeneización:**

Es un proceso de rutina dentro de las industrias lácteas para hacer más pequeños los glóbulos de grasa, lo que provoca estabilidad en la mezcla de los nutrientes. Se lleva a cabo a una temperatura de 40°C, esto evita una separación de grasa en la leche.

→ **Pasteurización:**

En esta etapa se utiliza una marmita, se pone a calentar en una temperatura de 85°C de 15 a 30 minutos. En esta etapa se eliminarán bacterias patógenas, se disuelve y se combina cada uno de los elementos para mejorar la calidad, sabor y uniformidad del producto.

→ **Enfriamiento:**

Esta etapa sirve para reducir la temperatura después del proceso de pasteurización, se reduce a una temperatura de entre 40 y 45°C, para después poder añadir el cultivo de los microorganismos al producto a una consistencia adecuada.

### → Inoculación:

En esta fase se adicionan los cultivos de microorganismos de *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* para la fermentación láctica a una concentración de 1%.

### → Incubación:

Una vez agregados los inóculos de microorganismos se deja reposar la mezcla durante 4 a 6 horas a una temperatura de 45°C para adquirir un pH de 4.6 a 4.7, esto hace que su concentración de hidrógeno y el nivel de acidez sea estable.

### → Batido:

Esta etapa es un complemento de la etapa de incubación, aquí se utiliza una mezcladora industrial para incorporar saborizantes, colorantes, conservadores o frutas, se realiza a una temperatura de 20°C aproximadamente.

### → Envasado y Almacenamiento:

El producto terminado se almacena en recipientes adecuados para su comercialización perfectamente sellados a una temperatura de 5°C en cámaras frigoríficas, en este proceso se garantiza la calidad por medio de la aplicación de técnicas de manufactura sanitarias, se debe cumplir con cada una de las etapas para obtener un buen producto con un alto valor nutricional.

## 2.5 Control de calidad del yogurt

La calidad del yogurt se va a definir bajo los parámetros de la Norma Oficial Mexicana **NOM-181-SCFI-SAGARPA-2018: Yogurt-denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba**, su objetivo es establecer las especificaciones fisicoquímicas, microbiológicas y la información comercial que el producto debe cumplir, así como los métodos de prueba que se deben aplicar para comprobar dichas especificaciones, esta norma aplica para el yogurt preparado para ser comercializado dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos. Las especificaciones fisicoquímicas que debe cumplir el yogurt se indican en la tabla 4.

**Tabla 4.** Especificaciones fisicoquímicas para el yogurt.

Especificación	Natural*	Saborizado		Con fruta u otros alimentos		Método de prueba
		Batido	Bebible	Batido	Bebible	
Presentación		Batido	Bebible	Batido	Bebible	
Proteína de la leche 1,2 (%m/m)	Min. 3.1	Min. 2.10	Min. 1.60	Min. 2.10	Min. 1.60	NOM-155-SCFI-2012
Grasa butírica (% m/m)	Max. 7	Max. 7	Max. 7	Max. 7	Max. 7	NOM-086-SSA1-1994
Acidez titulable expresada como porcentaje de Ácido Láctico (% m/m)	Min. 0.5	Min. 0.5	Min. 0.5	Min. 0.5	Min. 0.5	NOM-243-SSA1-2010
Sólidos lácteos no grasos	8.25	-	-	-	-	NOM-155-SCFI-2012

Fuente: NOM-181-SCFI-SAGARPA-2018

Para las especificaciones microbiológicas:

Conforme al método de prueba de bacterias que fermentan los productos, del numeral 8 de la NMX-703-COFOCALEC-2004.

La NOM-181-SCFI-SAGARPA-2018, dice que: *“El yogurt deberá contener como mínimo  $10^7$  UFC/g de la suma de Streptococcus thermophilus y Lactobacillus delbrueckii subespecie bulgaricus viables, en caso de contener cultivos alternativos adicionales, éstos deberán estar en valores de  $10^6$  UFC/g viables de cultivos lácticos, como mínimo. Los microorganismos deben permanecer viables, activos y abundantes hasta la fecha de caducidad del producto.”*

## 2.6 Estudios previos realizados

En un estudio “Desarrollo de Tecnología de Yogur Sin Lactosa para Nutrición Personalizada” realizado en el año 2021, se desarrolló una tecnología para la producción de leche sin lactosa utilizando tecnología de fermentación. A partir de la leche sin lactosa se ha desarrollado una gama de yogures sin lactosa de origen animal de los siguientes tipos: naturales, enriquecidos y fortificados, menciona que la mayoría de la gente consume caseína en forma de leche de vaca, lo cual es una parte insoluble de la leche que representa alrededor del 80% de las proteínas de la leche, el 20% restante es suero, en este trabajo se determinó el contenido de proteína, caseína, peroxidasa y materia seca en las muestras experimentales, la

determinación de estos parámetros demostró un importante contenido de proteína con valores de  $4.22 \pm 0.08$  gr- $6.04 \pm 0.12$  gr, y caseína de  $2.69 \pm 0.05$  gr- $3.84 \pm 0.08$  gr, en las muestras experimentales. Estos demuestran la alta calidad de los yogures obtenidos que pueden recomendarse a pacientes con intolerancia a la lactosa, pero también a otras categorías de la población.

Se demostró que las muestras experimentales son una fuente importante de proteínas, especialmente de caseína, lo que muestra la alta calidad de los yogures obtenidos que pueden recomendarse a pacientes con intolerancia a la lactosa, pero también a otras categorías de la población.

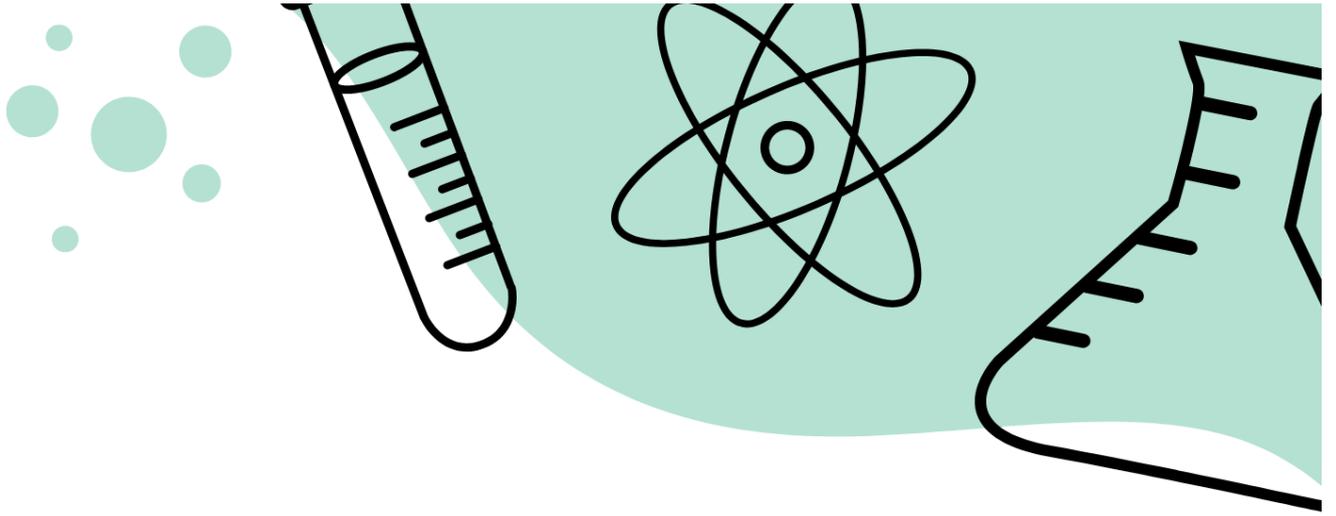
El índice glucémico encontrado tras el consumo de yogur natural, fortificado y con aditivos, muestran que estos productos entran en la categoría de productos lácteos con bajo índice glucémico. (Capcanari, T. et.al. (2021)

Por otro lado, en el estudio titulado **Yogurt and gut function** realizado en 2004, menciona que el uso de BAL en productos lácteos fermentados ha sido asociado a infecciones intestinales debido a que los microorganismos benignos pueden llegar a ser infecciosos cuando la persona que ingiere algún producto con BAL se encuentra en un estado débil o inmunodeprimido, algunas de las enfermedades que se han asociado con la infección por BAL incluyen septicemia, endocarditis infecciosa y caries dental.

En este mismo artículo, se menciona un estudio realizado a 45 pacientes que presentaban lactobacilosis (exceso de lactobacillus en el organismo) clínicamente significativa e informaron que 11 de los pacientes estaban recibiendo terapia inmunosupresora y 23 habían recibido antibióticos, sin embargo, en ninguno de estos informes se establece una relación entre el consumo de productos lácteos y la infección.

Durante mucho tiempo se ha creído que el yogurt y otros productos lácteos fermentados son benéficos para la salud del consumidor, según este estudio, se ha visto una reducción de enfermedades diarreicas en niños gracias al yogurt, las bacterias del yogurt o ambos, los efectos preventivos o terapéuticos. (Adolfsson, O. et. al. 2004)

En 2012, Jesús Sánchez G. publicó un artículo llamado: **Efecto de la concentración de sólidos totales de la leche entera y tipo de cultivo comercial en las características reológicas del yogurt natural tipo batido**, en el cual se realizó un análisis de un yogurt a diferentes concentraciones de sólidos con 2 diferentes cultivos, se utilizaron los cultivos Sacco y Vivolac a concentraciones de sólidos totales de 12 y 15 %, el tratamiento que obtuvo un índice de consistencia mayor fue el tratamiento 2 con Sacco a 15 % de sólidos totales (10.78 Pa.s), seguido del tratamiento 1 con Vivolac a 15% de sólidos totales (9.45 Pa.s), el tratamiento 3 con Sacco a 12% de sólidos totales (3.38 Pa.s) y finalmente el tratamiento 4 con Vivolac a 12 % de sólidos totales (1.55 Pa.s). El índice reológico de comportamiento de flujo fue mayor en el tratamiento 4 con Vivolac a 12 % de sólidos totales (0.845), seguido del tratamiento 3 con Sacco a 12% de sólidos totales (0.777), luego el tratamiento 2 con Sacco a 15 % de sólidos totales (0.693) y finalmente el tratamiento 1 con Vivolac a 15% de sólidos totales (0.676). Se realizó un análisis de varianza el cual mostró que había diferencia significativa tanto para el esfuerzo cortante inicial, índice de consistencia y el índice reológico de comportamiento de flujo, así mismo la prueba de intervalos múltiples de Duncan dio como resultado que a altas concentraciones de sólidos totales no hay diferencia significativa entre el uso del cultivo Vivolac o Sacco sobre el índice de consistencia, tampoco sobre el índice reológico de comportamiento de flujo.



# OBJETIVOS



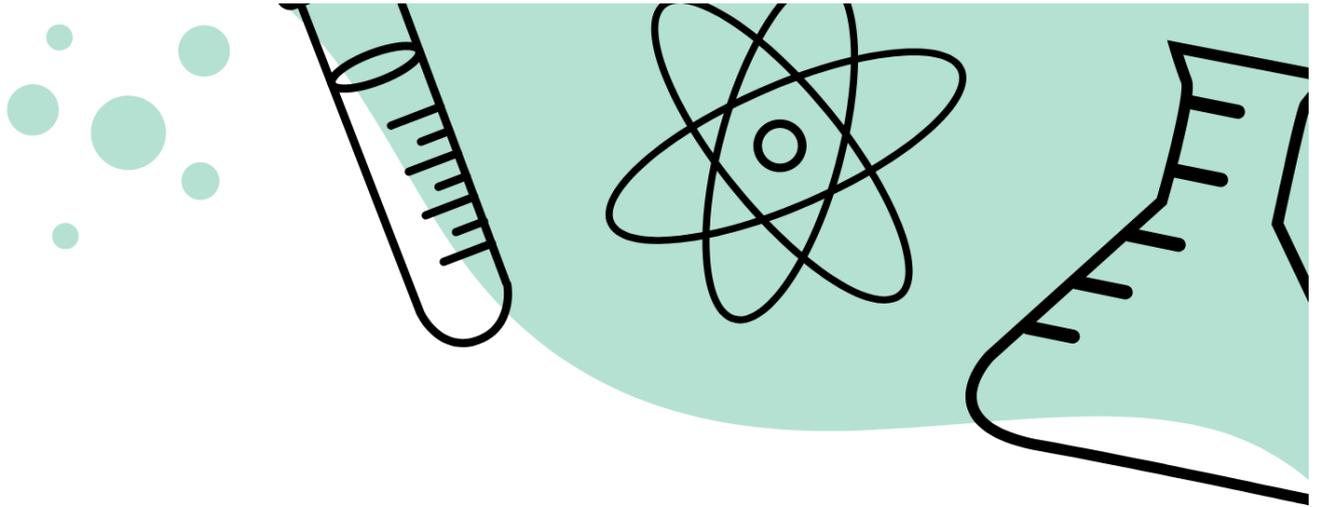
## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo General**

Estandarizar el proceso de elaboración de yogurt natural a través de la aplicación de un diseño de experimentos para que cumpla con las especificaciones establecidas en la normativa mexicana.

### **3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros fisicoquímicos de la leche bronca utilizada en la elaboración de yogurt natural, mediante la aplicación de metodologías establecidas en la NOM-155-SCFI- 2012.
- Analizar el yogurt natural elaborado por la microempresa a través de metodologías oficiales de análisis (NOM-181-SCFI- 2010.)
- Establecer los parámetros a estandarizar en el proceso de elaboración del yogurt mediante el análisis de resultados de la leche bronca y el yogurt natural.
- Estandarizar el proceso de elaboración del yogurt natural a través de la aplicación de un diseño de experimentos.



# METODOLOGÍA



## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Estandarización de las condiciones de elaboración de yogurt natural.

En la figura 4 se puede observar los análisis que se realizaron para la elaboración del yogurt y los factores que se analizaron en el diseño de experimentos para la estandarización de leche con la que se elaboró el producto.

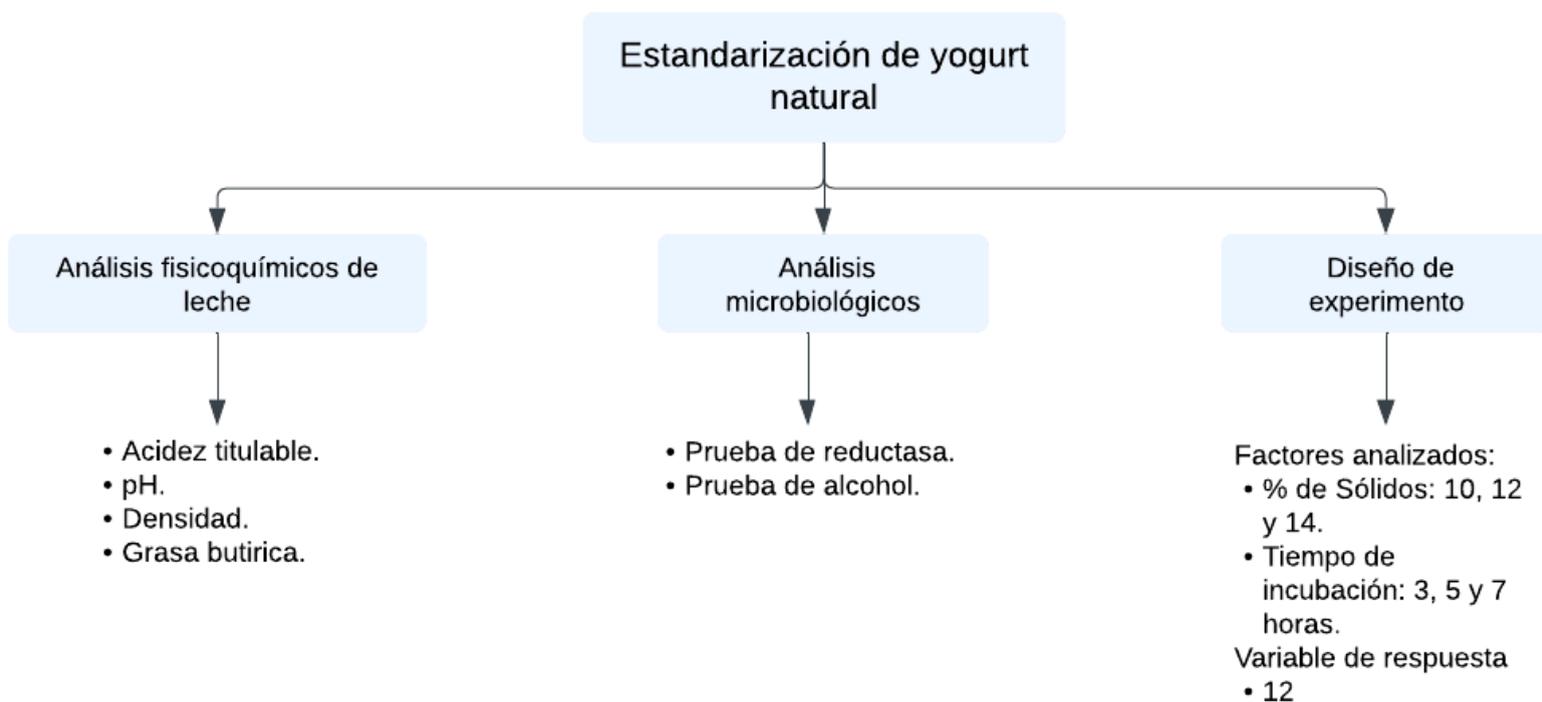


Figura 5: Estandarización de yogurt natural.

Las muestras de leche y yogurt fueron proporcionadas por 2 microempresas pertenecientes al municipio de Mineral de la Reforma, Hidalgo.

La microempresa A se dedica a la elaboración y distribución de yogurt en la zona de Pachuca de Soto y Mineral de la Reforma, la microempresa B únicamente realiza la distribución de leche como materia prima.

#### 4.1.1 Análisis fisicoquímico para la leche cruda y yogurt

##### Acidez titulable

Se tomó un volumen de 9 ml de leche cruda (o yogurt) y se adicionaron 2 gotas de fenolftaleína, se homogeneizó y se tituló con NaOH al 0.1N hasta el vire del indicador. Los mililitros utilizados servirán para calcular el porcentaje de acidez

como ácido láctico presente en la muestra.

$$\text{Acidez titulable} = [(\bar{x})_{\text{acidez}}(0.1)(90)]/10$$

(Análisis físico-químico de leches, 2016)

## **pH**

Se calibró el potenciómetro marca HANNA INSTRUMENTS con buffers pH 4, 7 y 10. Se limpia el electrodo, a continuación en un vaso de precipitados se agregó la cantidad de leche (o yogurt) requerida y se sumergió el electrodo, en seguida se tomó el valor de pH.

(Luis Artica Mallqui, 2014)

## **Densidad**

En una probeta se agregaron 500 ml de leche a una temperatura de 15°C, se introdujo el lactodensímetro y se dejó flotando durante 30 segundos, una vez transcurrido este tiempo, se tomó lectura.

(Análisis físico-químico de leches, 2016)

## **Grasa**

En un butirómetro para leche, se agregaron 10 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 80%, 1 ml de alcohol isoamílico y 10ml de muestra; esta última resbalando por las paredes del butirómetro. Se tapó con el tapón de seguridad y se agitó en diagonal, una vez realizado esto, se llevó a la centrifuga durante 4 minutos, se tomó la lectura y se reportó como porcentaje de grasa.

(Luis Artica Mallqui, 2014)

### **4.1.2 Análisis microbiológicos para leche cruda**

#### **Prueba de alcohol**

En 3 tubos de ensayo se le agregó 9 ml de leche cruda y 1 ml de etanol al 75% a cada uno, se tapó el tubo y se mezcló hasta lograr una homogeneidad. Se dejó

reposar y se determinó la coagulación de las proteínas de la leche a través de la observación del tubo a contraluz, inclinándose en varias direcciones.

### **Prueba de reductasa**

A 3 tubos de ensayo estériles se les agregó 1 ml de azul de metileno y 9 ml de leche, se agitaron para lograr una mezcla homogénea y se dejaron reposar durante 30 min. Si el tubo cambia de color a un color rosa el resultado será positivo, en caso de que el tubo no cambie de color se registra como negativo.

(NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012)

### **4.1.3 Diseño de experimentos para la estandarización de yogurt natural**

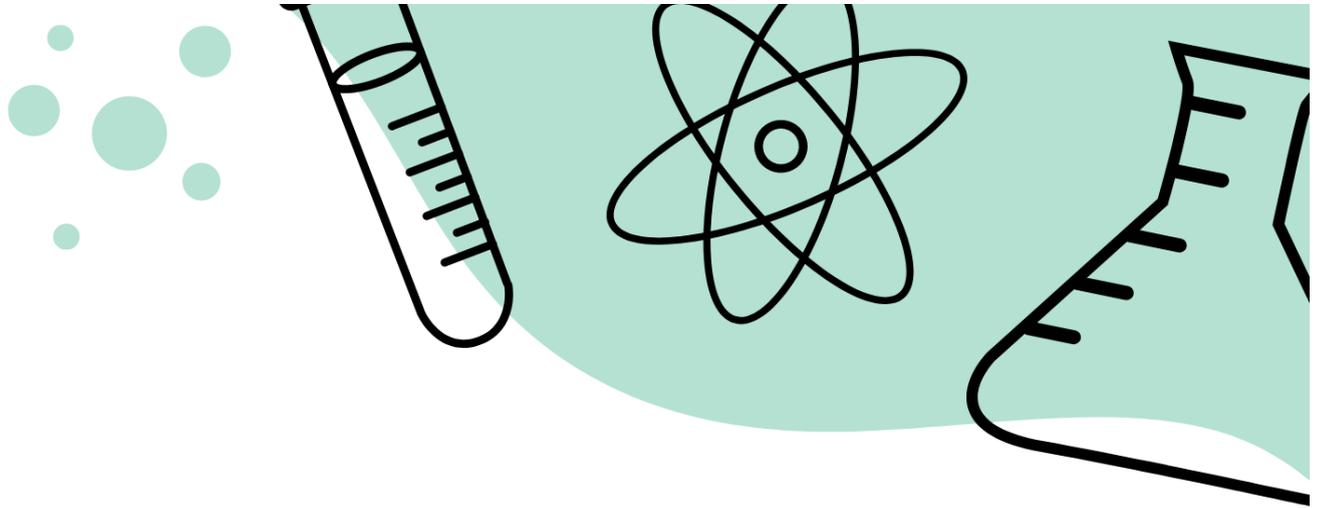
Para la estandarización en la elaboración del yogurt natural se aplicó un diseño factorial de dos factores para encontrar las mejores condiciones y una viscosidad similar a la de los yogures comerciales, tomando en cuenta el tiempo de incubación (3, 5 y 7 horas) y contenido de sólidos (10, 12 y 14 %), la matrix del diseño se muestra en la tabla 5, cada experimento se realizó por triplicado, generando un total de 27 experimentos, los cuales fueron realizados y analizados en un orden aleatorio.

**Tabla 5.** Diseño de experimentos aplicados para la estandarización de yogurt.

<b>Orden de experimento</b>	<b>Tiempo de fermentación (h)</b>	<b>Sólidos totales (%)</b>
1	7	14
2	3	12
3	5	12
4	3	14
5	7	10
6	7	12
7	5	14
8	5	10
9	3	10

Previo a la elaboración del yogurt natural, se analizaron los parámetros fisicoquímicos de la leche cruda (previamente descritos en la sección **4.1 Estandarización de las condiciones de elaboración de yogurt natural**) y ésta se pasteurizó a 72°C durante 15 minutos, posteriormente se enfrió en una bandeja con hielo para provocar el choque térmico. Una vez pasteurizada la leche, se le adicionó el porcentaje de sólidos lácteos como leche descremada en polvo (Marca SVELTY

sin colágeno) de acuerdo con el diseño de experimentos propuesto (Tabla 5). Posteriormente se agregó el inóculo en una concentración del 10%; en este caso para preparar 250 ml de yogurt se utilizaron 25 ml de yogurt natural comercial (Marca Santa Clara) como inóculo. Una vez realizado esto, se dejó incubar a 37°C en agitación en una incubadora (Marca Benchmark INCU-SHAKER MINI) por el tiempo establecido en el diseño de experimentos. Al término de la fermentación, se determinó la viscosidad del yogurt natural elaborado en un viscosímetro (Marca BROOKFIELD DIGITAL RHEOMETER DV-III ULTRA).



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN



## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Análisis fisicoquímico de leche y yogurt elaborados por una microempresa

En la tabla 6 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de la recepción de la leche para la elaboración de yogurt de la microempresa A.

**Tabla 6.** Análisis fisicoquímicos de leche de la microempresa A.

Recepción	Análisis	% Ácido láctico (g/100ml)	pH	Densidad (g/mL)	Grasa butírica (%) (g/100ml)
09/06/2022	10/06/2022	2.30±0.06	6.63±0.00	1.027	3.5±0.00
20/06/2022	21/06/2022	1.71±0.00	6.95±0.00	1.027	1.85±0.10
19/07/2022	19/06/2022	1.98±0.00	6.70±0.00	1.038	1.35±0.02
01/08/2022	01/08/2022	1.44±0.00	6.85±0.07	1.033	1.1±0.01
08/08/2022	10/08/2022	6.35±0.19	4.90±0.00	1.011	4.0±0.00
31/08/2022	01/09/2022	1.89±0.00	6.70±0.00	1.011	3.25±0.07
27/09/2022	29/11/2022	1.80±0.00	6.65±0.07	1.031	4.35±0.07
08/11/2022	09/11/2022	1.89±0.00	6.95±0.07	1.032	1.6±0.00
14/11/2022	15/11/2022	2.75±0.06	6.90±0.00	1.032	1.9±0.14
<b>NOM-155-SCFI-2012</b>		1.3-1.7	*6.4-6.8	1.029	3.0

\*(Mettler-Toledo, 2022)

Los valores de pH no se encuentran mencionados en la NOM-155-SCFI-2012.

Respecto al porcentaje de ácido láctico en leche bronca (Tabla 6), de las nueve muestras analizadas en un período de 5 meses solo dos cumplieron con la especificación establecida en la norma mexicana (NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba). En cuanto a la densidad, esta misma norma establece un valor mínimo de 1.029 (Tabla 6). De las muestras analizadas cuatro no dan cumplimiento al valor mínimo. Con relación al parámetro de grasa butírica, cinco de las muestras analizadas están por debajo del valor indicado en la norma. En cuanto a los valores

de pH, la NOM-155-SCFI-2012 no especifica el valor que debe cumplir la leche bronca, sin embargo, la literatura señala que este debe encontrarse entre 6.4 - 6.8 (Vasbinder & De Kruif, 2003). En este sentido, sólo cinco de las muestras analizadas se encuentran en este intervalo. Por lo que, de manera general se puede decir que la leche que recibe la microempresa A presenta una variabilidad en los parámetros fisicoquímicos que establece la norma, lo que impacta en la calidad del yogurt elaborado.

Algunos reportes han señalado una correlación directa entre los valores de pH y la concentración de ácido láctico en la leche. Es decir, a mayor concentración del ácido orgánico menor pH, esto se cumple siempre y cuando la leche no haya sufrido un proceso de fermentación por contaminación. (Décimo et al., 2018) y (Dedenbach et al., 2009) demostraron que la contaminación de la leche deriva en la producción de compuestos que afectan el pH de la leche tales como: liberación de diferentes ácidos orgánicos por lipólisis y fraccionamiento de proteínas con la consecuente producción de grupos amino libres.

Por otro lado, la adulteración de la leche podría implicar una variación en los parámetros fisicoquímicos de la leche tales como la densidad y la grasa. Cuando una leche es adicionada con agua o suero de quesería para aumentar su volumen, tanto el valor de densidad como el porcentaje de grasa se ven disminuidos afectando con ello la concentración de sólidos solubles y la viscosidad de la leche (Francis et al., 2020) Adicionalmente, esta adulteración afecta también el rendimiento y la textura en la elaboración de productos lácteos como queso y yogurt (Paixo Texeira et al., 2021).

En cuanto a la prueba del alcohol y de la reductasa, todas las muestras analizadas presentaron prueba negativa. La prueba del alcohol está relacionada a la termoestabilidad de la leche cruda, es decir, si la muestra es inestable se produce la coagulación de las proteínas principalmente las del suero como la B-lactoglobulina. Así es que, una prueba positiva implica que la leche no es apta para su industrialización (Molina et al. 2001). En nuestro caso, en todas las muestras analizadas no se observó coagulación lo que indicaría que la leche podría utilizarse para elaborar el yogurt.

Adicionalmente, la prueba de la reductasa (o azul de metileno) fue negativa para

todas las muestras. Esta prueba es un indicador del grado de contaminación microbiana en la leche (Ndoy et al., 2024) debido a que la mayoría de los microorganismos nativos y contaminantes de la leche producen reductasas que modifican el potencial de óxido-reducción. Es por ello, que el azul de metileno añadido a la leche se decolora al pasar de la forma oxidada a la forma reducida. La rapidez con que cambia de color está en función de la población bacteriana y, por ello, puede ser un índice del grado de contaminación de la leche (Thania & Ibrahim et al., 2021). Las bacterias presentan distinta habilidad para reducir el azul de metileno. Por ejemplo, el *Streptococcus liquefaciens*, los gérmenes del grupo coliaerógenos y los de la putrefacción (*Bacillus subtilis*) se muestran muy activos. Otro factor que influye en esta prueba son las células somáticas presentes en la leche (leucocitos). Esa concentración se ve aumentada debido a problemas de mastitis en la ubre de las vacas.

Es importante mencionar que, la microempresa A no cuenta con un laboratorio propio que dé seguimiento a la calidad de la leche recibida. Es así como, sin ninguna medida previa, la leche entra al proceso de elaboración de yogurt. Al respecto, en la tabla 7 se presentan los resultados de las características fisicoquímicas de algunas muestras de yogurt natural elaborado por la microempresa A.

**Tabla 7.** Análisis fisicoquímicos de yogurt de la microempresa A.

Recepción	Análisis	% Ácido láctico	pH	Densidad (g/mL)	Grasa butírica (%)
29/08/2022	29/08/2022	5.49±0.00	4.2±0.07	1.063	2.45±0.48
10/09/2022	10/09/2022	5.72±0.07	4.1±0.00	1.095	1.85±0.48
27/10/2022	29/10/2022	8.10±0.00	3.9±0.00	1.090	2.1±0.00
08/11/2022	09/11/2022	9.54±0.00	4.0±0.00	1.091	1.30±0.00
<b>NOM-181-SCFI-2010</b>		0.5 Min.	*4.0-4.6	**1.04g/ml	15.0% máx.

\*(Violante, 2017)

\*\* (FAO / INFOODS Databases Density Database Version 2.0)

Los valores de pH y densidad no se encuentran mencionados en la NOM-181-SCFI-2010.

La norma mexicana NOM-181-SCFI- 2010 (Yogurt denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba)

establece entre otras características, el porcentaje de ácido láctico y el contenido de ácido butírico. La norma indica una acidez mínima de 0.5 % ac. láctico. Todas las muestras analizadas superaron el valor mínimo indicado y ésta se encuentra en un rango de 5.49 hasta 9.54%. Debido a los valores obtenidos se puede inferir que el proceso no se encuentra monitorizado ni controlado. (Canchohuamán et al., 2010) y (Mani-López et al., 2014) señalan que para obtener un yogur de alta calidad y con porcentaje mínimo de sinéresis durante el almacenamiento hay que considerar tener un porcentaje de ácido láctico entre 0.8-1.8% ac. láctico.

Respecto al contenido de grasa butírica, en las muestras de yogurt analizadas se determinaron valores entre 1.30 a 2.45 %, la norma señala un valor máximo de 15%, por lo que las muestras se encontraron dentro de lo indicado. En relación con el pH, (Violante et al. 2017) menciona que un yogurt debe tener un pH entre 4.0-4.6. Los resultados mostraron que sólo tres de las muestras cumplieron con este parámetro. En cuanto a la densidad del yogurt, la FAO indica que ésta debe tener un valor de 1.04 g/ml lo cual es menor a los resultados obtenidos (de 1.063 a 1.095 g/ml).

La leche es una emulsión grasa en agua, en consecuencia, su densidad está en función de la relación de estos dos componentes. La densidad de la grasa es de aproximadamente 0.93 y la de los sólidos no grasos 1.5; cuando el contenido de grasa en la leche aumenta, la densidad disminuye y cuando los sólidos no grasos de la leche aumentan, la densidad se incrementa también (Norma Oficial Mexicana NOM-F-424-S-1982, productos alimenticios para uso humano - Determinación de la densidad en leche fluida).

Los resultados obtenidos en los yogures analizados, en general, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma. Sin embargo, se observa variabilidad en todos ellos, lo que indica una falta de control en las características del producto final. Aunque de igual manera, esta variabilidad podría estar relacionada con la falta de control en la recepción de la leche, ya que el proceso de elaboración de yogurt no implica la adición de ningún otro ingrediente antes de la saborización.

Debido a los resultados obtenidos en la microempresa A, se decidió incluir en este estudio una segunda microempresa (denominada B) la cual fue la proveedora de leche para el yogurt que se estandarizó. En la tabla 8 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico de la leche de la microempresa B. Solo una de las

muestras de leche cumplió con el % de ácido láctico establecido en la NOM-155-SCFI-2012. Siete de las muestras estuvieron por encima del valor máximo permitido (1.7%). Aunque la NOM-155-SCFI-2012 no refiere especificación alguna sobre el pH de la leche bronca, solo una de las muestras presentó un valor superior (pH=7.4), a lo reportado por autores como (Ozcan et al., 2015). Respecto a la densidad, sólo tres de las muestras se encuentran dentro del valor mínimo establecido; el resto de las muestras está por debajo del valor mínimo de 1.029 g/ml. Finalmente, sólo cinco de las muestras presentaron un mínimo de 3% de grasa butírica, valor que está dentro de lo especificado en la norma.

**Tabla 8.** Análisis fisicoquímicos de leche de la microempresa B empleada para estandarizar el yogurt.

Recepción	% Ácido láctico	pH	Densidad (g/mL)	Grasa butírica (%)
14/10/2022	1.35±0.00	6.8±0.00	1.031	3.30±0.14
20/10/2022	1.44±0.00	6.8±0.00	1.025	2.90±0.00
27/10/2022	1.80±0.00	6.65±0.07	1.025	3.40±0.14
03/11/2022	2.07±0.00	7.40±0.14	1.025	3.25±0.07
09/11/2022	2.07±0.13	6.8±0.00	1.025	2.80±0.00
10/11/2022	2.03±0.06	6.65±0.07	1.027	3.20±0.00
14/11/2022	2.07±0.00	6.75±0.07	1.029	2.55±0.07
17/11/2022	2.21±0.06	6.75±0.07	1.030	3.15±0.07
<b>NOM-155-SCFI-2012</b>	1.3-1.7	*6.4-6.8	1.029	1.029

\*(Mettler-Toledo, 2022)

Los valores de de pH no se encuentran mencionados en la NOM-155-SCFI-2012.

En este caso, los valores obtenidos del análisis fisicoquímico demuestran una calidad más constante en la leche. Debido a que la empresa cuenta con un establo propio, el control de la calidad de la leche es evidente en comparación con aquellos obtenidos para la empresa A.

En cuanto a la prueba del alcohol y de la reductasa, todas las muestras dieron resultado negativo. Como se mencionó previamente, esto indica que la leche tiene buena calidad higiénica, lo cual la hace apta para la elaboración de yogurt natural. Sin embargo, debido a la importancia de tener una leche con parámetros más

constantes y cercanos a los exigidos por la NOM-155-SCFI-2012, para efectos de la estandarización del proceso de elaboración de yogurt natural se consideró trabajar con la leche de la microempresa B.

## 5.2 Estandarización del yogurt natural

Uno de los principales atributos de calidad del yogurt natural que determinan la aceptabilidad por el consumidor, es su viscosidad. En la industria láctea, el yogurt al ser un material viscoelástico puede presentar defectos en la viscosidad (falta de fuerza del gel) y en la separación del suero (sinéresis). Estas variaciones son consecuencia de cambios en la composición química de la leche, en la temperatura de incubación excesiva o heterogénea, en los diferentes tipos de cultivo iniciadores así como en la temperatura de enfriamiento inadecuada junto con falta de cuidado en el manejo del gel (Mendoza, Guerrero y Herrera, 2021). Según la literatura, la viscosidad del yogurt natural regular oscila entre los 1000 y 3000 Cp, mientras la viscosidad del yogurt bebible es menor presentando un intervalo entre 100 a 500 Cp (Jeurnink & de Kruif, 1993).

En relación con la estandarización del yogur se realizaron 27 experimentos, teniendo como variables de estudio el tiempo de fermentación y el porcentaje de sólidos y como variable respuesta la viscosidad del yogur obtenido. Los resultados de los experimentos realizados se muestran en la tabla 9

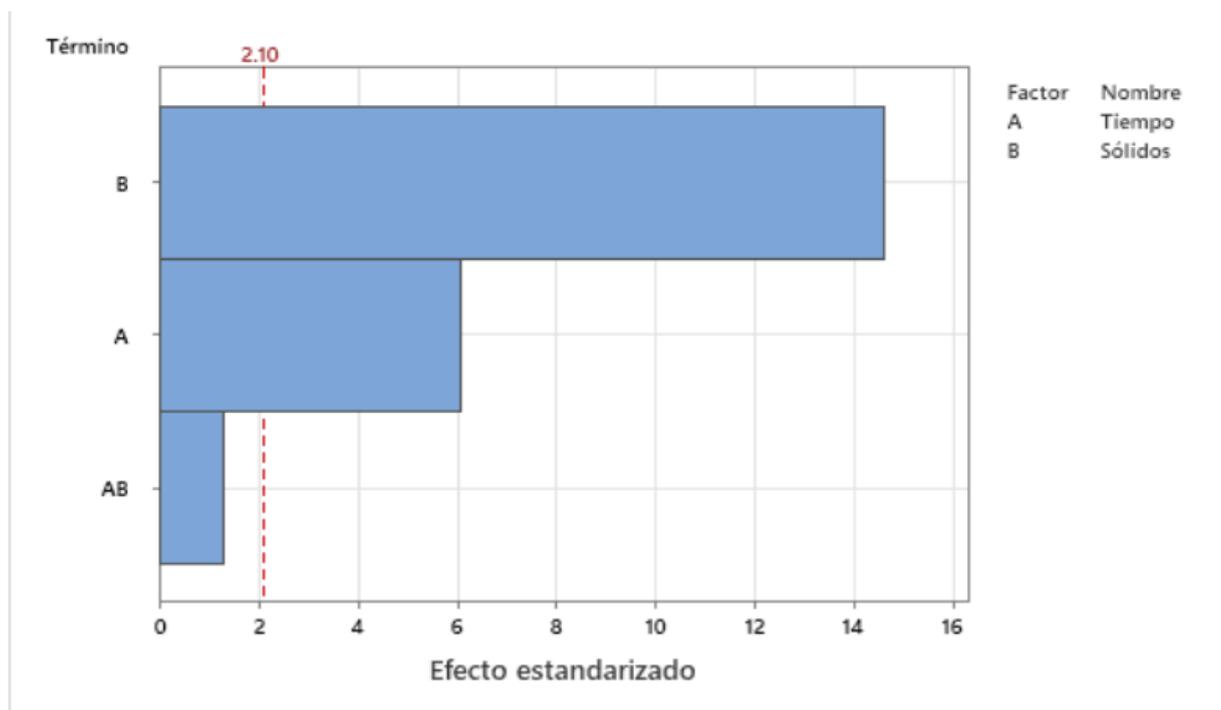
**Tabla 9.** Viscosidad del yogurt estandarizado.

Tiempo de fermentación (h)	% de sólidos	Viscosidad (Cp)*
3	10	10.3 (3.5)
3	12	20.5 (4.1)
3	14	79.2 (2.5)
5	10	10.7 (5.3)
5	12	41.1 (3.8)
5	14	86.5 (3.2)
7	10	27.8 (5.6)
7	12	46.5 (4.7)
7	14	96.4 (2.2)

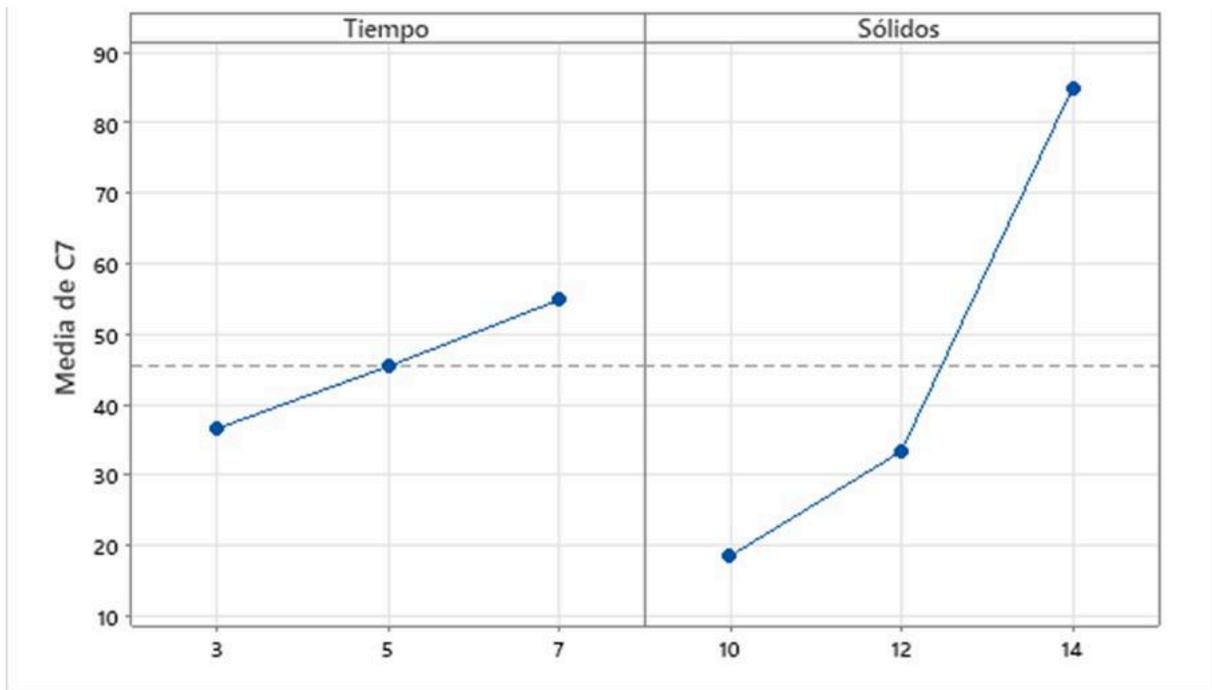
\*%DER, n=3.

De acuerdo con los resultados experimentales obtenidos, en el diagrama de Pareto (Figura 6) se observa que la viscosidad del yogurt se ve afectada significativamente por efecto del tiempo de fermentación y el % de sólidos en la leche. Sin embargo, la

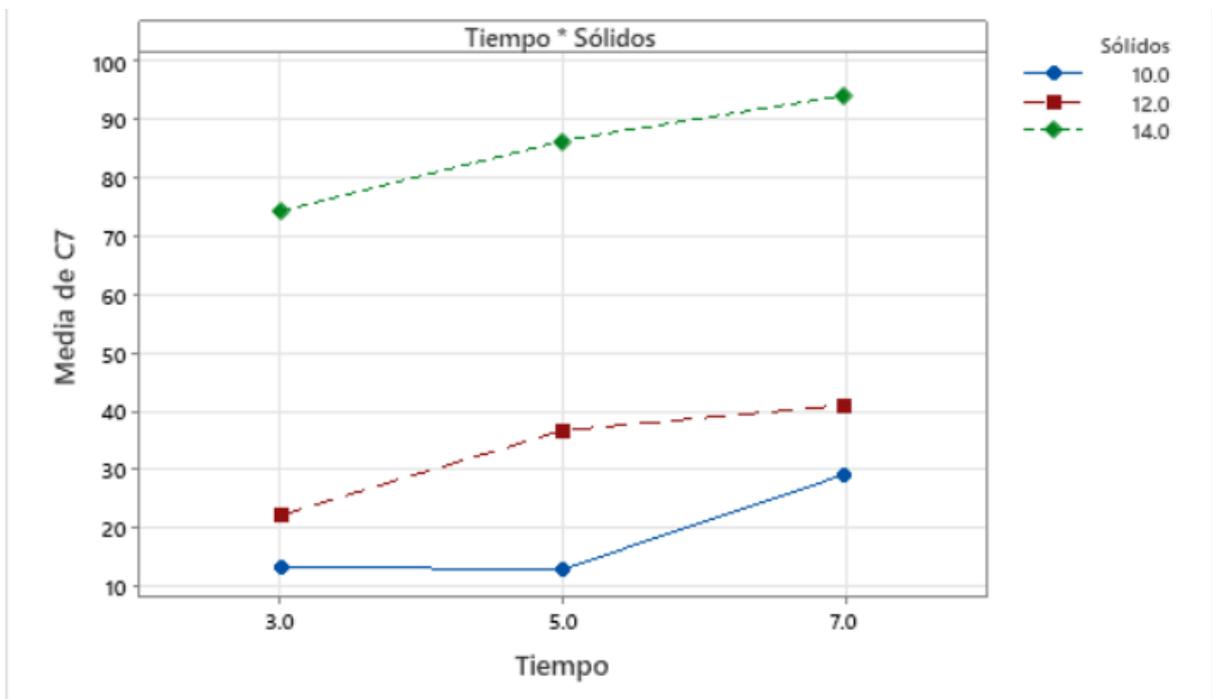
interacción de dichos factores no presentó una contribución significativa a la viscosidad del producto final. Así mismo, en la figura 8 se observa que la afectación y/o contribución de ambos factores (tiempo de fermentación y % de sólidos) es positiva, es decir; entre más tiempo pase el producto en incubación y mayor cantidad de sólidos tenga, la viscosidad del yogur obtenido será mayor. Por otra parte, en la figura 7 se puede observar que entre más tiempo de incubación o más sólidos, la viscosidad es más alta.



**Figura 6.** Diagrama de Pareto ( $\alpha=0.05$ ) de efectos estandarizados para la viscosidad del yogur



**Figura 7.** Gráfica de efectos principales de viscosidad.



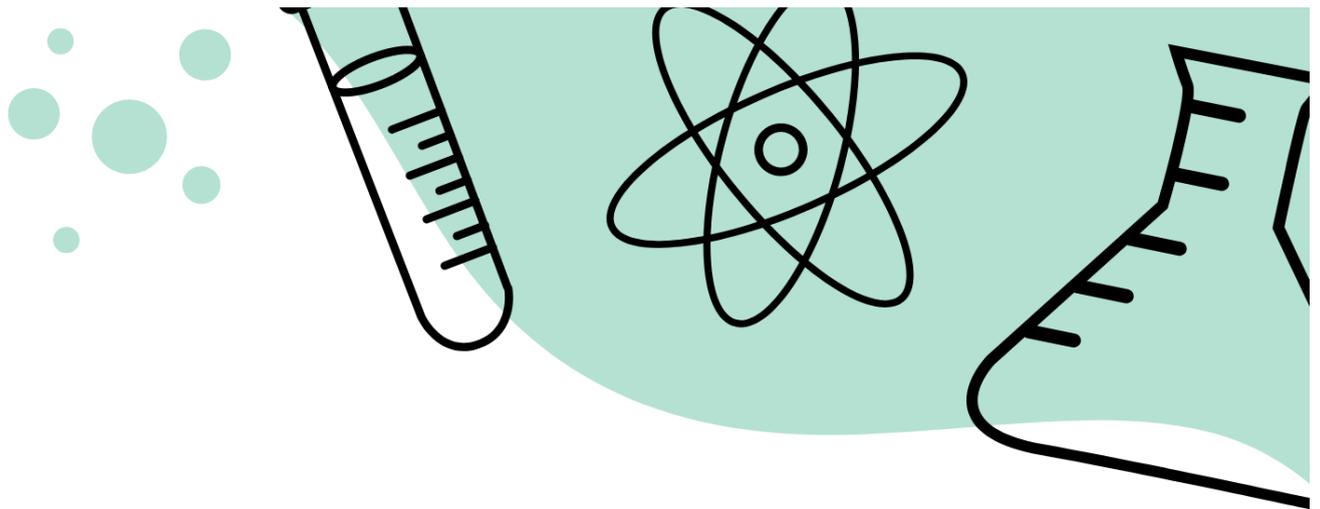
**Figura 8.** Gráfica que interacción para evaluar la viscosidad.

Por otro lado y con la finalidad de cumplir las especificaciones respecto a la viscosidad de yogur bebible (100 a 500 Cp), las condiciones más favorables para su elaboración son: 7 horas de fermentación y 14% sólidos. Esto debido a que bajo estas

condiciones se obtiene una viscosidad apropiada según lo especificado por la literatura para este tipo de productos ( $t_{exp} < t_{crit}$ ,  $\alpha=0.05$ ,  $n=3$ ) (Sodini et al., 2010). Sin embargo, y en comparación con la viscosidad de yogures bebibles comerciales (Tablas 12) el yogurt obtenido presentó una marcada diferencia en la viscosidad. Esta diferencia puede ser atribuida a que en las formulaciones de yogures industriales es común la adición de agentes espesantes como almidones, grenetina, carragenina, pectina y goma xantana para dar textura al producto. La adición de estos aditivos genera un impacto directo en la viscosidad final del alimento, (Hematyar et al., 2012). En el presente trabajo no se consideró la adición de espesantes ni aditivos externos.

**Tabla 10.** Viscosidad de yogurt bebible de marcas comerciales.

<b>Marca</b>	<b>Viscosidad (Cp)*</b>
Lala®	370
Yoplait®	400
Danone®	486
Lifeway®	396



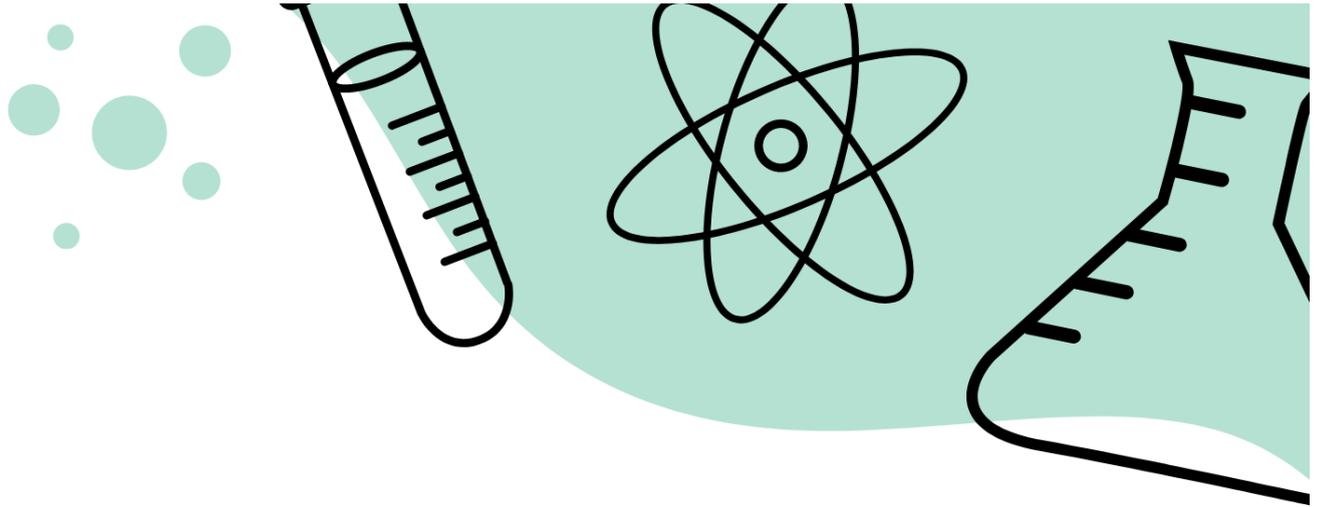
# CONCLUSIÓN



## **6. CONCLUSIÓN**

La calidad de la leche como materia prima en la elaboración de productos lácteos como el yogurt, debería ser un factor de control principal para las empresas productoras de este tipo de alimentos. Así mismo, la estandarización de las condiciones para producir el yogurt natural permite controlar los factores que afectan las características fisicoquímicas del producto final, principalmente la viscosidad; ésta última tiene un impacto importante en la aceptación del consumidor. Por lo que es necesario, que las microempresas para las que se estandarizó el yogurt natural, establezcan protocolos que den seguimiento a la calidad de la materia prima (leche) que reciben y en el producto final que elaboran, esto a fin de evitar una variabilidad en sus propiedades y el rechazo de su producto.

Actualmente, las empresas productoras de alimentos tienen una tendencia a disminuir el uso de aditivos para enmascarar o disminuir los defectos debidos al procesamiento poco controlado. Es por lo que, uno de los retos es producir alimentos sin aditivos y con alta aceptación de consumidores, lo que se lograría con procesos de estandarización y/u optimización que garantice un alimentos sin aditivos y con alto valor comercial.



# REFERENCIAS



## 7. REFERENCIAS

- Gob.mx. (2018) Recuperado el 2 de octubre de 2022, de [https://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf)
- Miguel, J., Salomón, R., Beatriz, A., & Ramírez, A. (2018). PANORAMA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y EL CONSUMO DE LECHE Y LÁCTEOS EN MÉXICO OUTLOOK OF MILK AND DAIRY PRODUCTION AND CONSUMPTION IN Gob.mx. Recuperado el 2 de octubre de 2022.
- ¿Qué tipos de yogures existen? (2022, junio 20). Mercado de San Fernando. <https://mercadodesanfernando.es/tipos-de-yogures/>
- ¿Qué tipos de yogures existen? (2022, junio 20). Mercado de San Fernando. <https://mercadodesanfernando.es/tipos-de-yogures/>
- Adolfsson, O., Meydani, SN y Russell, RM (2004). Función del yogur y del intestino. *Revista Estadounidense de Nutrición Clínica*, 80(2), 245-256. doi:10.1093/ajcn/80.2.245
- Adulteration of milk: A review. (2020). *Journal of Science and Technology*, Volume 5, 37–41. <https://doi.org/10.46243/jst.2020.v5.i6.pp37-41>
- Ahmad Thania, S. N. A. ‘illiyin, & Ibrahim, M. T. (2021). Treated cow milk quality analysis in high-temperature short time (HTST) thermal treatment using F-value and methylene blue reduction test (MBRT). *Journal Of Agrobiotechnology*, 12(1S), 124–132. <https://doi.org/10.37231/jab.2021.12.1s.277>
- Ahmad Thania, S. N. A. ‘illiyin, & Ibrahim, M. T. (2021). Treated cow milk quality analysis in high-temperature short time (HTST) thermal treatment using F-value and methylene blue reduction test (MBRT). *Journal Of Agrobiotechnology*,

12(1S), 124–132. <https://doi.org/10.37231/jab.2021.12.1s.277>

Análisis físico-químico de leches. (2016). *Revista Uniquindío*, 36(1), 1-10. Recuperado de <https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/handle/001/5849/ANALISIS%20FISICO%20-%20QUIMICO%20DE%20LECHES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Canchohuamán López, H., & Ladera Caso, J. N. (2010). Caracterización físicoquímica y sensorial del yogurt con adición de goma de tara (*caesalpinia spinosa*) como estabilizante a diferentes concentraciones. *Universidad Nacional del Centro del Perú*.

Capcanari, T., Chirsanova, A., Covaliov, E., & Siminiuc, R. (2021). Development of lactose free yogurt technology for personalized nutrition. *Food and Nutrition Sciences*, 12(11), 1116–1135. <https://doi.org/10.4236/fns.2021>

Cárdenas Padrón, C. L., & Murillo Morales, M. G. (2018). Calidad bacteriológica de la leche cruda en ganaderías de la provincia del Azuay [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca]. Cuenca, Ecuador.

Cardozo, S. (2019, octubre 4). *Proceso Productivo del Yogurt: Circuito, Elaboración y Etapas* (2020). *Circuito Productivo: Definición, Qué es y Ejemplos de Circuitos* (2019). <https://circuitoproductivo.com/yogurt/>

Cardozo, S. (2019, octubre 4). *Proceso Productivo del Yogurt: Circuito, Elaboración y Etapas* (2020). *Circuito Productivo: Definición, Qué es y Ejemplos de Circuitos* (2019). <https://circuitoproductivo.com/yogurt/>

Chaplin, L. G., & Lyster, R. L. J. (1988). Effect of temperature on the pH of skim milk. *The Journal of Dairy Research*, 55(2), 277–280. <https://doi.org/10.1017/S0022029900026108>

Decimo, M., Cabeza, M. C., Ordóñez, J. A., De Noni, I., & Brasca, M. (2018). Volatile

organic compounds associated with milk spoilage by psychrotrophic bacteria. *International Journal of Dairy Technology*, 71(3), 593–600. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12485>

Diario Oficial de la Federación. (2019). Gob.mx. Recuperado el 15 de septiembre de 2023, de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5549317&fecha=31%2F01%2F2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5549317&fecha=31%2F01%2F2019)

Food and Agriculture Organization / INFOODS Databases. (2012). Fao.org. Recuperado el 26 de junio de 2024, de <https://www.fao.org/4/ap815e/ap815e.pdf>

FERMENTADOS; PRODUCTOS LÁCTEOS. Recuperado 27 de junio de 2022, de: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.inia.p.gob.ec/bitstream/41000/252/4/iniapscbd176.pdf>

Ganaderia.com (2022). Principales pruebas de calidad de leche, factores que la afectan y cómo corregirlos. Recuperado el 12 de julio de 2024, de [https://www.ganaderia.com/destacado/principales-pruebas-de-leche-y-factores-que-la-afectan-y-como-corregirlos](https://www.ganaderia.com/destacado/principales-pruebas-de-calidad-de-leche-y-factores-que-la-afectan-y-como-corregirlos)

Hematyar, Nima, 2012/01/01, *Effect of Gums on Yogurt Characteristics*, Vol. 20, 10.5829/idosi.wasj.2012.20.05.2353, *World Applied Sciences Journal*

Hernández Salomón, JM, & Armenta Ramírez, AB ( 2018). Panorama sobre la producción y el consumo de leche y lácteos en México. *Hitos de Ciencias Económicas Administrativas*, 24(70), 2949-2964. <https://doi.org/10.19136/hitos.a24n70.2949>

[https://www.economia.gob.mx/files/comunidad\\_negocios/industria\\_comercio/informacionSectorial/analisis\\_sector\\_lacteo.pdf](https://www.economia.gob.mx/files/comunidad_negocios/industria_comercio/informacionSectorial/analisis_sector_lacteo.pdf)

- Jesús Sánchez G. Diana Enriquez C. Publio Castro S. (Recibido 12 de setiembre 2012; Aprobado 13 de Noviembre 2012. ). Efecto de la concentración de sólidos totales de la leche entera y tipo de cultivo comercial en las características reológicas del yogurt natural tipo batido. *Agroindustrial Science*. *Agroindustrial Science* Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6583424>
- Jeurnink, T. J. M., & De Kruif, K. G. (1993). Changes in milk on heating: viscosity measurements. *The Journal of Dairy Research*, 60(2), 139–150. <https://doi.org/10.1017/S0022029900027461>
- La química del yogurt < Comercial Godó. (2016). *Comercialgodo.com*. Recuperado el 12 de septiembre de 2023, de <https://comercialgodo.com/la-quimica-del-yogurt/>
- La química del yogurt. (2018, abril 10). *Comercial Godó | Comercialización y distribución de productos químicos de base y especialidades para la industria en general; Comercial Godó*. <https://comercialgodo.com/la-quimica-del-yogurt/>
- Ledenbach, L. H., & Marshall, R. T. (2009). Microbiological spoilage of dairy products. *En Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages* (pp. 41–67). Springer New York.
- Llangarí B., Pedro. (Noviembre, 1985) YOGURT;LECHE FERMENTADA;ALIMENTOS
- Luis Artica Mallqui (2014). Métodos para el análisis fisicoquímico de la leche y derivados lácteos. *Wordpress.com*. Recuperado el 12 de julio de 2024, de <https://luisartica.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/11/metodos-de-analisis-de-leche-2014.pdf>
- Mani-López, E., Palou, E., & López-Malo, A. (2014). Probiotic viability and storage stability of yogurts and fermented milks prepared with several mixtures of lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2578–2590. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7551>

Mendoza, R., Guerrero, S., & Herrera-Chávez, B. (2021). *Yogurt rheology: effects of unit operations on processing and use of additives*. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.0>

Mettler-Toledo International Inc. all rights reserved. (2022, agosto 16). *Medición del pH de la leche*. Mettler-Toledo International Inc. all rights reserved. <https://www.mt.com/mx/es/home/library/applications/lab-analytical-instruments/measurement-pH-of-milk.html>

MEXICO. Ujat.mx. Recuperado el 27 de junio de 2022, de <http://ri.ujat.mx/bitstream/20.500.12107/3691/1/PANORAMA%20SOBRE%20LA%20PRODUCCI%3%93N%20Y%20EL%20CONSUMO%20DE%20LECHE.pdf>

Molina, L. H., González, R., Brito, C., Carrillo, B., & Pinto, M. (2001). *Correlación entre la termoestabilidad y prueba de alcohol de la leche a nivel de un centro de acopio lechero*. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 33(2). <https://doi.org/10.4067/s0301-732x2001000200012>

Ndoy, M. U. T., Suardana, I. W., & Mufa, R. M. D. (2024). *Milk quality of Etawa breeding goats seen from California mastitis test, alcohol test, reductase test, and boiling test in raka Etawa farming*. *Buletin Veteriner Udayana*, 620–631. <https://doi.org/10.24843/bulvet.2024.v16.i03.p01>

NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, *Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba*. (s/f). Gob.mx. Recuperado el 2 de octubre de 2022, de <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm>

NORMA Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010, *Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba*.

(s/f). Gob.mx. Recuperado el 27 de junio de 2022, de <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4209/seeco/seeco.htm>

*NORMA Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010, Yogurt-Denominación, especificaciones físicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba.*

(s/f). Gob.mx. Recuperado el 2 de octubre de 2022, de <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4209/seeco/seeco.htm>

*PMFarma. (2020). El consumo de yogurt contribuye al desarrollo muscular y a la salud y la regeneración celular. Recuperado de: <https://www.pmfarma.com/noticias/41719-el-consumo-de-yogurt-contribuye-al-desarrollo-muscular-a-la-salud-y-la-regeneracion-celular.html>*

*Qué es el yogurt. (2007, junio 23). Textoscientificos.com.*

<https://www.textoscientificos.com/alimentos/yogur/que-es-yogur>

*Sodini, I., Remeuf, F., Haddad, S., & Corrieu, G. (2004). The relative effect of milk base, starter, and process on yogurt texture: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 44(2), 113–137. <https://doi.org/10.1080/10408690490424793>*

*Statista. (2022). Production of yogurt in Mexico from 2009 to 2019. Recuperado de: <https://www.statista.com/statistics/978165/yogurt-production-volume-mexico/>*

*Teixeira, J. L. da P., Caramês, E. T. dos S., Baptista, D. P., Gigante, M. L., & Pallone, J. A. L. (2021). Rapid adulteration detection of yogurt and cheese made from goat milk by vibrational spectroscopy and chemometric tools. Journal of Food Composition and Analysis: An Official Publication of the United Nations University, International Network of Food Data Systems, 96(103712), 103712. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103712>*

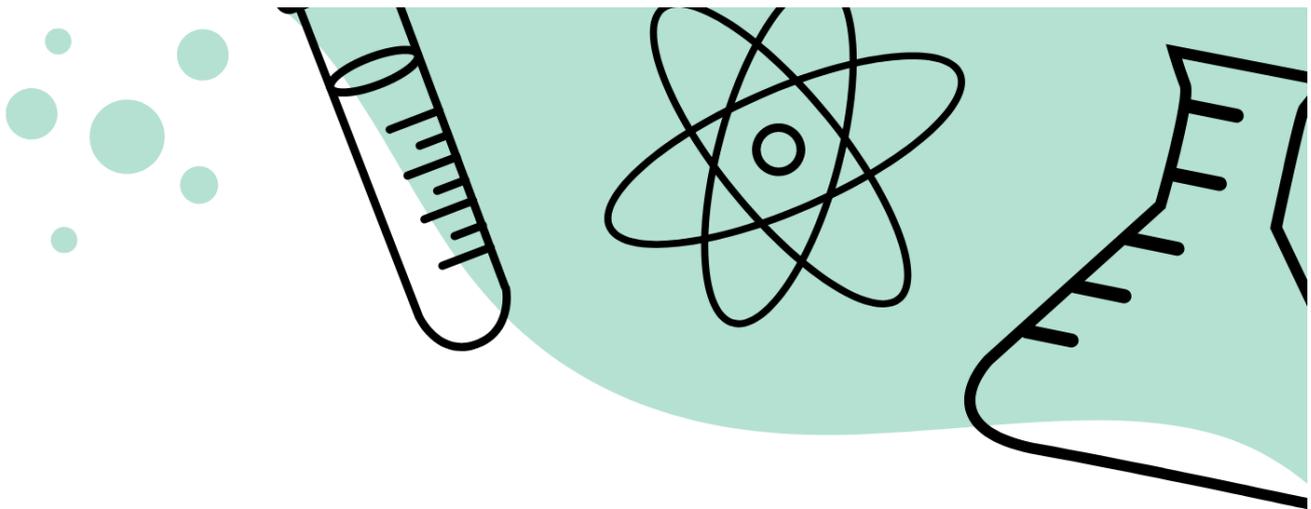
*Violante, D. (2017, julio 18). Medición del pH durante la producción de yogurt.*

*HANNA®*

*instruments*

*México.*

<https://h.hannainst.com.mx/blog/industria-alimenticia-boletines/medicion-del-ph-durante-la-produccion-de-yogurt/>



# ANEXOS



## 8. ANEXOS

En la tabla 11: Análisis de varianza, se muestra el análisis de datos del diseño de experimentos aplicado para la estandarización de yogurt natural.

**Tabla 11.** Análisis de varianza.

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	8	23583.1	2947.9	92.35	0.000
Lineal	4	23372.4	5843.1	183.04	0.000
Tiempo	2	1489.4	744.7	23.33	0.000
Sólidos	2	21883.0	10941.5	342.76	0.000
Interacciones de 2 términos	4	210.6	52.7	1.65	0.205
Tiempo*Sólidos	4	210.6	52.7	1.65	0.205
Error	18	574.6	31.9		
Total	26	24157.7			