



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



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Certificación:

Certifico que el trabajo de titulación: **Efecto de tres niveles de Espirulina (*Arthrospira platensis*) liofilizada sobre la viabilidad del probiótico *Lactobacillus acidophilus* en un queso semi maduro**, fue realizado por el/la señorita: **Columba Oyacato, Leisly Mariela**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Sangolquí, 30 de enero de 2023



Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia Mgs.

C.C: 1709787939

Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos

30/1/23, 22:30

1 Columba Oyacato Leisly Mariela_TT

Informe de originalidad

NOMBRE DEL CURSO

TITULACION

NOMBRE DEL ALUMNO

LEISLY MARIELA COLUMBA OYACATO

NOMBRE DEL ARCHIVO

1 Columba Oyacato Leisly Mariela_TT

SE HA CREADO EL INFORME

30 ene 2023

Resumen

Fragmentos marcados	7	1 %
Fragmentos citados o entrecomillados	7	2 %
Coincidencias de la Web		
zamorano.edu	3	0,7 %
utm.edu.ec	3	0,6 %
researchgate.net	1	0,4 %
fundaciondelcorazon.com	1	0,3 %
issuu.com	1	0,3 %
alanrevista.org	1	0,3 %
algame.com.mx	1	0,3 %
ameica.org	1	0,2 %
buap.mx	1	0,2 %
espol.edu.ec	1	0,1 %



Ing. Vargas Arboleda, Martha Cecilia Mgs.

C.C: 1709787939



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Columba Oyacato, Leisly Mariela**, con cédula de ciudadanía No. 1722386081, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo titulación: **Efecto de tres niveles de *Espirulina (Arthrospira platensis)* liofilizada sobre la viabilidad del probiótico *Lactobacillus acidophilus* en un queso semi maduro**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 30 de enero de 2023

Columba Oyacato, Leisly Mariela

C.C.: 1722386081



Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Autorización de Publicación

Yo, **Columba Oyacato, Leisly Mariela**, con cédula de ciudadanía No. 1722386081 autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Efecto de tres niveles de Espirulina (*Arthrospira platensis*) liofilizada sobre la viabilidad del probiótico *Lactobacillus acidophilus* en un queso semi maduro** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios es de mi responsabilidad.

Sangolquí, 30 de enero de 2023

Columba Oyacato, Leisly Mariela

C.C: 1722386081

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Edita por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, este logro se lo debo a ellos, por darme esa confianza, la motivación constante para alcanzar mis anhelos, por estar siempre junto a mí y darme su amor incondicional.

Mis hermanos Adrián, Paola, Santi, Víctor, Darwin, Daniela y Liza quienes me han apoyado en todo, por darme esa oportunidad de compartir cada momento y ser esa fortaleza para avanzar.

Mis sobrinos Vale, Tebas, Mati, David, Tiffa, Camí, Anderson, Tiago, Cristi quienes han sido los detonantes de mi felicidad, me han dado la alegría y cariño desde que llegaron a mi vida.

Mis eternos abuelos Aurelio y María gracias por haberme acompañado, aunque no estén presentes siempre recordaré sus palabras de sabiduría.

Leisly Mariela Columba Oyacato

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi agradecimiento a la Ing. Martha Vargas y Dr. Juan Ortiz por la oportunidad al realizar esta investigación, su esencial ayuda y conocimiento brindado durante todo este proceso académico que será de gran importancia, por su confianza y recomendaciones.

A la Ing. Daysi Muñoz por su amabilidad, confianza, por ser una gran guía que me brindo durante esta investigación y por compartir su conocimiento que será muy esencial.

Al Ing. Gabriel Larrea y Lic. Marco Taco por su apertura en brindarme su ayuda.

Estoy muy agradecida con la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA por aquellos docentes que les apasiona en verdad enseñar y tener esa solidaridad de impartir su conocimiento.

A mis padres y hermanos por su confianza, la ayuda brindada en el trabajo arduo de campo y económico, se lo mucho que les costó y se merecen lo mejor de mí.

De forma especial a mis mejores amigas y confidentes: Elena Cuñas y Pris Buñay por regalarme su grandiosa amistad y brindarme su conocimiento cuando lo necesitaba; Alejandra Curipallo, Carolina Gavidia, gracias por la amabilidad, sinceridad, por el apoyo durante este tiempo, los consejos e ideas que me ayudaron para esta investigación.

Además, quiero agradecer a mis mejores amigos Jorge Balarezo, Mau Collaguazo y Jordhy Gómez por brindarme consejos que fueron fundamentales en mi vida universitaria y en la elaboración de este trabajo.

A todos los mencionados, mis más sinceros agradecimientos.

Leisly Mariela Columba Oyacato

Índice de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Resultados de la herramienta para verificación y/o análisis de similitud de contenidos.....	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación	5
DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
Índice de contenidos.....	8
Índice de tabla.....	11
Índice de figuras.....	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
Antecedentes	16
Justificación.....	17
Objetivos	19
<i>Objetivo general</i>	19
<i>Objetivo específico</i>	19
Hipótesis.....	19
<i>Hipótesis nula</i>	19
<i>Hipótesis alterna</i>	19
CAPÍTULO II	20
MARCO REFERENCIAL	20

Espirulina.....	20
<i>Clasificación taxonómica</i>	21
<i>Composición nutricional</i>	21
Probióticos.....	24
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	24
<i>Clasificación taxonómica</i>	25
Queso semi-maduro	25
<i>Composición Nutricional</i>	26
Reacciones Químicas en el Queso	27
Queso como alimento funcional	28
CAPÍTULO III	29
MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
Ubicación y características del área de estudio.....	29
Materiales para obtener la espirulina	29
Materiales para la elaboración del queso.....	30
Materiales para el análisis fisicoquímico y conteo de UFC en Laboratorio.....	31
Materiales para el análisis organoléptico	32
Métodos.....	33
<i>Producción y masificación de Espirulina</i>	33
<i>Densidad celular</i>	33
<i>Cosecha de la biomasa de Arthrospira platensis</i>	34
<i>Liofilización de Arthrospira platensis</i>	34
<i>Elaboración del Queso semi maduro</i>	35
Diseño experimental	37
Croquis del diseño	37
Análisis estadístico	38

Mediciones experimentales	38
Variables de estudio	39
<i>Variables fisicoquímicas</i>	39
CAPÍTULO IV	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
Viabilidad de <i>Lactobacillus acidophilus</i>	44
pH.....	46
Acidez titulable	48
Análisis sensorial	51
Análisis Bromatológico.....	53
CAPÍTULO V.....	57
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	57
Conclusiones.....	57
Recomendaciones	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58

Índice de tabla

Tabla 1 Ubicación taxonómica de espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	21
Tabla 2 Contenido de macronutrientes en la espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	21
Tabla 3 Contenido de ácidos grasos en la espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	22
Tabla 4 Contenido de aminoácidos esenciales y no esenciales en la espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	22
Tabla 5 Contenido de vitaminas en la espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	23
Tabla 6 Contenido de minerales en la espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>).....	23
Tabla 7 Fitonutrientes en la espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>)	23
Tabla 8 Ubicación taxonómica de <i>Lactobacillus acidophilus</i>	25
Tabla 9 Contenido de macronutrientes en el queso semi maduro.....	26
Tabla 10 Contenido de vitaminas en el queso semi maduro	26
Tabla 11 Contenido de minerales en el queso semi maduro	27
Tabla 12 Tratamientos evaluados en el queso semi maduro con diferentes dosis de <i>Arthrospira platensis</i>	37
Tabla 13 Promedio \pm error estándar de la población de <i>Lactobacillus acidophilus</i> (log ufc/ml) en las muestras de queso semi maduro bajo tres dosis de <i>Arthrospira platensis</i> durante el almacenamiento.....	44
Tabla 14 Promedio \pm error estándar de pH en las muestras de queso semi maduro bajo tres dosis de <i>Arthrospira platensis</i> durante el almacenamiento.....	46
Tabla 15 Análisis no paramétrico Kruskal Wallis para la variable acidez utilizada durante el almacenamiento.	49
Tabla 16 Prueba de Friedman para los atributos sensoriales de queso semi maduro con y sin <i>Arthrospira platensis</i> evaluadas sensorialmente.	51
Tabla 17 Análisis bromatológico de cada tratamiento de queso semi maduro adicionados con y sin <i>Arthrospira platensis</i>	53

Tabla 18 Contenido nutricional del queso semi maduro con 0,8% *Arthrospira platensis* 55

Índice de figuras

Figura 1	Vista aérea de producción de lácteos	29
Figura 2	Metodología de producción de <i>Arthrospira platensis</i>	34
Figura 3	Elaboración del queso semi maduro.....	35
Figura 4	Esquema de la elaboración de quesos semi maduros.....	36
Figura 5	Croquis experimental.....	37
Figura 6	Determinación de variables fisicoquímicas.....	39
Figura 7	Efecto de <i>Arthrospira platensis</i> en la viabilidad del <i>Lactobacillus acidophilus</i> durante 45 días de almacenamiento en el queso semi maduro	45
Figura 8	Efecto de <i>Arthrospira platensis</i> en el pH durante 45 días de almacenamiento en el queso semi maduro.....	47
Figura 9	Efecto de <i>Arthrospira platensis</i> en la acidez durante 45 días de almacenamiento en el queso semi maduro.....	50

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de 3 niveles de *Arthrospira platensis* (0,3 %; 0,5 %; 0,8 %) sobre la viabilidad del probiótico *Lactobacillus acidophilus* en el queso semi maduro; también se determinó el pH, acidez titulable durante intervalos de (1, 15, 30 y 45) días de almacenamiento, se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con 5 repeticiones por tratamiento. Los resultados mostraron que la adición de *Arthrospira platensis* tuvo un efecto significativo en comparación con el control, donde T3 (0,8 %) fue el mejor tratamiento en cuanto al aumento de la viabilidad, pH y acidez titulable, seguido por el T2 (0, 5 %) que también se destacó del resto de tratamientos. Adicionalmente se realizó un análisis bromatológico de cada uno de los tratamientos que contenían la microalga, los resultados demostraron que la adición en el queso mejoró los niveles de proteína, pero en cuanto los niveles de grasa, ceniza y humedad se mantuvieron con respecto al control. Finalmente se realizó un análisis sensorial de todos los tratamientos comparándolos con el testigo en el que se determinó que no existe diferencias significativas y se obtuvo una aceptabilidad del producto.

Palabras clave: *Arthrospira platensis*, *Lactobacillus acidophilus*, probiótico, queso semiduro.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of 3 levels of *Arthrospira platensis* (0.3 %; 0.5 %; 0.8 %) on the viability of the probiotic *Lactobacillus acidophilus* in semi-mature cheese; pH and titratable acidity were also determined during intervals of (1, 15, 30 and 45) days of storage; a completely randomized design (CRD) with 5 replicates per treatment was used. The results showed that the addition of *Arthrospira platensis* had a significant effect compared to the control, where T3 (0.8 %) was the best treatment in terms of increased viability, pH, and titratable acidity, followed by T2 (0.5 %), which also stood out over the other treatments. In addition, a bromatological analysis of each of the treatments containing the microalgae was performed, the results showed that the addition of the microalgae in the cheese improved the protein levels, but the levels of fat, ash and moisture were maintained with respect to the control. Finally, a sensory analysis of all the treatments was carried out, comparing them with the control, in which it was determined that there were no significant differences, and that the product was acceptable.

Key words: *Arthrospira platensis*, *Lactobacillus acidophilus*, probiotic, semi-hard cheese.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La producción del queso y su elaboración es la más antigua tratándose de una forma primitiva de conservación de la leche, diversos estudios denominan que los romanos la incluían en su dieta como condimento junto con otras especies de vegetales, con el paso de los años se fue extendiendo su consumo, Gioffre (2022).

El queso es uno de los principales productos que en los últimos años la producción mundial fue de 19 millones de toneladas esto de acuerdo con datos provenientes de la Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura FAO (2019).

En el Ecuador el mercado del queso ha tenido un gran potencial de crecimiento en los últimos años debido a las altas exigencias de la población, que se ofrecen en la creación de mejores tecnologías, ha sido considerado uno de los alimentos de mayor aceptación a nivel mundial, debido a su alta densidad nutricional, alta calidad y los beneficios que ofrecen para el consumidor, Cangas, *et al.* (2019).

El queso es un producto lácteo con diversas formas de elaboración y consumo. Tradicionalmente, la producción y procesamiento de leche en el Ecuador se ha concentrado en la región interandina. En las últimas décadas, debido a la mejora continua de la calidad de los alimentos orientados al cuidado de la salud, diversos estudios se ha implementado alimentos que contienen probióticos, el queso puede ofrecer ciertas ventajas sobre el yogur debido al pH adecuado, el alto contenido de grasa y textura sólida que conducen a la protección de los probióticos.

Según la FAO (2006) los probióticos se definen como “microorganismos viables que, cuando se consumen en dosis adecuadas, brindan beneficios para la salud más allá de los requisitos nutricionales básicos”.

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, en la actualidad la normativa del INEN 2395:2011 estipula que el conteo mínimo debe ser 10^7 UFC/g de producto.

La viabilidad de bacterias ácido-lácticas es influenciada por el tiempo de almacenamiento que en la mayoría se va disminuyendo, denotando una baja estabilidad de las cepas lácticas. Dentro de las alternativas se han realizado estudios referentes al uso de microalgas verde - azuladas que permiten la capacidad de mantener la viabilidad de los probióticos y aumentar sus características funcionales. Esto se debe a que tiene una amplia gama de nutrientes y se consideran “alimentos funcionales”, Beheshtipour, *et al.* (2013).

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. Entre los diferentes alimentos probióticos, los productos lácteos han recibido una atención considerable por contener probióticos.

Se sabe que las condiciones adecuadas, tales como la existencia de un entorno amortiguador, bajos niveles de oxígeno, alto contenido de grasa, hacen que el queso se convierta en un portador eficaz de microorganismos probióticos en comparación con otros lácteos. El queso es uno de los productos lácteos con altos volúmenes de producción. 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, filamentosa, fotosintética que es rica en fuente de aminoácidos esenciales, ácidos grasos poliinsaturados, carbohidratos, pigmentos, minerales y vitaminas. Según Flores, *et al.* (2017) describió que la espirulina tiene diferentes cualidades y puede ejercer efectos citotóxicos en líneas celulares de cáncer humano, actividad hepatoprotectora, actividad antioxidante, y efectos antiinflamatorios. Además, la espirulina puede contribuir al crecimiento de bacterias probióticas.

Por ejemplo Parada, *et al.* (1998) estudiaron los efectos de la espirulina sobre las bacterias del ácido láctico (LAB) *in vitro* y revelaron que la espirulina actuaba como promotora del crecimiento. Además Beheshtipour, *et al.* (2012) añadió espirulina a una formulación de yogur y estudió la viabilidad de las bacterias probióticas durante la fermentación y el almacenamiento donde informaron que la espirulina puede aumentar las poblaciones de *Lactobacillus* y bifidobacterias.

En un estudio con espirulina Mazinani, *et al.* (2015) demostraron que la viabilidad sobre las bacterias probióticas aumentó significativamente durante el tiempo de almacenamiento del queso blanco. En un trabajo reciente Golmakani, *et al.* (2019) demostraron que en el queso feta probiótico UF donde se evaluó los efectos en el *Lactobacillus casei* y propiedades nutricionales del queso durante el almacenamiento mejoraron los valores de acidez y proteína. También la espirulina se ha usado de manera exitosa en la elaboración de yogur Barkallah, *et al.* (2017), pastas de fresa, Raczyk, *et al.* (2022), helados, Tri, *et al.* (2016).

Por lo tanto, en este estudio se evaluó el efecto de tres niveles de espirulina en la supervivencia de cepas probióticas de *Lactobacillus acidophilus* en el queso semiduro.

Además, se evaluó las propiedades fisicoquímicas, bromatológicas y prueba organoléptica de las muestras de queso durante el almacenamiento.

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.

CAPÍTULO II

MARCO REFERENCIAL

Espirulina

La espirulina es una cianobacteria filamentosa multicelular Malpartida, *et al.* (2022), que se originó hace tres millones de años y ha tomado la destreza de usar el CO₂ diluido sobre el agua salada como base nutritiva para su reproducción, Sera & García (2017).

Para Beheshtipour, *et al.* (2013). señala que la espirulina se ha utilizado durante más de 1000 años como fuente de alimento, algunos de los cuales tienen un contenido de proteína de hasta 55 % a 70 % del peso seco total (p. 146).

Por otro lado Muñoz (2019) indica que la utilización de la espirulina remota desde 1.300 d. C por diversas culturas como la Azteca que lo obtenían del Lago Texcoco en la elaboración de torta seca. Según Hernández (2021), menciona que es una estructura filamentosa estructurada por células individuales de color verde azulado, ocasionado por la presencia de ficocianina y clorofila, tiene una apariencia en espiral, generalmente mide de ocho a diez µm de diámetro.

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, Hernández (2021).

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, Beheshtipour, *et al.* (2013).

La ficocianina es un pigmento azul no tóxico que se encuentra en la espirulina, que actúa como un eliminador de radicales libres, es un poderoso antioxidante y puede ejercer efectos antiinflamatorios, Guillen, *et al.* (2020).

Clasificación taxonómica

Tabla 1

Ubicación taxonómica de espirulina (Arthrospira platensis)

Dominio	Bacteria
Filo	Cyanobacteria
Clase	<i>Cyanophyceae</i>
Subclase	<i>Oscillatoria Physidae</i>
Orden	<i>Oscillatoriales</i>
Familia	<i>Phormidiaceae</i>
Subfamilia	<i>Phormidioideae</i>
Género	<i>Arthrospira</i>

Nota. Recuperado de Fernández, *et al.* (Copyright 2019). Reprinted with permission.

Composición nutricional

De acuerdo con Muñoz (2019) los análisis realizados de los componentes bioquímicos de la espirulina, se presenta minerales, proteínas, vitaminas, ácidos grasos, entre otros.

Tabla 2

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

Nota. Recuperado de USDA. (Copyright 2019). Reprinted with permission.

Tabla 3

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	%	0,0675
Acido palmitoleico	%	0,328
Ácido oleico	%	0,347
Ácidos grasos poliinsaturados	%	2,08
Acido linoleico	%	0,823
Acido gamma-linolénico	%	1,254

Nota. Recuperado de Seyidoglu, *et al.* (Copyright 2017).

Reprinted with permission.

Tabla 4

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

Nota. Recuperado de Gutiérrez, *et al.* (Copyright 2015).

Reprinted with permission.

Tabla 5*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

Nota. Recuperado de USDA. (Copyright 2019).
Reprinted with permission.

Tabla 6*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

Nota. Recuperado de USDA. (Copyright 2019). Reprinted with permission.

Tabla 7*Fitonutrientes en la espirulina (Arthrospira platensis)*

Compuesto	Unidad	Valor por 100 g
Ficocianina	%	17,2
Clorofila	%	1,2
Carotenoides totales	mg	504
Zeaxantina	mg	101
β-caroteno	mg	211

Nota. Recuperado de Gutiérrez. (Copyright 2015).
Reprinted with permission.

Probióticos

En la actualidad el término probiótico se refiere a un producto que contiene cepas de microorganismos vivos en cantidades tales que son beneficiosas para la salud del huésped, Oliveira & González (2007). También producen sustancias antimicrobianas como el ácido láctico y otros ácidos de cadena corta, metabolitos como el peróxido de hidrógeno, el diacetilo y las bacteriocinas, que ejercen acción antibacteriana y contribuyen a la prevención de la descomposición de los alimentos, disminuyen el pH intestinal favoreciendo el crecimiento de organismos beneficiosos, compiten por nutrientes al utilizar los nutrientes consumidos por organismos patógenos, estimulan la respuesta inmune, Castro & Ovetto (2006).

Los microorganismos probióticos utilizados en el consumo humano se incluyen bacterias ácido-lácticas (BAL), que comprenden de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, consideradas seguras para los humanos, Isolauri, *et al.* (2004), pero también se utilizan otras cepas bacterianas no patógenas, como *Streptococcus*, *Enterococcus* y levaduras no patógenas como *Saccharomyces boulardii*, Johnston, *et al.* (2015).

Lactobacillus acidophilus

L. acidophilus es un microorganismo grampositivo de cadena corta, además de ser anaeróbico facultativo, pero estrictamente fermentativo, microaerófilo, con morfología de espirales o formas coco bacilares y crecen de forma óptima a temperatura entre 30 a 40°C. El nombre de esta bacteria es debido a que es una bacteria que puede crecer en pH bajos de 3 a 4 y se puede eliminar por calor, humedad o luz solar directa, Gutiérrez (2022). *L. acidophilus* se puede agregar como complemento a muchos procesos de fermentación de alimentos, contribuyendo a un sabor, sabor y textura únicos. También conserva los productos al producir ácido láctico y bacteriocinas, Anjum, *et al.* (2014).

Se les conoce como ácidos lácticos porque convierten la lactosa en ácido láctico, creando un ambiente ácido que impiden el crecimiento de bacterias patógenas, se desarrolla

con una concentración de dióxido de carbono del 1 al 20 por ciento, el uso de esta bacteria provee en los productos lácteos un gusto suave, delicado y promueve la cuajada, mejora la absorción y contribuye a promover la salud, Gutiérrez (2022). La ventaja de su consumo es proteger el estómago, no existe conflictos si toma con otras vitaminas, ayuda a descomponer las toxinas y a producir la vitamina B y K, aumenta la absorción de calcio y reduce la intolerancia a la lactosa, Escobar & Suárez (2016).

Clasificación taxonómica

Tabla 8

Ubicación taxonómica de Lactobacillus acidophilus

Dominio	Bacteria
Filum	Firmicutes
Clase	Bacilli
Orden	Lactobacillales
Familia	Lactobacillaceae
Género	Lactobacillus
Especie	<i>L. acidophilus</i>

Nota. Recuperado de Zambrano. (Copyright 2010). Reprinted with permission.

Queso semi-maduro

El queso es un producto lácteo que tiene gran importancia en la nutrición humana y se encuentra ampliamente distribuido por todo el mundo. La FAO (2020), por su parte, define al queso como “*un producto fresco o madurado obtenido por la coagulación y separación de suero de la leche, nata, leche parcialmente desnatada, mazada o por una mezcla de estos productos*”. Existen aproximadamente 2.000 tipos diferentes de queso, como frescos, semi maduro y maduros.

El queso semi maduros es un derivado de los productos lácteos que permanecen en la sala de maduración durante un cierto tiempo después de la producción antes del consumo, es el resultado de un largo proceso técnico. Por su parte Rosero & Guacales (2013) indican que, para elaborar un queso, se debe pasar un proceso de cuajado, después pasa a una prensa, va al secado, para luego ser empacado en una funda termo incogible; se sella al vacío y antes de reposar por 45 días, los quesos semi maduros deben estar de 7° a 10°C. Tiene ciertas ventajas como una mayor vida útil, presenta un alto valor nutritivo principalmente por su elevado contenido de proteína, calcio y vitaminas, contenidos de hidratos de carbono es muy escaso y disminuye a medida que aumenta la maduración del queso, Cadena (2022).

Composición Nutricional

Tabla 9

Contenido de macronutrientes en el queso semi maduro

Nutrientes	Unidad	Valor por 100 g
Energía	Kcal	1745
Grasa	g	34,50
Carbohidratos	g	1,50
Proteína	g	10,00

Nota. Recuperado de García. (Copyright 2022). Reprinted with permission.

Tabla 10

Contenido de vitaminas en el queso semi maduro

Nutrientes	Unidad	Valor por 100 g
Vitamina A	µg	360
Tiamina (B1)	mg	0,04
Niacina (B3)	mg	6,7
Vitamina (B6)	mg	0,8
Vitamina (B12)	µg	1,5
Vitamina E	mg	0,62

Nota. Recuperado de Top culinario. (Copyright 2022). Reprinted with permission.

Tabla 11

Contenido de minerales en el queso semi maduro

Nutrientes	Unidad	Valor por 100 g
Calcio	mg	765
Hierro	mg	0,64
Magnesio	mg	36
Ioduros	µg	34,1
Zinc	mg	4

Nota. Recuperado de Top culinario. (Copyright 2022). Reprinted with permission.

Reacciones Químicas en el Queso

Una serie de reacciones químicas y bioquímicas ocurren durante la maduración del queso, entre ellas el glicólisis, lipólisis y la más importante proteólisis. La proteólisis esta última juega un papel crítico en las características sensoriales del queso como un indicador significativo de su calidad, dicha reacción es causada por enzimas de la leche como la pepsina y quimosina y enzimas microbianos liberadas por el cultivo iniciador, Singh, *et al.* (2003).

Las enzimas hidrolizan las caseínas, lo que favorece a la formación de péptidos de cadena larga e intermedia, que a su vez son hidrolizados por enzimas proteolíticas originadas de bacterias ácido-lácticas (BAL) y cultivos probióticos en péptidos de cadena corta y aminoácidos libres importantes para el desarrollo de sabor en el queso, Naranjo (2016).

La incorporación de *Lactobacillus* a los quesos ha estado asociada con un incremento en la proteólisis. Adicionalmente, se ha encontrado que las enzimas proteolíticas producidas por cultivos probióticos degradan péptidos que producen amargor. Sin embargo, el amargor es considerado un componente normal en el sabor del queso, aunque un elevado sabor amargo puede limitar la aceptación en el consumo, Singh, *et al.* (2003).

Queso como alimento funcional

Un alimento funcional se considera como un alimento modificado que tiene como objetivo mejorar la salud humana, reducir los cuadros clínicos nocivos y reemplazar a los alimentos tradicionales, el queso es considerado un alimento con efectos en la salud por ser portador de probióticos, debido a que el proceso general de fabricación a menudo se ha ajustado para explorar mejor las actividades microbianas, Blaiotta, *et al.* (2017).

A su vez, Heller (2001) sostiene que el queso crea las condiciones adecuadas para la supervivencia de los probióticos, garantiza su estabilidad física y microbiológica durante el almacenamiento, los probióticos no afectan negativamente el sabor o el aroma del producto, y no aumenta la acidez de este durante la vida útil del producto.

Tiene más ventajas sobre el yogur debido a su capacidad amortiguadora contra la acidez del tracto gastrointestinal, creando un ambiente para que los probióticos sobrevivan a través del tránsito gástrico, Chacón & Pineda (2009).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Ubicación y características del área de estudio

El estudio se realizó a cabo en la planta de producción de Lácteos de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria IASA 1, hacienda “El Prado”, ubicada en el sector de San Fernando, parroquia Sangolquí, Cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha. Geográficamente se ubica a $78^{\circ}24'44''$ E, $0^{\circ}23'20''$ S y 2748 m.s.n.m de altitud. El laboratorio de Lácteos presenta una temperatura promedio de 16° C y una humedad relativa del 90%.

Figura 1

Vista aérea de producción de lácteos



Nota. Ubicación del proyecto de investigación donde se desarrolló la fase experimental. Tomado de (Google Maps, 2022).

Materiales para obtener la espirulina

Insumos

- Bicarbonato
- Sal
- Fertilizante foliar 12-12-36

Materiales

- 4 tubos de ensayo
- 4 matraces Erlenmeyer de 500 litros
- 4 estanques de plástico de 4 litros
- 4 estanques de plástico 20 litros
- 10 metros de manguera para aireación

Equipos

- Plancha de calentamiento
- Espectrofotómetro
- pH-metro
- Balanza digital
- 4 aireadores de doble salida
- Liofilizador

Materiales para la elaboración del queso

Materia prima

- 40 litros de Leche cruda de vaca

Insumos

- 0,8 gr Cultivo láctico madre (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus acidophilus*)
- 8 ml de Cloruro de calcio
- 5 ml de Cuajo
- 300 gr de espirulina liofilizada

Materiales

- Mandil
- 1 olla metálica
- 4 recipientes plásticos de 10 litros
- 1 cuchara de palo
- 1 cuchillo
- 20 moldes plásticos

Equipos

- Cocina industrial
- Balanza digital
- Termómetro

Materiales para el análisis fisicoquímico y conteo de UFC en Laboratorio

Materiales

- 160 tubos de ensayo 15 ml
- 60 cajas Petri
- 4 morteros
- 4 cucharas de acero
- 2 frascos tapa rosca de 1000 ml
- 4 frascos tapa rosca de 500 ml
- 4 matraces de 500 ml
- 20 matraces de 50 ml
- 4 vasos de precipitación de 500 ml
- 20 vasos de precipitación de 50 ml

- 4 rejillas de plástico
- 1 probeta de 100 ml
- 2 buretas
- 2 soportes Universales
- Parafilm
- Tijeras
- Papel filtro

Equipos de laboratorio

- Autoclave
- Cámara de Flujo Laminar
- Balanza digital
- Refrigerador
- pH metro
- Equipo Kjeldahl
- Microondas
- Plancha de calentamiento

Materiales para el análisis organoléptico

- Carta de degustación
- Recipientes plásticos
- Agua
- Vasos
- Panel de degustación
- Cuchillo

Métodos

Producción y masificación de Spirulina

La investigación se realizó durante la de producción y masificación de la biomasa de *Arthrospira platensis* y se mantuvo bajo condiciones controladas en el laboratorio.

Para la producción, se tomó 1 ml de la cepa *Arthrospira platensis* en tubos de ensayo con 10 ml de medio de mantenimiento y se expuso a luces LED, por un periodo de 15 días, se procedió a colocar 10 ml de cepa con 100 ml de medio en los matraces Erlenmeyer de 500 ml con tapones de gasa y algodón estéril, se colocó aireación, se adicionó 100 ml del medio de mantenimiento cada 3 días hasta que alcanzar los 500 ml de solución.

Para su masificación se procedió a cuantificar el crecimiento mediante el espectrofotómetro a 540 nm y cuando alcanzó la concentración celular deseada se colocó el contenido en botellones plásticos de 4 litros y luego en estanques de 20 litros. Para conocer el volumen de inóculo de microalgas y medio de masificación se aplicó la fórmula $C_1V_1=C_2V_2$ y se añadió de manera periódica el medio de masificación (figura 2), Sandoval (2017).

Densidad celular

Se tomó una muestra de 1 ml para evaluar el crecimiento mediante recuento celular. Luego, se utilizó la siguiente fórmula para determinar la densidad celular diluyendo 1:10 ml con agua destilada, Sandoval (2017):

$$DC_{inóculo} = \frac{N \times 10^3}{10} \times FD$$

$DC_{inóculo}$: Densidad celular del inóculo (filamento mL^{-1})

N: Promedio de células presentes.

10^3 : Factor de conversión de 10 μl a 1 ml

FD: Factor de dilución

Cosecha de la biomasa de *Arthrospira platensis*

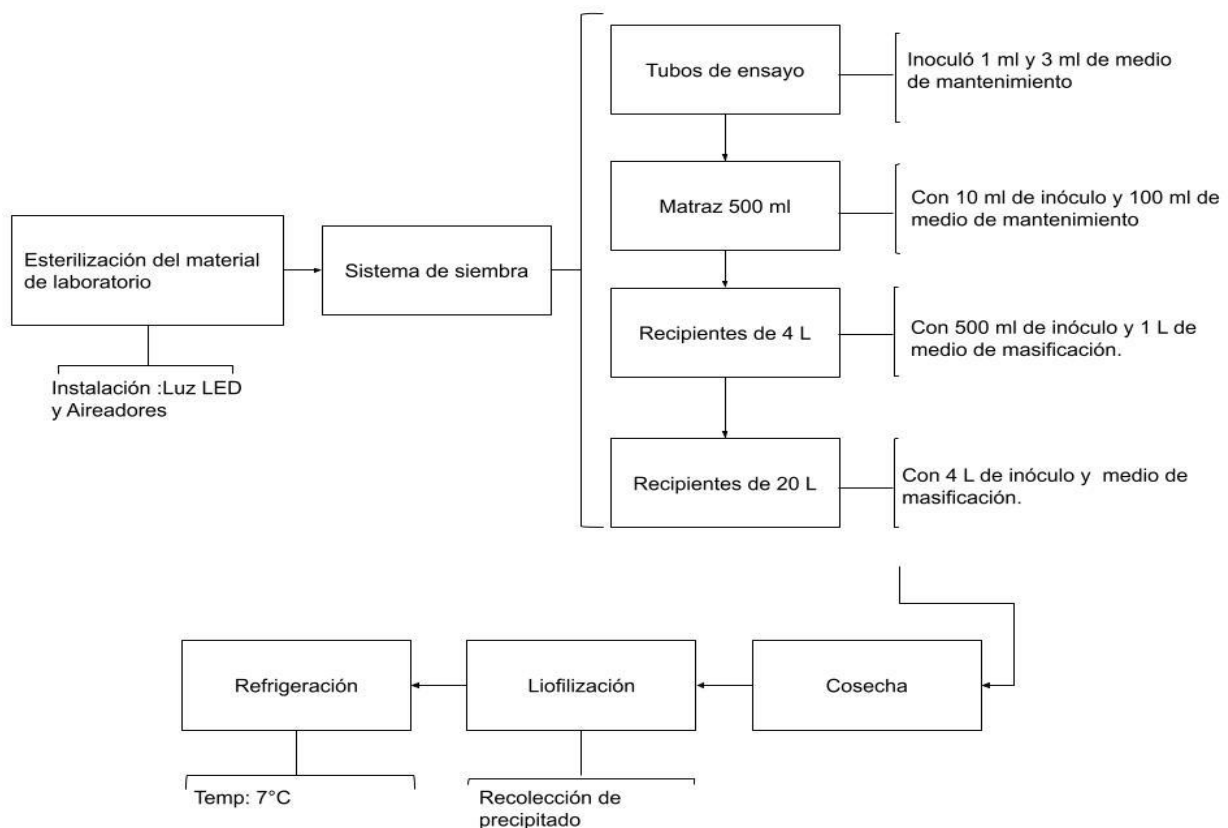
Al conocer los valores de absorbancia igual a 1,4 de los estanques se procedió a retirarlos de la luz y la aeración durante 48 horas permitiendo la precipitación de la biomasa. Finalmente, el sobre nadante se recolecto en fundas ziplog.

Liofilización de *Arthrospira platensis*

Las muestras se colocaron en congelación a 4°C por 24 horas y se llevó a liofilizar durante 12 horas dependiendo de la cantidad de muestra. La biomasa seca se trituró y almacenó en recipientes herméticos en refrigeración a 7°C.

Figura 2

*Metodología de producción de *Arthrospira platensis**



Nota: El grafico representar el proceso de masificación, cosecha y liofilización de la espirulina.

Elaboración del Queso semi maduro

Se utilizó leche cruda adquirida de la Hacienda “El Prado”, la cual fue previamente sometida a pasteurización a 63°C por 30 min y enfriada a 38° C. Se añadió cultivo bacteriano homofermentativo marca DANISCO (250 DCU) 205 YO-MIXTM 250 LYO que contenía cepas de *Streptococcus Thermophilus* y *Lactobacillus acidhophilus*. Luego se agregó espirulina liofilizada según los tratamientos descritos en el diseño experimental (Tabla 9). Al finalizar la activación del fermento se adicionaron 2 ml de cloruro de calcio y 1,25 ml de cuajo por cada 10 litros de leche.

Después 30 minutos de coagulación enzimática, se procedió a cortar el cuajo en cuadros pequeños, se dejó reposar durante 1 minutos y durante este tiempo se realizó un desuerado manual retirando el 30 % de suero y se lo remplazo con agua a 40°C. Se colocaron en moldes con auto prensado uno sobre el otro para prensar la cuajada y se los dejo reposar, se invirtió el orden de los moldes con el fin de crear un prensado uniforme, se repitió hasta que el queso se volvió más firme. La maduración se realizó en cámara de maduración a temperatura 7° a 9° C en un tiempo de 45 días, realizando un lavado en días alternos con salmuera al 18 % de concentración a una temperatura de 22° C sobre la superficie de los quesos, Jaramillo (2020).

Figura 3

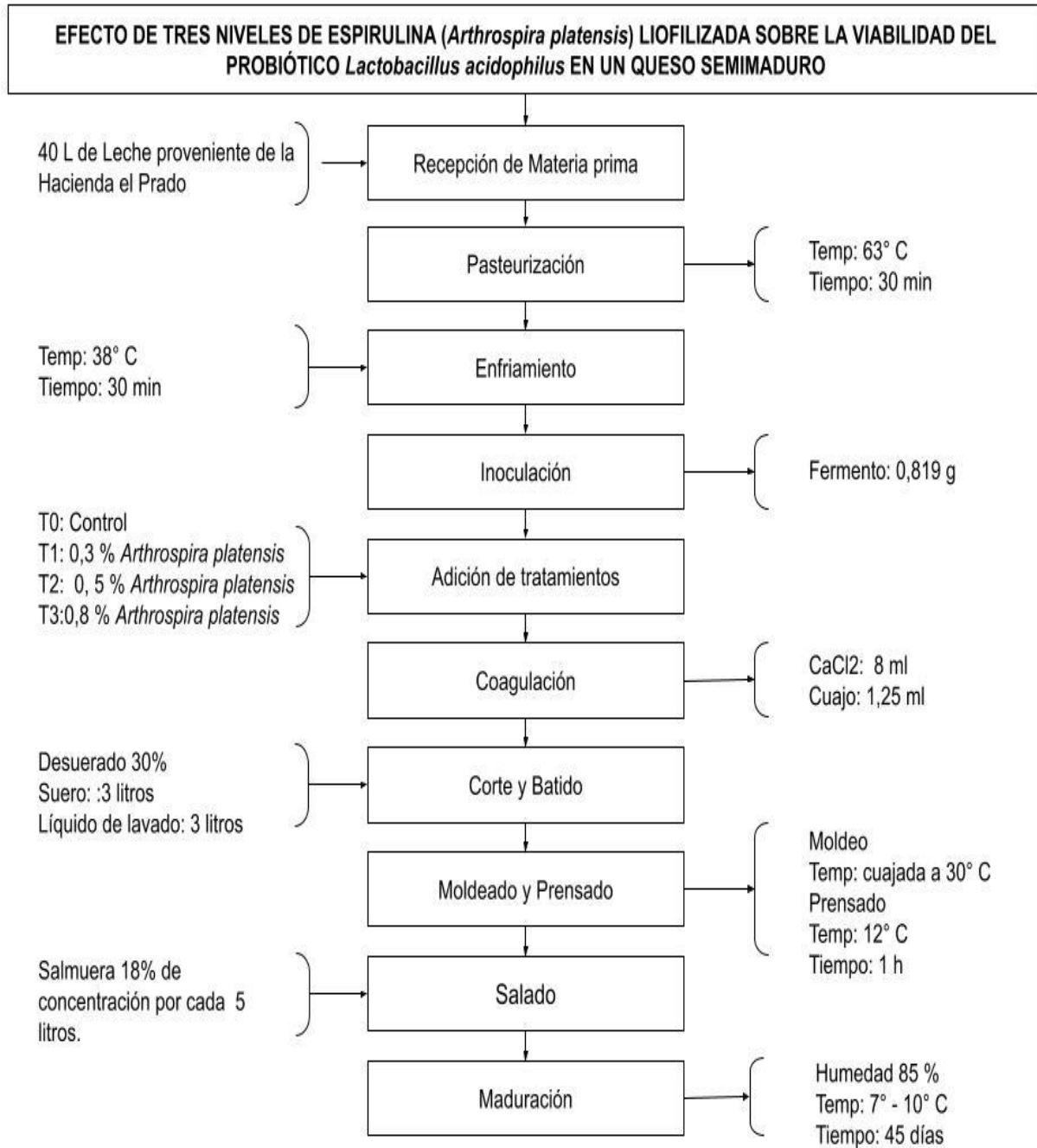
Elaboración del queso semi maduro



Nota: El grafico representa el proceso de elaboración del queso: a) pasteurización; b) corte de la cuaja; c) desuerado; d) moldeado.

Figura 4

Esquema de la elaboración de quesos semi maduros



Nota: El grafico representa el proceso de elaboración del queso semi maduro con espirulina.

Diseño experimental

Se realizó el experimento mediante un diseño completamente al azar (DCA), con 5 repeticiones por tratamiento, siendo 20 unidades experimentales. Mediante el siguiente modelo matemático:

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

Dónde:

Y_{ij} = Variables por medir

u = Media general

τ_i = Efecto del i -ésimo dosis de espirulina (*Arthrospira platensis*)

ε_{ij} = Error experimental

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

Nota: Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria sobre las unidades experimentales en el cuarto de refrigeración.

Análisis estadístico

Las variables consideradas se determinaron mediante estadística descriptiva empleando (media y desviación estándar), se utilizó la prueba de QQ-plot y la prueba de Shapiro-Wilks para evaluar si se cumplían los supuestos de normalidad. Si las variables cumplieron con los supuestos se realizaron análisis de varianza para determinar diferencias significativas empleando una prueba de comparación de medias Tukey ($\alpha < 0.05$) bajo un nivel de confiabilidad del 95%. Si las variables no cumplieron con los supuestos se aplicó un ANOVA no paramétrico de Kruskal – Wallis. Todos los análisis se realizaron en el software estadístico INFOSTAT.

Mediciones experimentales

Las variables Fisicoquímicas y Viabilidad fueron tomadas cada 15 días durante todo el periodo del experimento que duró 45 días las cuales fueron:

- Acidez titulable (%)
- pH
- Conteo de UFC / ml

A los 45 días del experimento se realizó el análisis bromatológico y análisis sensorial, los mismos que fueron:

Variabes Organolépticas:

- Color
- Olor
- Sabor
- Textura

Bromatológico:

- Grasa (%)
- Ceniza (%)
- Proteína (%)
- Humedad (%)

Variables de estudio

Variables fisicoquímicas

Las variables fisicoquímicas evaluadas fueron: pH, Humedad, Acidez titulable, grasa, ceniza, proteína. Se utilizaron 5 muestras por tratamiento para la toma de datos.

Figura 6

Determinación de variables fisicoquímicas



Nota: El gráfico representa los análisis fisicoquímicos en laboratorios del IASA.

Determinación del potencial de hidrogeno (pH)

Para determinar el pH se colocaron 10 gramos de queso molido en un vaso de precipitación de 100 ml con 50 ml de agua destilada y de inmediato se agitó por 5 min posteriormente se introdujo los electrodos de pH metro electrónico y se procedió a tomar los datos, Ramírez & Vélez (2016).

Determinación de Humedad

El porcentaje de humedad se determinó por desecación en una estufa a una temperatura de 81° C a 24 horas. Se colocaron 5 gramos queso molido en una cápsula de porcelana, posteriormente se pesó en la misma capsula con la materia seca. El contenido de humedad se determinó con la siguiente formula, INEN (2022):

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

Dónde:

H= Contenido de humedad, en porcentaje de masa.

m= Masa de la cápsula con arena y varilla (g).

m₁= Masa de cápsula con arena, varilla y muestra (g).

m₂= Masa de la cápsula con arena, varilla y residuo seco (g).

Determinación de acidez

Se determinó la acidez titulable mediante las Normas Técnica Ecuatoriana NTE INEN 13, donde se tomó 10 gramos del queso triturado en un vaso de precipitación de 200 ml con agua destilada a 40°C hasta un volumen de 100 ml, se homogenizó por 5 min, seguidamente se filtró y tomó 10 ml de la muestra en un matraz, posteriormente se agregó 3 gotas de fenolftaleína como indicador y finalmente se realizó la titulación con NaOH 0,1 N. La acidez titulable se expresará en porcentaje de ácido láctico, Álvarez (2011).

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

Dónde:

A= Acidez titulable de la leche, en porcentaje.

V= Volumen de la solución de hidróxido utilizado en la titulación, en cm³.

N= Normalidad de la solución de hidróxido de sodio

m= Peso de la muestra, en g.

Determinación de grasa

La grasa se determinó tomando una muestra de 2 gramos de queso triturado en un vaso de precipitación de 50 ml, se colocó en el equipo de golfish durante 4 horas, al finalizar la extracción se retira los vasos de precipitación y enseguida se colocó en la estufa a 105°C durante 30 min después de este tiempo la muestra se enfrió y se procedió a pesarlos, INEN (1998).

Los resultados se expresaron en porcentaje y se calculó con la siguiente ecuación:

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

Dónde:

B₁ = Peso del balón inicial

B₂ = Peso del balón con muestra final

W₂ = masa de la muestra en gramos

Determinación de ceniza

Se determinó pesando 3 gramos de queso molido en un crisol, se colocó en la cámara extractora de gases y posteriormente el crisol se ubicó en la mufla a 500°C durante 4 horas, finalmente se retira la muestra se enfría y pesa en una balanza analítica. A continuación, se determinó mediante la siguiente fórmula, INEN (1998):

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

Dónde:

Pf = Peso final

C= Crisol

M= Peso de la muestra

Determinación de proteína

La proteína se determinó por el método de Kjeldahl, se pesó 1,5 gramos de queso molido en un tubo digestor con una tableta catalizadora en 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, enseguida se colocó en los tubos digestores con las muestras en el block-digest durante 1 hora a una temperatura de 400°C. Para la titulación en cada microtubo se añadió 15 ml de agua, con 30 ml de hidróxido de sodio al 40%, al destilar se añadió 3 gotas del indicador y se tituló con ácido clorhídrico 0,1N utilizando un agitador mecánico y se registró el volumen del ácido consumido, INEN (2019).

El porcentaje de proteína se expresó en porcentaje:

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

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

Aislamiento de *Lactobacillus acidophilus*

Se colocó 10 gramos de queso de cada muestra en un mortero con 90 ml de solución diluyente (7,65 gramos de NaCl y 0,9 gr de peptona por cada 1800 ml de agua destilada) se homogenizó y se prepararon diluciones seriadas (10^{-1} a 10^{-12}). Para el aislamiento se usó el medio Man Rogosa Sharpe (MRS) para *Lactobacillus*, las diluciones que se utilizaron para el análisis fueron 10^{-10} a 10^{-12} se tomó 1 ml de cada una para realizar la siembra por el método de vertido en placa. Las placas se incubaron en estufa, bajo condiciones anaeróbicas a temperatura de 37°C por 48 horas durante 45 días en intervalos de 15 días para evaluar la viabilidad del *Lactobacillus acidophilus*. Para el conteo de unidades formadoras de colonia se realizó media el uso de la aplicación Colony Counter, Ramírez & Vélez (2016).

Análisis sensorial

Para determinar el grado de aceptación se utilizó un diseño en bloques completamente al azar (DBCA), donde cada catador constará como un bloque, tendiendo así 5 bloques por cada tratamiento y 20 unidades experimentales, se utilizó 5 gramos de queso como unidad muestral, cada catador emitió un juicio de cada muestra en una escala ordinal de 1 a 5: donde 1 fue el valor de menor aceptación y 5 de mayor aceptación. Las variables de respuesta fueron analizados a través de la prueba no paramétrica de Friedman ($p < 0,05$).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Viabilidad de *Lactobacillus acidophilus*

Al no cumplir esta variable con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, los datos fueron transformados a log base 10 para su respectivo análisis de varianza.

Al evaluar la viabilidad del *Lactobacillus acidophilus* durante el almacenamiento, en el día 1 no se obtuvo diferencias significativas ($F_{3,16}=0,95$; $p>0,4388$), mientras que se encontraron diferencias significativas en los días 15 ($F_{3,16}=18,01$; $p<0,0001$), 30 días ($F_{3,16}=7,02$; $p<0,0032$) y 45 días ($F_{3,16}=39,00$; $p<0,0001$).

Tabla 13

Promedio ± error estándar de la población de Lactobacillus acidophilus (log ufc/ml) en las muestras de queso semi maduro bajo tres dosis de Arthrospira platensis durante el almacenamiento.

Tratamiento	Población Día 1 (log ufc/ml)	Población Día15 (log ufc/ml)	Población Día 30 (log ufc/ml)	Población Día 45 (log ufc/ml)
T0	14,11 ± 0,09 a	14,00 ± 0,07 a	13,93 ± 0,13 a	13,44 ± 0,03 a
T1	14,07 ± 0,07 a	14,07 ± 0,08 a	14,00 ± 0,13 a	13,54 ± 0,03 a
T2	14,13 ± 0,06 a	14,09 ± 0,03 ab	14,09 ± 0,02 ab	13,97 ± 0,07 b
T3	14,13 ± 0,06 a	14,19 ± 0,08 b	14,25 ± 0,13 b	14,23 ± 0,02 c

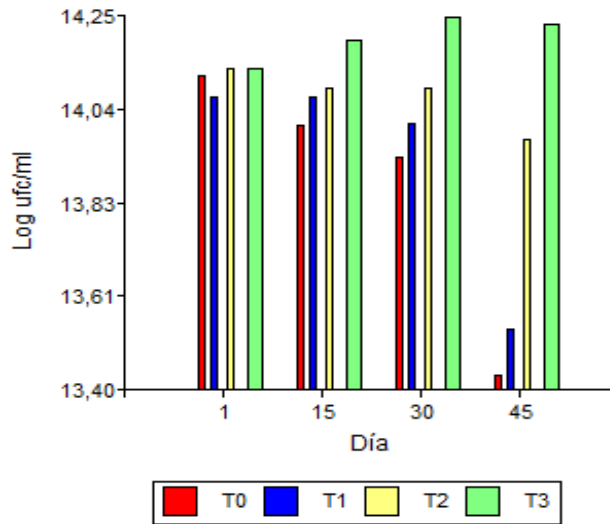
Nota: Testigo 0 % de *Arthrospira platensis*; T1 con dosis de *Arthrospira platensis* de 0,3 %; T2 con dosis de *Arthrospira platensis* de 0,5 %; T3 con dosis de *Arthrospira platensis* de 0,8 %. Medias con letras distintas presentan diferencias significativas.

En la tabla 10, se presenta los valores sobre la viabilidad del *Lactobacillus acidophilus* durante el almacenamiento, donde el tratamiento T3 con dosis de 0,8% de *Arthrospira platensis*, presentó un valor ligeramente superior con 14,13 log ufc/ml en el día 1, mientras que

a los 15 días con 14,19 log ufc/ml, a los 30 días con 14,25 log ufc/ml y 45 días con 14,23 log ufc/ml mostraron un aumento significativo en comparación con el control (Figura 7).

Figura 7

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



Nota: El grafico representa la viabilidad del *Lactobacillus acidophilus* donde se observa los incrementos de cada tratamiento.

Según Beheshtipour, *et al.* (2012) encontraron que la adición de microalgas al yogur a una dosis de 0,5% aumento significativamente ($p < 0,05$) la viabilidad de *Lactobacillus bulgaricus* durante 28 días de almacenamiento. Por su parte, Golmakani, *et al.* (2019) encontraron un aumento significativo a una dosis de 1,5% de *Arthrospira platensis*, en la viabilidad del *Lactobacillus casei* en el queso griego durante 60 días de almacenamiento.

Debido a que *Arthrospira platensis* proporciona un ofrece un entorno nutritivo y estimulante, tiene un buen efecto sobre la viabilidad de los probióticos. Según Vargas, *et al.* (1999) mencionaron que la *Arthrospira platensis* puede ser una fuente nutricional única que incluye cantidades considerables de vitaminas, aminoácidos, minerales y derivados de la

vitamina B que son promotores de bacterias probióticas. Además Akalın, *et al.* (2009) afirman que la presencia de sustancias nitrogenadas como los aminoácidos libres, la peptona y las adeninas presentes en esta microalga puede estimular significativamente el crecimiento y la producción de ácido de las bacterias probióticas. Estos resultados son consistentes con los datos obtenidos en este estudio, en la que la viabilidad de *Lactobacillus acidophilus* en todas las muestras aumentó durante el almacenamiento cuando se añadió *Arthrospira platensis*. Sin embargo, durante el almacenamiento de todas las muestras de queso semicurado, la supervivencia de *Lactobacillus acidophilus* se situó por encima de 10^7 ufc/g.

pH

Al evaluar el pH durante el almacenamiento, en el día 1 no se obtuvo diferencias significativas ($F_{3,16}=2,00$; $p>0,1546$) y 30 días ($F_{3,16}=0,60$; $p>0,6224$), mientras que se encontraron diferencias significativas en los días 15 ($F_{3,16}=3,29$; $p<0,0001$) y 45 días ($F_{3,16}=,49$; $p<0,0087$).

Tabla 14

Promedio \pm error estándar de pH en las muestras de queso semi maduro bajo tres dosis de Arthrospira platensis durante el almacenamiento

Tratamiento	Día 1	Día15	Día 30	Día 45
T0	5,25 \pm 0,04 a	5,21 \pm 0,02 a	5,26 \pm 0,04 a	5,22 \pm 0,03 a
T1	5,27 \pm 0,03 a	5,31 \pm 0,04 b	5,29 \pm 0,04 a	5,21 \pm 0,03 a
T2	5,27 \pm 0,03 a	5,33 \pm 5,04 b	5,30 \pm 0,06 a	5,25 \pm 0,04 ab
T3	5,30 \pm 0,03 a	5,33 \pm 5,02 b	5,29 \pm 0,06 a	5,28 \pm 0,02 b

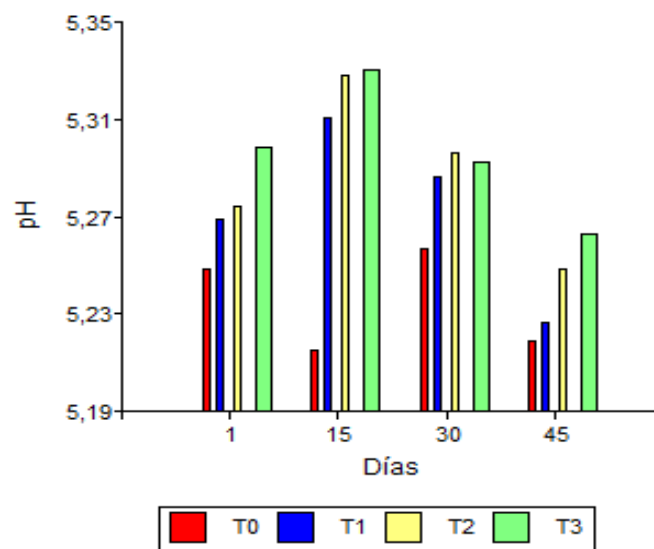
Nota: Testigo 0 % de *Arthrospira platensis*; T1 con dosis de *Arthrospira platensis* de 0,3 %; T2 con dosis de *Arthrospira platensis* de 0,5 %; T3 con dosis de *Arthrospira platensis* de 0,8 %. Medias con letras distintas presentan diferencias significativas.

La figura 8 muestra los valores de pH de las muestras de queso semi maduro durante 45 días de almacenamiento. El tratamiento T3 con 0,8% *Arthrospira platensis* tenía valores de

pH significativamente más alta que los otros tratamientos al principio del almacenamiento. Tras 15 días de almacenamiento, los valores de pH de las muestras que contenían *Arthrospira platensis* (0,3%; 0,5% y 0,8%) aumentaron. A continuación, el pH de las muestras con *Arthrospira platensis* disminuyó al final del almacenamiento, pero fueron mayores que el control. Estos valores se encuentran dentro de la norma dispuesta por el INEN (2011), que menciona que debe existir un valor mínimo de 5,2 en pH.

Figura 8

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



Nota: El gráfico representa el pH donde se observa la disminución de cada tratamiento.

Según Pamuksuz, *et al.* (2020) El pH es un factor que afecta significativamente la viabilidad y el desarrollo de los probióticos y las propiedades texturales finales del queso. Bolaños (2015) describió que al principio almacenamiento el pH puede ir de 5 a 5,2 y luego los valores de pH de las muestras con *Arthrospira platensis* aumentaron tras 15 días lo que puede

estar relacionado que en el proceso de maduración el pH tiende a subir debido al consumo de ácido láctico y la formación de compuestos alcalinos. Además, Golmakani, *et al.* (2019) señalaron que la espirulina tiene un carácter alcalino y puede impulsar el crecimiento de bacterias probióticas y aumentar la producción de ácido láctico, también destacaron que *Arthrospira platensis* tiene un efecto amortiguador causada por los componentes que lo integran.

Posteriormente, el pH de las muestras descendió, por lo que, Beheshtipour, *et al.* (2012) describieron que la caída lenta del pH puede ser debido a una mayor capacidad amortiguadora de las muestras que contenían *Arthrospira platensis* esto debido al considerable enriquecimiento de proteínas, péptidos y aminoácidos cuando se añadía esta microalga al queso y además estimulaba la tasa de acidificación por parte de las bacterias porque se inhiben considerablemente más tarde.

Además Sözeri, *et al.* (2021) demostraron que la fuerte caída en el pH causa un impacto en la caída en las bacterias probióticas. Resultados similares obtuvieron Mocanu, *et al.* (2013) quienes demostraron que el yogur que contenía espirulina tenía un pH más altos que la muestra control durante 28 días.

Acidez titulable

Al no cumplir con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se consideró necesario utilizar la prueba de Kruskal – Wallis, método no paramétrico en el análisis de varianza.

El análisis de Kruskal Wallis presento diferencias significativas entre los tratamientos para el día 1 (H= 17,37; p= 0,0021), 15 días (H= 17,06; p= 0,0007), 30 días (H= 17,86; p= 0,0005) y 45 días (H= 15,97; p= 0,0011) como se puede observar en la Tabla 12.

Tabla 15

Análisis no paramétrico Kruskal Wallis para la variable acidez utilizada durante el almacenamiento.

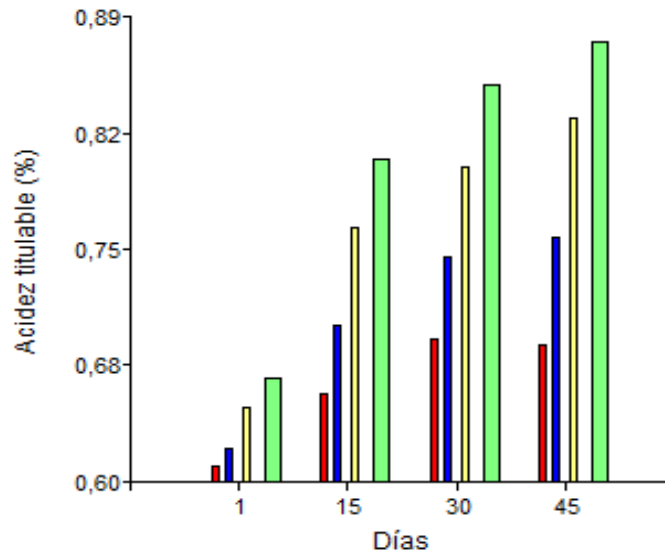
Día	Tratamiento	Media	D.E	H	P
1	T0	0,61	0,01	14,37	0,0021
	T1	0,62	0,01		
	T2	0,65	0,02		
	T3	0,67	0,02		
15	T0	0,66	0,02	17,06	0,0007
	T1	0,70	0,02		
	T2	0,76	0,02		
	T3	0,80	0,03		
30	T0	0,69	0,01	17,86	0,0005
	T1	0,74	0,01		
	T2	0,80	0,01		
	T3	0,85	0,01		
45	T0	0,69	0,01	15,97	0,0011
	T1	0,75	0,02		
	T2	0,83	0,05		
	T3	0,87	0,01		

Nota: Testigo 0 % de *Arthrospira platensis*; T1 con dosis de *Arthrospira platensis* de 0,3 %; T2 con dosis de *Arthrospira platensis* de 0,5 %; T3 con dosis de *Arthrospira platensis* de 0,8 %. Medias con letras distintas presentan diferencias significativas, D.E.= Desviación estándar, H= Estadístico de prueba para la prueba de Kruskal-Wallis, p=probabilidad asociada al modelo.

En la figura 9, muestra los valores de acidez durante el almacenamiento. Los tratamientos con (0,3%; 0,5% y 0,8%) *Arthrospira platensis* en los quesos aumento la acidez al principio del almacenamiento. Después de los 15 días tuvieron un aumento significativamente en comparación que el control. El tratamiento T3 con 0,8% fue superior al tratamiento T1 y T2

Figura 9

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



Nota: El grafico representa la acidez titulable donde se observa los incrementos de cada tratamiento.

La acidez titulable se refiere al efecto de las bacterias en la descomposición de la lactosa en ácido láctico. La acidez afecta el sabor, así como 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). La acidez titulable de las muestras de queso con espirulina se encontró más alta que las muestras control, durante el periodo de almacenamiento. Esto concuerda con Sözeri, *et al.* (2021) quienes informaron que la acidez de las muestras en Kéfir fortificadas era mayor que la de las muestras de control y Mocanu, *et al.* (2013) evaluaron la influencia de la *Arthrospira platensis* en yogurt, donde se registraron valores altos de acidez con dosis de 0,1 %. Una posible explicación de esto puede ser el efecto positivo de las microalgas que son utilizadas por las bacterias para generar condiciones ácidas. Gutiérrez, *et al.* (2015) demostraron que el

aumento de la acidez se debió a la presencia de los grupos ionizantes de las proteínas, como lo son los carboxilos de los ácidos aspártico y glutámico que se encuentran en la espirulina.

Análisis sensorial

Tabla 16

*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. Los tratamientos con dosis de *Arthrospira platensis* poseían una capacidad sensorial más débil para los parámetros de color y sabor en comparación al control, pero tenían una buena aceptación en los parámetros olor y textura (Tabla 14).

En el parámetro de color se observa que la muestra T3 obtuvo el mejor rango entre los tratamientos con *Arthrospira platensis*. El producto se presentó con un color verde intenso, por lo cual fue percibida como un atributo agradable por los participantes. 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, además la coloración podría resultar del pardeamiento enzimático

y no enzimático durante la liofilización de la espirulina. Según Robertson, *et al.* (2016) las clorofilas son pigmentos liposolubles de color verdosos y recomienda que los pigmentos de *Arthrospira platensis* pueden usarse para preparar colorantes naturales en productos lácteos y además son productos no químicos que son seguros.

La aceptabilidad del olor de los quesos semi maduros con *Arthrospira platensis* fue percibida como un atributo agradable por parte de los participantes añadiendo que el olor de las muestras con *Arthrospira platensis* era propio de los quesos. Lo que no concuerda con, Bosnea, *et al.* (2020) que reportaron la presencia de olor a algas en las muestras de queso y mencionaron que el olor es menos intenso a dosis bajas. Además 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.

En el sabor la adición de *Arthrospira platensis* del 0,8% fue percibida como un atributo desagradable en comparación con la adición al 0,3%. Eso concuerda con lo reportado por Beheshtipour, *et al.* (2012) que la dosis de 1% adicionado al yogur tuvo el porcentaje más bajo en la aceptación del producto. Por su parte 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 que se presentan en cantidades considerables, así como diferentes minerales que no solo actúan como prooxidantes, pero también podrían producir gustos metálicos desagradables.

Adicionalmente, la aceptabilidad de la textura de los quesos semi maduros con espirulina fue percibida como un atributo agradable por parte de los participantes. Guimarães, *et al.* (2020) indican que la textura es una propiedad esencial del queso y es muy apreciado por los consumidores. Anchundia, *et al.* (2019) determinaron que para obtener una textura aceptable el pH debe ser superior a 4,7. 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. Por lo tanto, el uso de la microalga mejora las propiedades texturales del queso.

Análisis Bromatológico

Tabla 17

*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

Nota. Porcentajes de proteína, grasa y ceniza del queso semi maduro.

La Tabla 13, muestra los resultados del análisis bromatológico de queso semi maduro con y sin espirulina. Comparando los resultados obtenidos para proteína, grasa total, ceniza y humedad, se puede observar el contenido de la muestra proveniente del T3 con 0,8% aumento en comparación con el tratamiento control. El contenido encontrado en proteína y grasa total hubo diferencias entre tratamientos, los mayores contenidos fueron en el T3 con 23,77% y 31,7% respectivamente. Las normas INEN establecen valores mínimos de proteína de 18% y grasa total en 20%, por lo cual las muestras en este estudio cumplieron con estos parámetros. Por otro lado, la Norma INEN 1528 (2012) hace una clasificación en base al contenido de grasa total, por lo cual el queso puede ser clasificado como semi graso o bajo en grasa ya que contiene valores superiores 20 % y menores que 45% de grasa.

Tal observación es similar a la de Akalın, *et al.* (2009) quienes demostraron que la adición de espirulina al yogurt incrementa el contenido proteico. Golmakani, *et al.* (2019) comprobaron el efecto en dosis de 1 % de espirulina en el queso griego, lo que resultó en un mayor contenido de proteínas y de acuerdo con Beheshtipour, *et al.* (2013) señalan que la

espirulina es una excelente fuente de proteína. Además, explica que su adición debe hacerse a los 38°C, para evitar el proceso de desnaturalización de la proteína.

En referencia a la grasa total, está constituido por ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados. No obstante, el contenido de grasa tiene importancia en la calidad sensorial del queso, particularmente sobre la textura y el sabor, parámetros que normalmente se ven afectados negativamente al reducir la grasa, Brito, *et al.* (2011). Este parámetro es similar a los obtenidos por Tri, *et al.* (2016) mencionan que el uso de espirulina en queso fresco y helados logró un aumento significativo en el contenido de grasa total.

Los resultados en los parámetros de ceniza, presentó diferencias entre tratamientos. Por otro lado, el contenido de humedad fue diferente para las muestras con y sin espirulina, siendo la muestra que contiene mayor cantidad de humedad el T3 con 54,2%. En este aspecto se puede considerar a estos quesos en la categoría de semi maduros ya que contiene valores de humedad superior 50% y menor 60%, INEN (2022).

Balogun, *et al.* (2016) mencionan que el alto contenido de humedad, son un efecto de la vida útil y almacenamiento del producto, debido al incremento de la posibilidad de pérdida del agua de hidratación de las proteínas cuando no se utiliza refrigeración, lo cual conlleva a la pérdida de firmeza del queso.

Mientras que el contenido de ceniza fue ligeramente mayor a los indicados por, Golmakani, *et al.* (2019) quienes informaron el contenido de cenizas al principio y al final del almacenamiento del queso griego y que la adición de espirulina contiene un alto porcentaje de ceniza. Se señala que el principal componente de esta determinación es el calcio.

Tabla 18

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
	(kcal)	695,0	208,5	718,2	215,5
Energía	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

Nota: Autoría propia

Para la comparación del contenido nutricional se tomó en cuenta al T0 control y el T3 con 0.8% *Arthrospira platensis* debido a que tuvo mayor preferencia; por lo cual se presenta los siguientes resultados (Tabla 14):

El contenido de carbohidratos se encontró un aumento en el T3 con 53,7 g en comparación con el control con 51,8 g. La normativa nacional no establece valores de referencia para el contenido total de carbohidratos. Se observaron diferencias en cuanto al contenido de energía, siendo la muestra T3 la que proporciono el mayor contenido energético (695 kcal/100g). Esto es similar a lo informado por Anchundia, *et al.* (2019) con 684,92 kcal/100g. Los valores de energía son similares a los registrados por GABA del Ecuador en el 2018.

Las Guías en Alimentación desarrollados por la mayoría de las organizaciones nacionales e internacionales recomiendan una ingesta diaria de 2 a 4 porciones de productos lácteos, incluyendo leche, yogur, queso y otros derivados, dependiendo de la edad y condición de cada grupo. Se recomiendan de 3 a 4 porciones por día para mujeres embarazadas, mujeres lactantes, jóvenes y ancianos. Sin embargo, el consumo suele estar por debajo de los

niveles recomendados, lo que se asocia a diversos trastornos nutricionales y de salud. La porción de queso semicurado o curado es de alrededor de los 30 g, GABA (2018).

Los valores de macronutrientes encontrados en este estudio indican que el queso semi maduro con *Arthrospira platensis* es una buena fuente rica de proteínas, grasas, carbohidratos y energía ya que los valores reportados son mayores al queso sin espirulina.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La utilización de una dosis de 0,8% de *Arthrospira platensis* en el queso semi maduro, mostró 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.

BIBLIOGRAFÍA

- Akalın, A., Ünal, G. & Dalay, M. (2009). Influence of *Spirulina platensis* biomass on microbiological viability in traditional and probiotic yogurts during refrigerated storage. *Italian Journal of Food Science*, 21(3), 357-364.
https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/288716971_Influence_of_Spirulina_platensis_biomass_on_microbiological_viability_in_traditional_and_probiotic_yogurts_during_refrigerated_storage
- Álvarez, E. (2011). *Efecto del lactobacillus casei atcc sobre el escherichia coli durante la vida comercial del queso fresco* [Tesis pregrado]. Universidad Nacional de Callao, La Concepción, Chile. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12952/419>
- Anchundia, L., Jácome, C., Domínguez, F. & Torres, F. (2019). Evaluación nutricional y fisicoquímica del queso amasado fabricado en la provincia del Carchi, Ecuador. *Revista Base de la Ciencia*, 4(3), 55-66.
https://doi.org/https://doi.org/10.33936/REV_BAS_DE_LA_CIENCIA.V4I3.1857
- Anjum, N., Maqsood, S., Masud, T., Ahmad, A., Sohail, A. & Momin, A. (2014). *Lactobacillus acidophilus*: Characterization of the Species and Application in Food Production. *Food Science and Nutrition*, 54(9), 241–1251.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10408398.2011.621169>
- Balogun, M., Kolawole, F., Adebisi, T. & Ogunleye, O. (2016). Effect of fortification of fresh cow milk with coconut milk on the proximate composition and yield of warankashi, a traditional cheese. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 8(1), 10-14.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17508/CJFST.2016.8.1.02>
- Barkallah, M. D., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M., Fendri, I., Attia, H. & Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and

- sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *Food Science and Technology*, 84(1), 323-330. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.071>
- Bchir, B., Felfoul, I., Bouaziz, M., Gharred, T., Yaich, H., Noumi, E. & Attia, H. (2019). Investigation of physicochemical, nutritional, textural, and sensory properties of yoghurt fortified with fresh and dried Spirulina (*Arthrospira platensis*). *International Food Research Journal*, 26(5), 1565-1576.
[http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20\(05\)%202019/17.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/26%20(05)%202019/17.pdf)
- Beheshtipour, H., Mortazavian, A., Mohammadi, R., Sohrabvandi, S. & Khosravi, K. (2012). Effects of *Chlorella vulgaris* and *Arthrospira platensis* addition on viability of probiotic bacteria in yogurt and its biochemical properties. *European Food Research and Technology*, 235(4), 719-728. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00217-012-1798-4>
- Beheshtipour, H., Mortazavian, M. & Mohammadi, S. (2013). Supplementation of spirulina platensis and chlorella vulgaris algae into probiotic fermented milks. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(2), 144-154.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1541-4337.12004>
- Blaiotta, G., Murru, N., Cerbo, A., Succi, M., Coppola, R. & Aponte, M. (2017). Commercially standardized process for probiotic “Italice” cheese production. *LWT - Food Science and Technology*, 79(1), 601-608. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/J.LWT.2016.11.008>
- Bolaños, A. (2015). *Elaboración de queso semi-maduro tipo andino utilizando bacterias probióticas (Bifidobacterium spp.)* [Título pregrado]. Universidad Técnica Equinoccial, Quito, Ecuador. Obtenido de
<http://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/handle/123456789/14290>
- Bosnea, L., Terpou, A., Pappa, E., Kondyli, E., Mataragas, M., Markou, G. & Katsaros, G. (2020). Incorporation of *Spirulina platensis* on Traditional Greek Soft Cheese with Respect to Its Nutritional and Sensory Perspectives. *Proceedings of the 1st International*

Electronic Conference on Food Science and Functional Foods, 70(1), 99.

https://doi.org/https://doi.org/10.3390/FOODS_2020-07600

Brito, C., Navarrete, C., Schöbitz, R. & Horzella, M. (2011). Viabilidad y efectos del probiótico *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei* en queso gauda semidescremado chileno.

Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 61(4), 414-422.

[http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000400011&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

[06222011000400011&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222011000400011&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

Cadena, M. (2022). *Plan de negocios para la creación de una microempresa productora de quesos semi maduros en la provincia del Carchi* [Tesis posgrado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Obtenido de

<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/12118#.Y3fIMMFtmz8.mendeley>

Caire, G., Parada, J., Zaccaro, M. & Cano, M. (2000). Effect of *Spirulina platensis* biomass on the growth of lactic acid bacteria in milk. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 16(6), 563-565.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1023/A:1008928930174/METRICS>

Cangas, R., Llavona, A., Lopez, P., Aguirre, S. & Monzón, A. (2019). Desarrollo de un queso fresco con cultivos probióticos e ingredientes vegetales. *Tecnología Química*, 39(1), 57-72. <https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.1590/2224-6185.2019.1.%x>

Castro, L. & Ovetto, C. (2006). Probióticos: utilidad clínica. *Colombia Médica*, 37(4), 308-314.

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95342006000400009&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

[95342006000400009&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95342006000400009&lng=en&nrm=iso&tlng=es)

Çelekli, A., Alslibi, Z. & Bozkurt, H. (2020). Boosting effects of *Spirulina platensis*, whey protein, and probiotics on the growth of microflora and the nutritional value of ayran. *Engineering Reports*, 2(9), 22-35. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ENG2.12235>

- Chacón, A. & Pineda, L. (2009). Características, químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 297-309.
<https://doi.org/https://doi.org/10.15517/am.v20i2.4946>
- Escobar, G. & Suárez, G. (2016). *Evaluación de la viabilidad del queso fresco obtenido a partir de leche entera de cabra empleando un microorganismo probiótico como el lactobacillus acidophilus* [Tesis pregrado]. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/18098>
- FAO. (2006). *Probióticos en los alimentos Propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2016042233>
- FAO. (2019). *Producción y productos lácteos: El desarrollo del sector lechero*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/dairy-production-products/socio-economics/dairy-development/es/>
- FAO. (2020). *Producción y productos lácteos: Tipos y características*. Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura.: <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/tipos-y-caracteristicas/es/>
- Fernández, A., Alvítez, E. & Truxillense, H. (2019). Taxonomía e importancia de “spirulina” *Arthrospira jenneri* (Cyanophyceae: Oscillatoriaceae). *Arnaldoa*, 26(3), 1091-1104.
<https://doi.org/https://doi.org/10.22497/arnaldoa.263.26316>
- Flores, F., Khandual, S. & Ramírez, I. (2017). Cytotoxic effect of Spirulina platensis extracts on human acute leukemia Kasumi-1 and chronic myelogenous leukemia K-562 cell lines. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(1), 14-19.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.10.011>
- GABA. (2018). *Documento Técnico de las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos (GABA) del Ecuador*. <https://lodijeron.files.wordpress.com/2018/10/guias-alimentarias-ecuador-2018.pdf>

- García, B. (2020). *Queso Semicurado e Información Nutricional*. FatSecret Platform API:
<https://www.fatsecret.es/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/garc%C3%ADa-baquero/queso-semicurado/100g>
- Gioffre, P. (2022). *¿Cuál es el origen del queso?* Lácteos : <https://www.lacteoslatam.com/cuales-el-origen-del-queso/>
- Golmakani, M., Soleimani, S., Alavi, N., Nazari, E. & Eskandari, M. (2019). Effect of Spirulina (Arthrospira platensis) powder on probiotic bacteriologically acidified feta-type cheese. *Journal of Applied Phycology*, 31(2), 1085-1094.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10811-018-1611-2>
- Guillen, J., Calvillo, A., Mosqueda, J., Rodríguez, A. & Jaramillo, F. (2020). Espirulina un suplemento alimenticio como posible alternativa en el control de peso. Un estudio con ratas Wistar. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 11(1), 49-56.
<https://doi.org/https://doi.org/10.36610/J.JSARS.2020.110100049>
- Guimarães, J., Balthazar, C., Silva, R., Rocha, R., Graça, J., Esmerino, E. & Cruz, A. (2020). Impact of probiotics and prebiotics on food texture. *Current Opinion in Food Science*, 33(1), 38-44. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/J.COFS.2019.12.002>
- Gutiérrez, G., Fabila, L. & Chamorro, G. (2015). Aspectos nutricionales y toxicológicos de Spirulina (Arthrospira). *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 34-40.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3305/NH.2015.32.1.9001>
- Gutiérrez, K. (2022). *Adición de microorganismos probióticos en la elaboración de queso fresco*. [Tesis pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Institucional de UNALM. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4402>
- Heller, K. (2001). Probiotic bacteria in fermented foods: product characteristics and starter organisms. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 374-378.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1093/AJCN/73.2.374S>

- Hernández, H., Nuñez, M., Prista, C. & Raymundo, A. (2022). Innovative and Healthier Dairy Products through the Addition of Microalgae. *Foods*, 11(5), 755.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/FOODS11050755>
- Hernández, J. (2021). Espirulina como producto natural con potencialidades para su empleo en pacientes con diabetes mellitus. *Revista Cubana de Endocrinología*, 32(1), 1-21.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-29532021000100009&lng=es&tIng=es.
- INEN. (1998). *Determinación de solidos totales y cenizas - INEN 14*. Instituto Ecuatoriano de Normalización: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/14.pdf>
- INEN. (1998). *Determinación del contenido de grasa - INEN 64*. Instituto Ecuatoriano de Normalización: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/64.pdf>
- INEN. (2012). *Norma general para los quesos frescos no madurados 1528*. Instituto Ecuatoriano de Normalización:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1528.pdf>
- INEN. (2019). *Determinación de contenido de nitrógeno. Método Kjeldahl - INEN 16*. Instituto Ecuatoriano de Normalización: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte-inen-16-2.pdf>
- INEN. (2022). *Determinación del contenido de humedad- INEN 63*. Instituto Ecuatoriano de Normalización: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/63.pdf>
- Isolauri, E., Salminen, S. & Ouwehand, A. (2004). Probiotics. *Best Practice & Research Clinical Gastroenterology*, 18(2), 299-313.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/J.BPG.2003.10.006>
- Jaramillo, E. (2020). *Efecto de la adición de extractos antociánicos de mora de castilla (Rubus glaucus B.) y fresa (Fragaria x ananassa W.) sobre la capacidad antioxidante y aceptabilidad organoléptica en queso semi-maduro* [Tesis pregrado]. Universidad de la

- Fuerzas Armadas - ESPE, Sangolqui, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/22056>
- Johnston, T., Byard, C., Salvatierra, A., Meneses, R., y Heredia, M. (2015). Probióticos. *Archivos Venezolanos de Puericultura y Pediatría*, 78(4), 123-128. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06492015000400006&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Malpartida, R., Aldana, L., Sánchez, K., Gómez, L. & Lobo, J. (2022). Nutritional value and bioactive compounds of spirulina: Potential food supplement. *Ecuadorian Science Journal*, 6(1), 42-51. <https://doi.org/https://doi.org/10.46480/esj.6.1.133>
- Mazinani, S., Fadaie, V. & Khosravi, K. (2015). Viability of *Lactobacillus acidophilus* in Sinbiotic Ultrafiltration White Cheese Containing Powdered *Mentha longifolia* L. and *Spirulina platensis*. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*, 9(4), 109-116. <http://nsft.sbm.ac.ir/article-1-1546-en.html>
- Mocanu, G., Botez, E., Viorela, O., Georgeta, D. & Vlăsceanu, G. (2013). Influence of *Spirulina platensis* biomass over some starter culture of lactic bacteria. *Journal of Agroalimentary Processes and*, 19(4), 474-79. [https://journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/14215L75_Vol_19\(4\)_2013_474-479.pdf](https://journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/14215L75_Vol_19(4)_2013_474-479.pdf)
- Muñoz, L. (2019). El impacto de la Espirulina en la alimentación Humana. *Ingeniería al Día*, 7(1), 28-30. http://revistaingenieriaaldia.ucentral.cl/rev_7/art_4.pdf
- Naranjo, J. (2016). *Efecto de los probióticos Lactobacillus acidophilus y Bifidobacterium bifidum en las características físicoquímico y sensoriales de queso Cheddar Zamorano* [Tesis pregrado]. Escuela Agrícola Panamericana, San Antonio, Honduras. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/items/1b76abb2-f2ef-44ec-bc8f-70db4b7c74cf>
- Oliveira, G. & González, I. (2007). Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutrición Hospitalaria*, 22(1), 26-34. <https://scielo.isciii.es/pdf/nh/v22s2/fisiologia4.pdf>

- Pamuksuz, T., Bulduk, K. & Ozturk, M. (2020). Effect of packing pH values on the crumbliness of fresh Turkish White cheese. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 9860-9867.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3168/JDS.2020-18610>
- Parada, J., Zulpa de Caire, G., Zaccaro de Mule, M. & Storni de Cano, M. (1998). Lactic acid bacteria growth promoters from *Spirulina platensis*. *International Journal of Food Microbiology*, 45(1), 225-228. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0168-1605\(98\)00151-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/s0168-1605(98)00151-2)
- Raczyk, M., Polanowska, K., Kruszewski, B., Grygier, A. & Michałowska, D. (2022). Effect of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) Supplementation on Physical and Chemical Properties of Semolina (*Triticum durum*) Based Fresh Pasta. *Molecules*, 27(2), 1-13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/molecules27020355>
- Ramírez, C. & Vélez, J. (2016). Aislamiento, Caracterización y Selección de Bacterias Lácticas Autóctonas de Leche y Queso Fresco Artesanal de Cabra. *Información Tecnológica*, 27(6), 115-128. <https://doi.org/https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000600012>
- Robertson, R. G., Guihéneuf, F., Stengel, D., Ross, P., Fitzgerald, G., Kerry, J. & Stanton, C. (2016). An assessment of the techno-functional and sensory properties of yoghurt fortified with a lipid extract from the microalga *Pavlova lutheri*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 37(1), 237-246.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2016.03.017>
- Rosero, Á. & Guacalés, E. (2013). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de quesos maduros y semi maduros en la provincia del Carchi sector El Carmelo* [Título pregrado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2269>
- Sandoval, D. (2017). *Evaluación del crecimiento de espirulina (*Arthrospira platensis*) mediante alternativas de fertilización orgánica e inorgánica y su masificación en condiciones de campo en la Hda. El Prado* [Tesis pregrado]. Universidad de la Fuerzas Armadas -

- ESPE, Sangolqui, Ecuador. Obtenido de
<http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/14508>
- Sera, R. & García, M. (2017). La increíble espirulina. *Medimay*, 24(1), 75-77.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.7987/full>
- Seyidoglu, N., Galip, N., Budak, F. & Uzabaci, E. (2017). The effects of *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) and *Saccharomyces cerevisiae* on the distribution and cytokine production of CD4+ and CD8+ T-lymphocytes in rabbits. *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 49(3), 185-190. <https://doi.org/https://doi.org/10.4067/S0719-81322017000300185>
- Singh, T., Drake, M. & Cadwallader, K. (2003). Flavor of Cheddar Cheese: A Chemical and Sensory Perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2(4), 166-189. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/J.1541-4337.2003.TB00021.X>
- Sözeri, D., Gürbüz, B., Bölük, E. & Palabıyık, I. (2021). Development of vegan kefir fortified with *Spirulina platensis*. *Food Bioscience*, 42(1), 101-105.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/J.FBIO.2021.101050>
- Topculinario. (2022). *Queso semicurado - Valores nutricionales y calorías del queso semicurado (genérico)*. <https://topculinario.com/dc-117,queso-semicurado.html>
- Tri, A., Widodo, M., Meinny, S. & Sootawat, B. (2016). Application of *Spirulina platensis* on ice cream and soft cheese with respect to their nutritional and sensory perspectives. *Jurnal Technology*, 78(1), 245-251.
<https://doi.org/https://doi.org/https://doi.org/10.11113/jt.v78.8216>
- USDA. (2019). *Central de datos de alimentos - Espirulina*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170495/nutrients>
- Varga, L., Szigeti, J., Kovács, R., Földes, T. & Buti, S. (1999). Effect of a *Spirulina platensis* biomass and that of its active components on single strains of dairy starter cultures.

Milchwissenschaft Science International, 54(4), 187-190.

https://doi.org/https://jglobal.jst.go.jp/en/detail?JGLOBAL_ID=200902168161156124

Varga, L., Szigeti, J. & Ordog, V. (2002). Influence of a *Spirulina platensis* Biomass on the Microflora of Fermented ABT Milks During Storage (R1). *Journal of Dairy*, 85(5), 1031-1038. [https://doi.org/https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(02\)74163-5](https://doi.org/https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(02)74163-5)

Zambrano, C. (2010). *Elaboración de queso fresco con la utilización de un fermento probiótico (Lactobacillus Acidophilus)* [Tesis pregrado]. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1929>