



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Efecto de tres niveles de espirulina (*Arthrospira platensis*) liofilizada sobre la viabilidad del probiótico *Lactobacillus acidophilus* en un queso semi maduro.**

Columba Oyacato, Leisly Mariela

Departamento de Ciencias de la Vida y la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniera Agropecuaria

Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia Mgs.

30 de enero del 2023



# INTRODUCCIÓN



Producción mundial 19 millones FAO (2019)



Región interandina

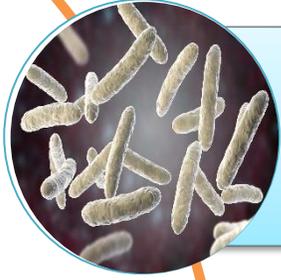
Mejora continua de la calidad de los alimentos orientados al cuidado de la salud, diversos estudios se ha implementado alimentos que contienen probióticos



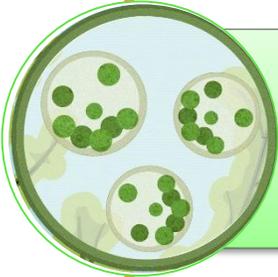
Los alimentos que contienen probióticos se ven afectados por diversos factores para mantener su viabilidad, como la presencia de factores ambientales, fisicoquímicas que suele provocar la pérdida



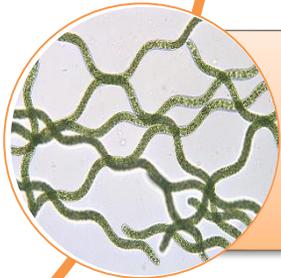
# JUSTIFICACIÓN



Los probióticos al definirse como microorganismos no patógenos que se difunden en los alimentos, brindan al consumidor un sin número de beneficios para la salud.



Hay una tendencia a desarrollar enfoques como en la adición de microalgas al queso que permita preservar o aumentar sensiblemente la cantidad de probióticos en algunos productos alimenticios.



La Espirulina (*Arthrospira platensis*) es una cianobacteria multicelular, filamentososa, fotosintética que es rica en fuente de aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados, carbohidratos, pigmentos, minerales y vitaminas.



# OBJETIVOS

## ***Objetivo general***

Evaluar el efecto de tres niveles de espirulina (*Arthrospira platensis*) liofilizada sobre la viabilidad del probiótico *Lactobacillus acidophilus* en un queso semi maduro.

## ***Objetivo específico***

- Evaluar el efecto de la espirulina sobre la viabilidad del *Lactobacillus acidophilus* y la acidez titulable en un queso semi maduro.
- Determinar el efecto de la espirulina sobre las características organolépticas en un queso semi maduro.

# HIPÓTESIS

## ***Hipótesis nula***

El queso semi maduro preparado con espirulina liofilizada presentan similar viabilidad del *Lactobacillus acidophilus* que el queso semi maduro sin espirulina.

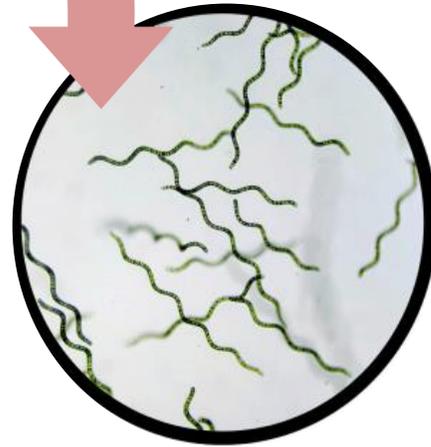
## ***Hipótesis alterna***

El queso semi maduro preparados con espirulina liofilizada presentan mayor viabilidad del *Lactobacillus acidophilus* que el queso semi maduro sin espirulina.

# MARCO TEORICO



Pese a ser cosmopolita se encuentra en zonas tropicales y en aguas alcalina y se desarrollan en charcos como acequias con baja profundidad y de constante filtración, en lagos, en estanques alcalinos, se caracteriza por altos niveles de carbonato, bicarbonato, alto pH hasta 11 y se presenta a temperatura de 30° a 38° C.



*Arthrospira platensis*



La espirulina contiene pigmentos naturales que dan color a especies de aves como los flamencos que consume estas cianobacterias y esta microalga se usa como fuente de pigmento para peces, huevos y pollos.

## Composición nutricional de *Arthrospira platensis*

Contenido de macronutrientes en la espirulina (*Arthrospira platensis*)

Compuesto	Unidad	Valor por 100 g
Energía	kcal	290
Proteínas	g	57,47
Lípidos totales	g	7,72
Cenizas	g	6,23
Carbohidratos	g	23,90
Fibra dietaria	g	3,6

Contenido de ácidos grasos en la espirulina (*Arthrospira platensis*)

Compuesto	Unidad	Valor por 100 g
Ácidos grasos saturados	%	2,65
Acido mirístico	%	0,075
Acido palmítico	%	2,496
Acido esteárico	%	0,077
Ácidos grasos monoinsaturados	%	,0675
Acido palmitoleico	%	0,328
Ácido oleico	%	0,347
Ácidos grasos poliinsaturados	%	2,08
Acido linoleico	%	0,823
Acido gamma-linolénico	%	1,254

Contenido de vitaminas en la espirulina (*Arthrospira platensis*)

Compuesto	Unidad	Valor por 100 g
Vitamina K	mg	2,2
Vitamina C	mg	10,1
Tiamina (B1)	mg	2,38
Riboflavina (B2)	mg	3,67
Niacina (B3)	mg	12,82
Vitamina B6	mg	0,36
Vitamina A	mg	29
Vitamina E	mg	5

Contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales en la espirulina

(*Arthrospira platensis*)

Compuesto	Unidad	Valor por 100 g
Aminoácidos esenciales		
Histidina	mg	1000
Isoleucina	mg	3500
Leucina	mg	5380
Lisina	mg	2960
Metionina	mg	1170
Fenilalanina	mg	2750
Treonina	mg	2860
Triptófano	mg	1090
Valine	mg	3940
Aminoácidos no esenciales		
Alanina	mg	4590
Arginina	mg	4310
Acido aspártico	mg	5990
Cistina	mg	590
Acido glutámico	mg	9130
Glicina	mg	3130
Prolina	mg	2380
Serina	mg	2760
Tirosina	mg	2500

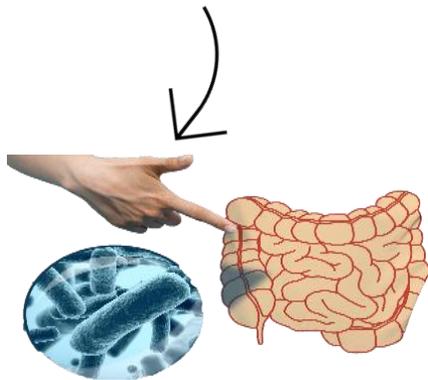
Contenido de minerales en la espirulina (*Arthrospira platensis*)

Compuesto	Unidad	Valor por 100 g
Calcio	mg	120
Hierro	mg	28,5
Magnesio	mg	195
Fósforo	mg	118
Potasio	mg	1363
Sodio	mg	1048
Zinc	mg	2,0
Manganeso	mg	1,9
Selenio	µg	7,2





Producto que contiene cepas de microorganismos vivos en cantidades tales que son beneficiosas para la salud del huésped



*Lactobacillus acidophilus*



Se puede agregar como complemento a muchos procesos de fermentación de alimentos, contribuyendo a un sabor, sabor y textura únicos.



**Queso**

# METODOLOGÍA

## Ubicación y características del área de estudio

Figura 1

*Vista aérea de producción de lácteos*



### Ubicación geográfica

- **Longitud:** 78°24'44" Oeste
- **Latitud:** 0°23'20" Sur
- **Altura:** 2748 msnm



# Diseño experimental

## Tipo de diseño.

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 5 repeticiones por cada tratamiento:

$$Y_{ij} = u + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

### Dónde:

$Y_{ij}$  = Variables por medir

$u$  = Media general

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo dosis de espirulina (*Arthrospira platensis*)

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

## Análisis Estadístico

- Prueba Tukey ( $\alpha=0.05$ )
- 95% de confiabilidad
- InfoStat

Tabla 12

Tratamientos evaluados en el queso semi maduro con diferentes dosis de *Arthrospira platensis*

Tratamiento	Descripción
T0	Control 0%
T1	Espirulina 0,3%
T2	Espirulina 0,5%
T3	Espirulina 0,8%

Nota: Dosis de *Arthrospira platensis*.

## Croquis del diseño

Figura 5

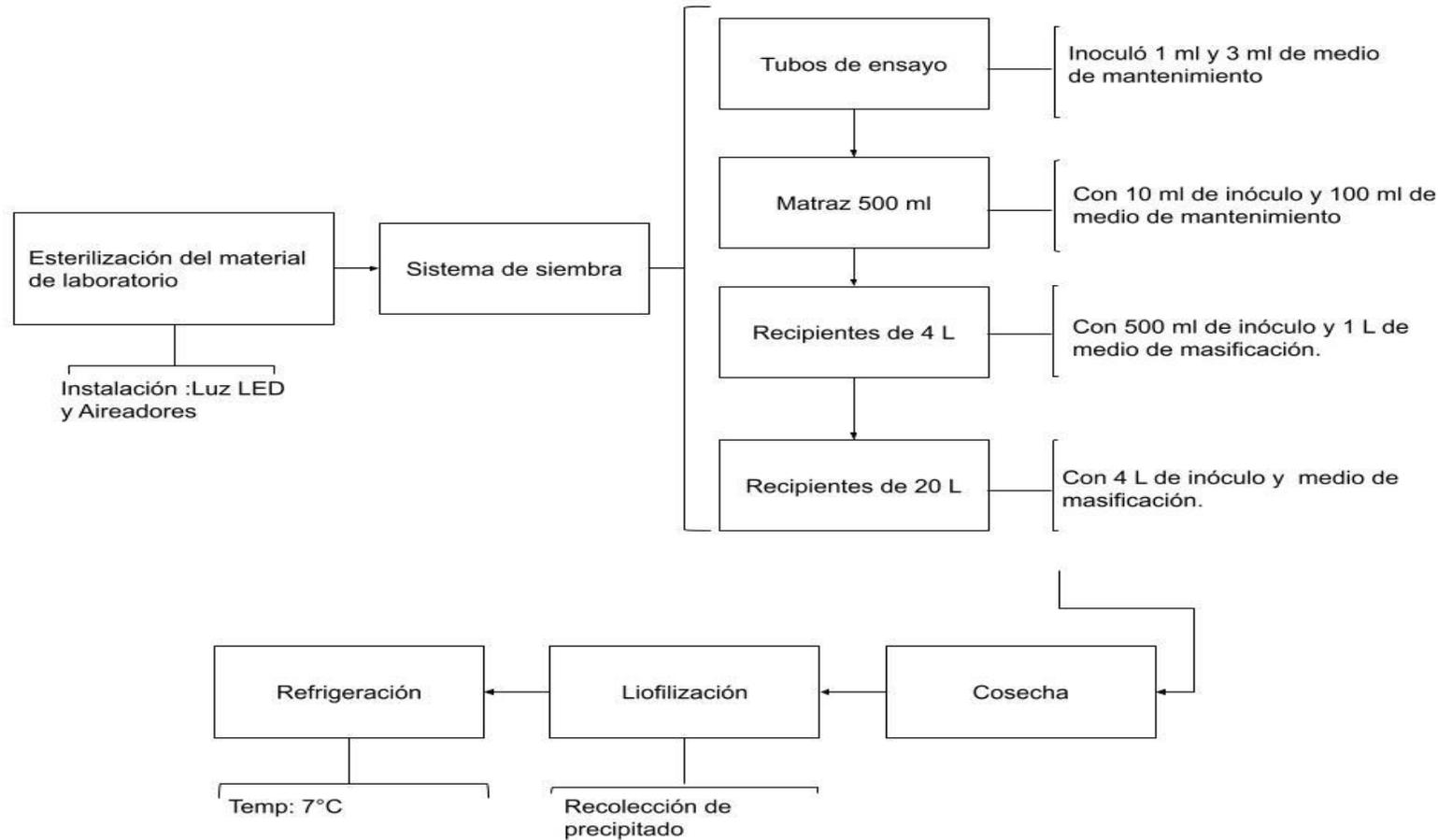
Croquis experimental

T0	T2	T3	T1
T0	T2	T3	T1
T3	T1	T0	T2
T2	T0	T3	T1
T0	T1	T2	T0
T1	T2	T3	T3

# Producción de espirulina (*Arthrospira platensis*)

Figura.2

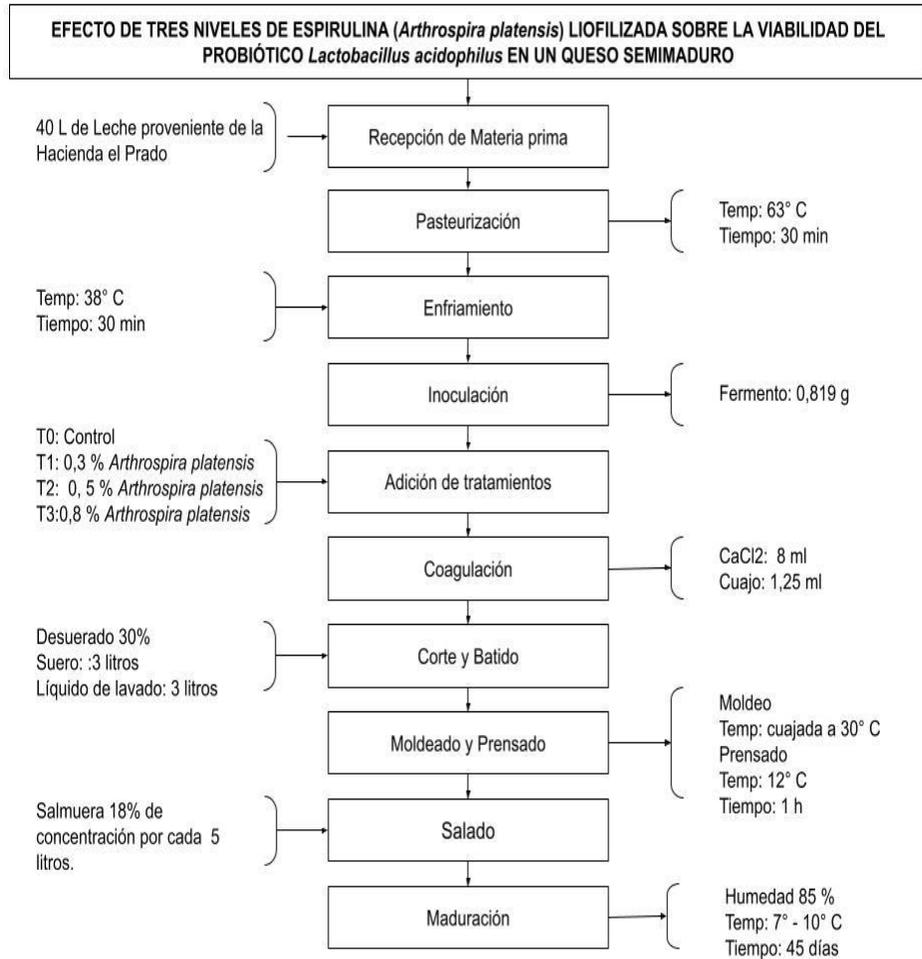
Metodología de producción de *Arthrospira platensis*



# Elaboración del Queso semi maduro

**Figura 4**

Esquema de la elaboración de quesos semi maduros



# Conteo de Bacterias UFC/ml



Unidades experimentales

Tomó 10 gr



Trituro



Muestras + 9m ml de medio de transporte



MRS



Utilizo las Diluciones  $10^{-10}$  a  $10^{-12}$



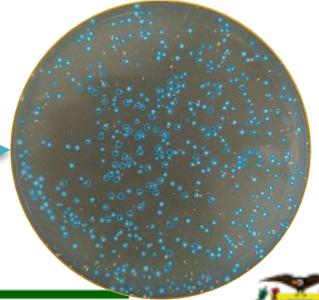
Diluciones seriadas  $10^{-1}$  a  $10^{-12}$



Incubaron a  $37^{\circ}\text{C}$  por 48 horas



Conteo se utilizó Colony counter



## Análisis fisicoquímicos

### pH

Pesó 10 gr de queso molido



Con 50 ml de agua destilada



Se introdujo los electrodos de pH electrónico



### Acidez titulable

Pesó 10 gr de queso molido



Con 100 ml de agua destilada

El contenido se determinó con la siguiente fórmula:

$$A = 0,090 \frac{V * N}{m} * 100$$

**Dónde:**

A= Acidez titulable de la leche, en porcentaje en masa de ácido láctico

V= Volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en cm<sup>3</sup>.

N= Normalidad de la solución de hidróxido de sodio

m= Peso de la muestra, en g.

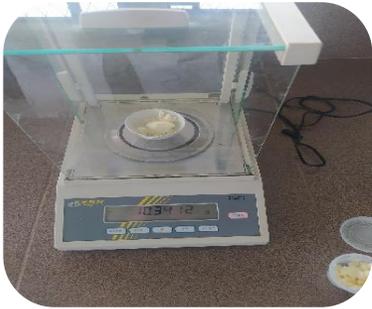


## Análisis bromatológico

### Humedad

Pesó 5 gr de queso molido

Estufa a 81°C por 24 horas.



El contenido se determinó con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m} * 100$$

#### Dónde:

H= Contenido de humedad, en porcentaje de masa.

m= Masa de la cápsula con arena y varilla, en g.

m<sub>1</sub>= Masa de cápsula con arena, varilla y muestra, en g.

m<sub>2</sub>= Masa de la cápsula con arena, varilla y residuo seco, en g.

### Grasa

Pesó 2 gr de queso molido

Estufa a 250°C por 1 hora



El contenido se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% G = \frac{B_2 * B_1}{m} * 100$$

#### Dónde:

B<sub>1</sub> = Peso del balón inicial

B<sub>2</sub> = Peso del balón con muestra final

W<sub>2</sub> = masa de la muestra en gramos

## Análisis bromatológico

### Ceniza

Pesó 3 gr de queso molido

Mufla a 500° C por 4 horas.



El contenido se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% C = \frac{Pf - C}{M} * 100$$

#### Dónde:

Pf = Peso final

C= Crisol

M= Peso de la muestra

### Proteína

Pesó 1,5 gr de queso molido

Digestor a 400° C por 1 horas



El contenido se determinó con la siguiente fórmula:

$$\% PB = \frac{(VHCL - Vb) * 1,401 * NHCL * F}{g muestra}$$

#### Dónde:

1,4= Peso atómico del Nitrógeno

NHCL = Normalidad del ácido clorhídrico

VHCL = Volumen del ácido clorhídrico

F = Factor de conversión 6,38

Vb = Volumen del blanco



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Análisis sensorial

Selección de 5 catadores



DBCA



5 gr de queso/tratamiento

Tabla 6  
Análisis sensorial

Parámetro	Preferencia	Muestra			
		T1	T2	T3	T4
Color	1 Me disgusta mucho				
	2 Me disgusta ligeramente				
	3 Ni me gusta ni me agrada				
	4 Me gusta ligeramente				
	5 Me gusta mucho				
Olor	1 Me disgusta mucho				
	2 Me disgusta ligeramente				
	3 Ni me gusta ni me agrada				
	4 Me gusta ligeramente				
	5 Me gusta mucho				
Sabor	1 Me disgusta mucho				
	2 Me disgusta ligeramente				
	3 Ni me gusta ni me agrada				
	4 Me gusta ligeramente				
	5 Me gusta mucho				
Textura	1 Me disgusta mucho				
	2 Me disgusta ligeramente				
	3 Ni me gusta ni me agrada				
	4 Me gusta ligeramente				
	5 Me gusta mucho				

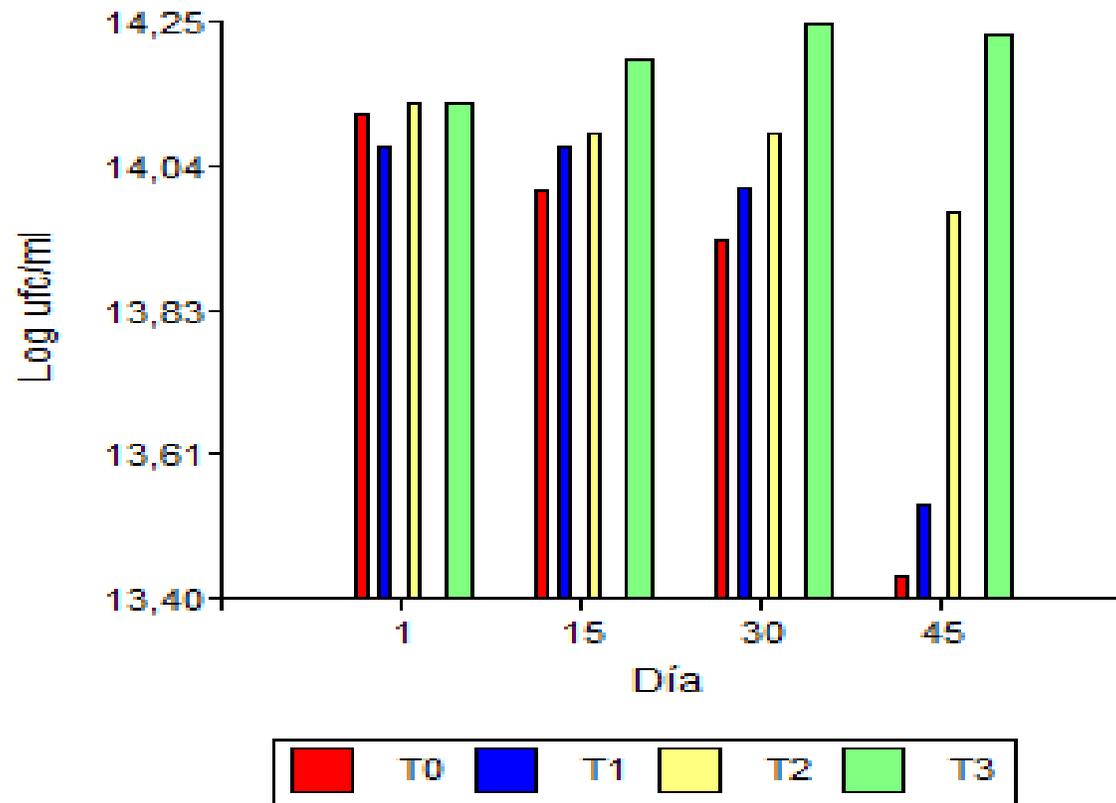
Donde 1 fue el de menor aceptación y 5 de mayor aceptación.



# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## Viabilidad de *Lactobacillus acidophilus*

Efecto de *Arthrospira platensis* en la viabilidad del *Lactobacillus acidophilus* durante 45 días de almacenamiento en el queso semi maduro.



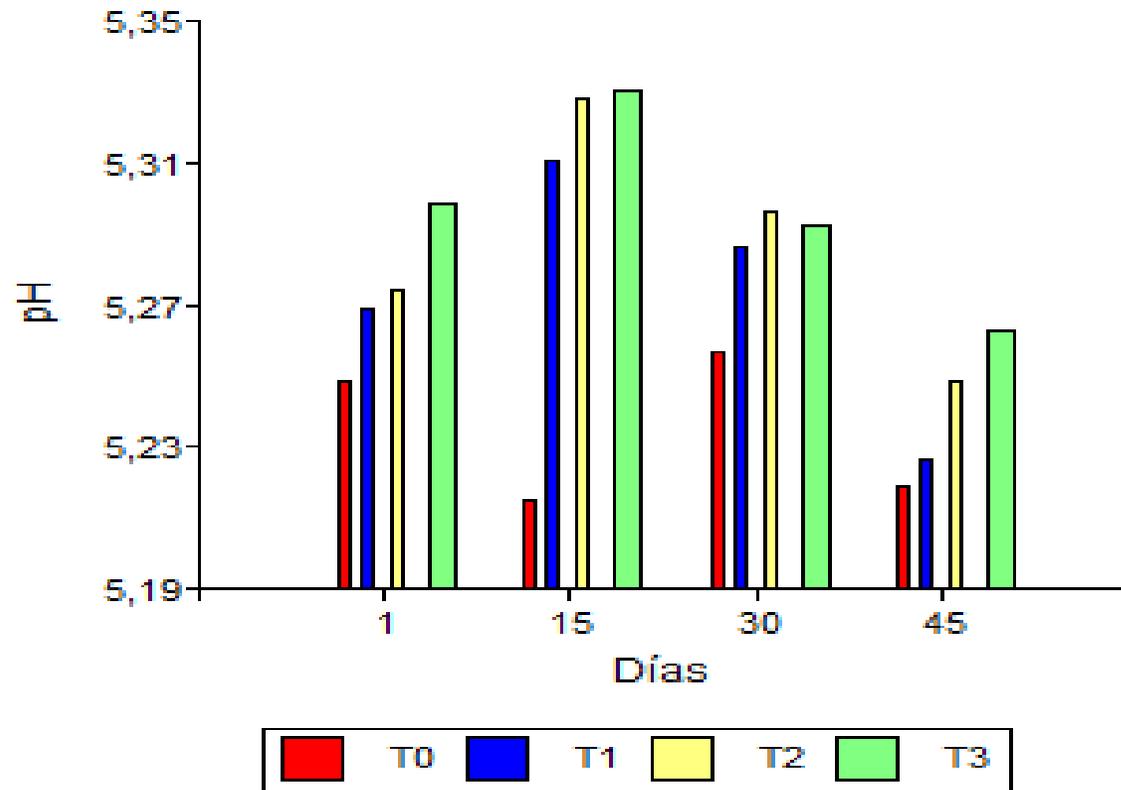
La adición de *Arthrospira platensis* puede representar una fuente única de nutrientes que contienen sustancias significativas de vitaminas, aminoácidos, minerales, entre ellos los derivados de la vitamina B que son promotores de bacterias probióticas, Vargas *et al.* (1999).

La presencia de sustancias nitrogenadas como aminoácidos libres, peptona y adeninas presentes en esta microalga son capaces de estimular significativamente el crecimiento y la producción de ácido de las bacterias probióticas, Akalin *et al.* (2009).

Golmakani *et al.* (2019); Beheshtipour *et al.* (2012)

## pH

Efecto de *Arthrospira platensis* en el pH durante 45 días de almacenamiento en el queso semi maduro.



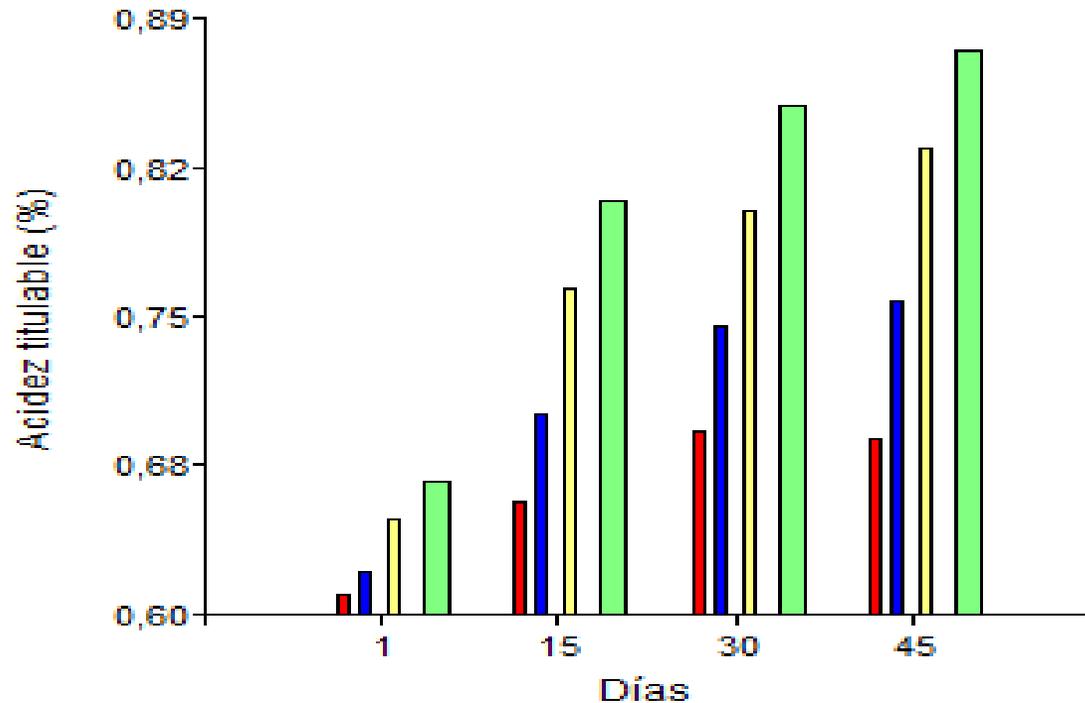
Mocanu *et al.* (2013)

El pH es un parámetro que influye de gran manera en la supervivencia y crecimiento de las bacterias probióticas, también tiene un efecto crítico en las propiedades texturales finales de los quesos, Pamuksuz *et al.* (2020).

Golmakani *et al.* (2019) mencionan que la espirulina es de carácter alcalino y es capaz de aumentar la producción de ácido láctico y crecimiento de las bacterias probióticas, de la misma manera añade que la *Arthrospira platensis* tiene una capacidad tampón causada por los componentes que lo integran.

## Acidez titulable

Efecto de *Arthrospira platensis* en la acidez durante 45 días de almacenamiento en el queso semi maduro.



Sözeri *et al.* (2021); Mocanu *et al.* (2013)

La acidez titulable hace referencia a la acción de las bacterias que descomponen la lactosa en ácido láctica, la acidez tiene un efecto en el sabor y también de los cambios en la cuajada, lo que influye en la sinéresis que es la eliminación de suero y en la textura final, Anchundia *et al.* (2019).

Gutiérrez *et al.* (2015) indican que el aumento de la acidez se debe a la presencia de los grupos ionizantes de las proteínas, como lo son los carboxilos de los ácidos aspártico y glutámico que se encuentra en la espirulina.

## Análisis sensorial

Prueba de Friedman para los atributos sensoriales de queso semi maduro con y sin *Arthrospira platensis* evaluadas sensorialmente.

Prueba de Friedman	Rango promedio			
	Color	Olor	Sabor	Textura
T0	2,80 a	2,5 a	2,60 a	2,5 a
T1	2,20 a	2,5 a	2,60 a	2,5 a
T2	2,40 a	2,5 a	2,40 a	2,5 a
T3	2,60 a	2,5 a	2,40 a	2,5 a

Nota: T0: control; T1: queso + espirulina al 0,3%; T2: queso + espirulina al 0,5%; T3: queso + espirulina 0,8%. Datos obtenidos los 45 días después del almacenamiento. Medias con letras distintas presentan diferencias significativas.

Los atributos color, olor, sabor y textura no tienen diferencias significativas en los resultados del análisis sensorial.

Esto concuerda con lo reportado por Bchir *et al.* (2019) quienes mostraron que la influencia de la *Arthrospira platensis* en el color del yogurt, podría deberse principalmente a la riqueza en clorofilas y carotenoides de la espirulina

Çelekli *et al.* (2020) describen que el olor puede deberse a que la espirulina tiene una mezcla de aminoácidos que contiene azufre y nitrógeno con la vitamina B12, lo que le da un olor peculiar.

Varga *et al.* (2002) y Caire *et al.* (2000) indican que el sabor inapropiado causado por la adición de la microalga está relacionado con los compuestos generados por la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados

Hernández *et al.* (2022) explican que la adición de esta microalga tiene un alto contenido de proteína, por lo tanto, juega un papel importante en la absorción de agua, lo que promueve una mayor firmeza en el queso.

## Análisis Bromatológico

Análisis bromatológico de cada tratamiento de queso semi maduro adicionados con y sin *Arthrospira platensis*.

Parámetro	T0 = Control	T1 = 0,3%	T2 = 0,5 %	T3 = 0,8 %
Proteína %	7,93	11,90	11,91	23,77
Grasa total %	27,1	28,1	29,6	31,7
Ceniza %	3,20	3,03	3,27	3,93
Humedad %	53,1	53,8	54,1	54,2

Contenido nutricional del queso semi maduro con 0,8% *Arthrospira platensis*

Contenido: 300 gramos Porción: 1 rebanada (30 gramos)					
Composición		T0		T3 = 0,8%	
		Por 100 g	Por porción	Por 100 g	Por porción
Energía	(kcal)	695,0	208,5	718,2	215,5
	KJ	2911,4	873,4	3008,5	902,6
Proteína	g	7,9	2,3	23,7	7,13
Grasa total	g	27,1	8,13	31,7	9,51
Carbohidratos	g	51,8	15,5	53,7	16,1
Ceniza	g	6,4	1,9	6,9	2,1
Calcio	mg	527,5	158,3	537,1	161,1



# CONCLUSIONES

- La utilización de una dosis de 0,8% de *Arthrospira platensis* en el queso semi maduro, mostro un efecto favorable en la viabilidad del *Lactobacillus acidophilus* durante los 45 días de almacenamiento.
- El efecto de la adición de *Arthrospira platensis* al 0,8% y 0,5%, presentaron un mayor contenido de acidez titulable durante el almacenamiento.
- En el análisis sensorial a pesar de que no se obtuvo diferencia significativa, se observó que el tratamiento con inclusión del *Arthrospira platensis* al 0,8% tiene una mayor aceptación entre los tratamientos adicionados con el 0,3% y 0,5%.
- Se considera que la espirulina es una fuente nutricional satisfactoria que se puede añadir al queso sin tener efectos adversos sobre sus características.

# RECOMENDACIONES

- Probar métodos que permitan la adición de *Arthrospira platensis* en productos lácteos, sin sobrepasar los 38°C.
- Evaluar la adición de aditivos alimentarios que permitan mejorar la aceptabilidad del producto elaborados con *Arthrospira platensis*.
- Realizar estudios en cuanto al enriquecimiento de alimentos usando *Arthrospira platensis* como manjar, queso crema, mozzarella, etc.

# AGRADECIMIENTO



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA