



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**“DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE ALGINATO
DE SODIO EN LA OBTENCIÓN DE ENCAPSULADOS DE
FRUTOS ROJOS.”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA: SILVIA JANNETH LEMA GUAMAN

DIRECTORA: Bqf. SANDRA ELIZABETH LÓPEZ SAMPEDRO Mg.

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Silvia Janneth Lema Guaman

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Silvia Janneth Lema Guaman, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 12 de Julio de 2024



Silvia Janneth Lema Guaman

CI. 0605740281

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, “**DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE ALGINATO DE SODIO EN LA OBTENCIÓN DE ENCAPSULADOS DE FRUTOS ROJOS.**”, realizado por la señorita: **SILVIA JANNETH LEMA GUAMAN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Luis Fernando Arboleda Álvarez, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2024-07-12
Bqf. Sandra Elizabeth López Sampedro, Mg. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-07-12
Dr. Juan Marcelo Ramos Flores, MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2024-07-12

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme fuerza, entendimiento para alcanzar tan importante logro en mi vida, a mis padres Ángel Lema y Lorenza Guaman, quienes con su apoyo incondicional y gran esfuerzo me motivaron a nunca rendirme y seguir adelante para cumplir mi sueño de ser una profesional, a mi hermana Dayana quien con su apoyo y motivación me ayudo a sobresalir en situaciones difíciles, a mi hija Damarys que es el pilar fundamental en mi vida, que ha sido la inspiración detrás de cada esfuerzo, a mis ángeles del cielo Ilario, Carmen, Rosa y Graciela, por ultimo a toda mi familia por el apoyo que recibí de ustedes durante todo el proceso.

Silvia

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar el más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme brindado la oportunidad de ser parte de tan prestigiosa institución y formarme profesionalmente, además quiero agradecer a toda la planta de docente de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Carrera agroindustria por haberme impartido sus conocimientos a lo largo de mi preparación, a la Bqf. Sandra López y Dr. Marcelo Ramos quienes con sus conocimientos, dirección, enseñanza y colaboración me permitieron desarrollar este trabajo. Finalmente quiero expresar mi agradecimiento a mi familia por su esfuerzo y sacrificio para alcanzar mi tan preciada meta.

Silvia

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1	Planteamiento del problema.....	2
1.2	Justificación	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	3
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	4
2.1	Mora (<i>Rubus ulmifolius</i>).....	4
2.1.1	<i>Definición</i>	4
2.1.2	<i>Clasificación taxonómica</i>	4
2.1.3	<i>Características</i>	4
2.1.4	<i>Zonas productoras del país</i>	5
2.1.5	<i>Propiedades nutritivas</i>	5
2.1.6	<i>Usos industriales de la mora</i>	6
2.2	Fresa (<i>Fragaria sp</i>).....	6
2.2.1	<i>Definición</i>	6

2.2.2	<i>Clasificación taxonómica</i>	6
2.2.3	<i>Características</i>	7
2.2.4	<i>Zonas productoras del país</i>	7
2.2.5	<i>Propiedades nutritivas</i>	7
2.2.6	<i>Usos industriales de la fresa</i>	8
2.3	<i>Cereza (Prunus avium)</i>	8
2.3.1	<i>Definición</i>	8
2.3.2	<i>Clasificación taxonómica</i>	9
2.3.3	<i>Características</i>	9
2.3.4	<i>Zonas productoras del país</i>	9
2.3.5	<i>Propiedades nutritivas</i>	10
2.3.6	<i>Usos industriales de la cereza</i>	11
2.4	Encapsulación	11
2.4.1	<i>Definición</i>	11
2.4.2	<i>Recubrimientos comestibles</i>	11
2.4.3	<i>Aplicaciones de encapsulados en la industria alimentaria</i>	11
2.4.4	<i>Producción de encapsulados en Ecuador</i>	12
2.5	Alginato de sodio	12
2.5.1	<i>Definición</i>	12
2.5.2	<i>Aplicaciones</i>	12
2.5.3	<i>Estructura del alginato</i>	13
2.5.4	<i>Propiedades del alginato</i>	14
2.5.5	<i>Beneficios del alginato</i>	14
2.6	Esferificación	15
2.6.1	<i>Definición</i>	15
2.6.2	<i>Fundamentos físicos</i>	15
2.6.3	<i>Fundamentos químicos</i>	15
2.6.4	<i>Esferificación directa</i>	16
2.6.5	<i>Esferificación inversa</i>	16

2.7	Cloruro de calcio	17
2.7.1	<i>Definición</i>	17
2.7.2	<i>Aplicaciones</i>	18
2.7.3	<i>Sector alimentario</i>	18
2.8	Ácido cítrico	18
2.8.1	<i>Definición</i>	18
2.8.2	<i>Aplicaciones</i>	19
2.9	Capacidad antioxidante	19
2.9.1	<i>Fuentes naturales de los antioxidantes</i>	20
2.9.2	<i>Radicales libres</i>	20
2.9.3	<i>Compuestos fenólicos o polifenoles</i>	20
2.9.4	<i>Flavonoides</i>	21
2.9.5	<i>Antocianinas</i>	21

CAPÍTULO III

3	MARCO METODOLÓGICO	23
3.2	Localización y duración del experimento	23
3.3	Unidades Experimentales	23
3.4	Materiales, Equipos e Insumos	23
3.4.1	<i>Materia prima</i>	23
3.4.2	<i>Insumos</i>	23
3.4.3	<i>Materiales</i>	24
3.4.4	<i>Equipos</i>	24
3.5	Tratamientos y Diseño Experimental	25
3.6	Mediciones experimentales	25
3.6.1	<i>Característica fisicoquímica</i>	25
3.6.2	<i>Análisis microbiológico</i>	26
3.6.3	<i>Análisis sensorial</i>	26
3.7	Análisis estadístico y pruebas de significancia	26

3.8	Procedimiento Experimental	27
3.8.1	Formulación	27
3.8.2	Procedimiento	27
3.8.3	Flujogramas	28
3.9	Metodología de evaluación	30
3.9.1	Caracterización fisicoquímica	30
3.9.1.1	<i>pH</i>	30
3.9.1.2	<i>Densidad</i>	31
3.9.1.3	<i>Acidez titulable</i>	31
3.9.1.4	<i>Determinación de cenizas</i>	32
3.9.1.5	<i>Actividad de agua</i>	33
3.9.2	Análisis microbiológico	33
3.9.3	Análisis Sensorial	33
3.9.4	Determinación de la capacidad antioxidante	34

CAPITULO IV

4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1	Capacidad antioxidante de los extractos de frutos rojos	35
4.2	Características fisicoquímicas de los encapsulados de frutos rojos	36
4.2.1	<i>pH</i>	36
4.2.2	<i>Densidad (g/ml)</i>	37
4.2.3	<i>Acidez titulable (Ácido cítrico %)</i>	39
4.2.4	<i>Cenizas (%)</i>	40
4.2.5	<i>Actividad de agua (aw)</i>	41
4.3	Características microbiológicas de los encapsulados de frutos rojos	42
4.4	Características sensoriales de los encapsulados de frutos rojos	43
4.4.1	<i>Sabor</i>	43
4.4.2	<i>Olor</i>	44
4.4.3	<i>Color</i>	45

4.4.4	<i>Textura</i>	46
--------------	-----------------------------	-----------

CAPITULO V

CONCLUSIONES	48
---------------------------	-----------

RECOMENDACIONES	48
------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Taxonomía de la mora.....	4
Tabla 2-2: Composición nutricional de la mora	5
Tabla 2-3: Taxonomía de la fresa	6
Tabla 2-4: Composición nutricional de fresa	7
Tabla 2-5: Taxonomía de la cereza.....	9
Tabla 2-6: Composición nutricional de cereza.....	10
Tabla 3-1: Esquema del experimento.....	25
Tabla 3-2: Esquema del ADEVA.....	26
Tabla 3-3: Formulación para la obtención del extracto preparado	27
Tabla 3-4: Solución de alginato de sodio	27
Tabla 3-5: Estructura de la escala hedónica de 7 puntos.....	34
Tabla 4-1: Capacidad antioxidante de los extractos de frutos rojos	35
Tabla 4-2: Caracterización fisicoquímica de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio	36
Tabla 4-3: Caracterización microbiológica de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de alginato de sodio	42
Tabla 4-4: Caracterización sensorial de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio.....	43

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Estructura del alginato	13
Ilustración 2-2: Estructura conocida como caja de huevo	14
Ilustración 2-3: Esferificación directa	16
Ilustración 2-4: Esferificación inversa	17
Ilustración 2-5: Flavonoides. Estructura básica y tipos	21
Ilustración 3-1: Diagrama de proceso de obtención de extractos de frutos rojos	29
Ilustración 3-2: Diagrama de proceso de la obtención de encapsulados	30
Ilustración 4-1: pH de los encapsulado de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio	37
Ilustración 4-2: Densidad de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio	38
Ilustración 4-3: Acidez titulable de los encapsulado de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio	39
Ilustración 4-4: Cenizas de los encapsulado de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio	40
Ilustración 4-5: Actividad de agua de los encapsulado de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio	41
Ilustración 4-6: Valoración del sabor de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio	44
Ilustración 4-7: Valoración del olor de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio	45
Ilustración 4-8: Valoración del color de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio	46
Ilustración 4-9: Valoración de textura de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio	47

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PROCESO DE OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE FRUTOS ROJOS
- ANEXO B:** OBTENCIÓN DE ENCAPSULADOS DE FRUTOS ROJOS EN DISTINTOS NIVELES DE SOLUCIÓN DE ALGINATO DE SODIO
- ANEXO C:** ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS ENCAPSULADOS
- ANEXO D:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LOS ENCAPSULADOS
- ANEXO E:** DATOS DE LA VALORACIÓN FÍSICOQUÍMICO DE LOS ENCAPSULADOS DE FRUTOS ROJOS
- ANEXO F:** PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA VALORACIÓN FÍSICOQUÍMICA
- ANEXO G:** FORMATO DE EVALUACIÓN PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL, TEST HEDÓNICO DE 7 PUNTOS
- ANEXO H:** ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS ENCAPSULADOS DE FRUTOS ROJOS
- ANEXO I:** PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA
- ANEXO J:** DATOS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS EXTRACTOS
- ANEXO K:** PRUEBA ESTADÍSTICA DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

RESUMEN

En Ecuador existe gran variedad de productos a base de frutos rojos como; mermeladas, bebidas, yogurt entre otras. Pero una de las técnicas poco empleadas es la esferificación, una técnica utilizada para proteger, conservar y mejorar las propiedades de estos alimentos, por lo tanto, el objetivo de la presente investigación fue determinar el porcentaje óptimo de alginato de sodio en la obtención de encapsulados de frutos rojos, para lo cual se utilizaron tres tratamientos con diferentes niveles de solución de alginato de sodio (0,50%, 1,00% y 1,50%), cada una con 5 repeticiones. En el análisis estadístico se utilizó un diseño completamente al azar sujeto a un análisis de varianza (ADEVA), con separación de medias aplicando la prueba de tukey ($P < 0,05$), donde se realizaron las siguientes determinaciones físicoquímico (pH, densidad, acidez titulable, cenizas y actividad de agua), microbiológicas (Moho, Levadura y *E. coli*), análisis sensorial con una escala hedónica de 7 puntos, adicional se realizó un análisis de la capacidad antioxidante de los extractos de frutos rojos Trolox/ml de ABTS. Los resultados finales indicaron que las variables densidad y actividad de agua presentaron diferencias significativas, por efecto de los niveles de solución de alginato de sodio, considerando que los encapsulados obtenidos al 1,50% de solución de alginato de sodio, presentó mejores características, con un contenido de 1,2 g/ml de densidad, 3,85 de pH, 0,85% de acidez titulable, 0,45% de cenizas y 0,97 aw, en el análisis sensorial con una calificación entre 6 y 7 considerándose muy buena, además los 3 tratamientos presentaron ausencia de microorganismos, en cuanto a la capacidad antioxidante el extracto de mora presentó una mejor capacidad con un valor de 5395,33 Trolox/ml. Se concluye que el porcentaje óptimo de alginato de sodio es el nivel 1,50%, permitiendo obtener encapsulados estables, con una adecuada consistencia y apariencia.

Palabras clave: <ENCAPSULADOS>, <ANTIOXIDANTES>, <ESFERIFICACIÓN>, <EXTRACTOS>, <FRUTOS ROJOS>, <ALGINATO DE SODIO>.

1073-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

Ecuador has a wide variety of products based on red fruits, such as jams, beverages, and yogurt, among others. However, one of the less commonly employed techniques is spherification, a method used to protect, preserve, and enhance the properties of these foods. Therefore, this research aimed to determine the optimal percentage of sodium alginate in the encapsulation of red fruits. The methodology for this research included three treatments with different levels of sodium alginate solution (0.50%, 1.00%, and 1.50%), each with five repetitions. The statistical analysis employed a completely randomized design subjected to an analysis of variance (ANOVA), with mean separation using Tukey's test ($P < 0.05$). The physicochemical analyses included pH, density, titratable acidity, ash content, and water activity. Subsequently, the microbiological analyses included (mold, yeast, and *E. coli*), sensory analysis with a 7-point hedonic scale, and an antioxidant capacity analysis of the red fruit extracts in Trolox/ml of ABTS. The final results demonstrated that the variables of density and water activity showed significant differences due to the levels of sodium alginate solution. The resulting encapsulates with a 1.50% sodium alginate solution exhibited the best characteristics, with a density of 1.2 g/ml, a pH of 3.85, a titratable acidity of 0.85%, an ash content of 0.45%, and a water activity of 0.97. In the sensory analysis, they received ratings between 6 and 7, considered very good. The microbiological analyses for all three treatments reported the absence of microorganisms. Regarding antioxidant capacity, the blackberry extract demonstrated the best capacity with a value of 5395.33 Trolox/ml. Finally, the optimal percentage of sodium alginate is 1.50%, allowing to produce stable encapsulates with appropriate consistency and appearance.

Keywords: <ENCAPSULATES>, <ANTIOXIDANTS>, <SPHERIFICATION>, <EXTRACTS>, <RED FRUITS>, <SODIUM ALGINATE>.



Lic. Mónica Logroño B. Mgs

0602749533

1073-DBRA-UPT-2024

INTRODUCCIÓN

La encapsulación de alimentos es una técnica que consiste en encerrar un ingrediente activo en una matriz sólida o líquida y esto se hace para proteger el ingrediente activo de los factores ambientales, como: luz, oxígeno, humedad y calor (Kamel, 2023 p. 1). Esto ha venido generando mucho interés, en el año 1969, Nicholas Kurti estudió y experimentó con diferentes productos a través de transformaciones moleculares, el profesional fisicoquímico Hervé This se unió a este proyecto lo que buscaban era averiguar cómo reaccionaban los alimentos a las diferentes técnicas es así que comienzan a tratarse a la gastronomía como una ciencia y filosofía, a partir de los 80 estos dos grandes científicos empiezan a dictar talleres sobre la gastronomía molecular (Paoloni, 2018 p. 2).

Existen diferentes técnicas de cocina molecular, en la presente investigación se busca utilizar la técnica de esferificación, donde se puede convertir el alimento líquido en esferas semisólidas. Este proceso es posible gracias a algunos aditivos, como es el caso del alginato de sodio y el cloruro de calcio, que consiguen mantener el líquido dentro de una membrana de gel comestible (Ferran, 2016 p. 1). El alginato ha sido utilizado como un agente encapsulante por ser biodegradable, no tóxica y versátil que enmascara sabores y olores y mejora su estabilidad y biodisponibilidad (Pasin, 2014 p. 1).

El proceso de gelificación es una de las técnicas más eficientes para la creación del falso caviar, la utilización de alginato de sodio que es un polisacárido extraído de las algas pardas o marrones otorga la capacidad de gelificación al tener contacto con una sal cálcica. Una estrategia es la obtención de encapsulados provenientes de frutos rojos, ofreciendo al consumidor un producto nuevo con atributos sensoriales diferentes, además los extractos contienen un alto poder antioxidante, que ayuda a aumentar la vida útil del alimento y protege al organismo de los daños oxidativos provocados por los radicales libre (Herrero, 2020 p. 1). De acuerdo con lo investigado se pretende determinar el porcentaje óptimo de aginado de sodio en la obtención de encapsulados de frutos rojos con un aporte antioxidante que protegen al organismo del daño oxidativo, además pueden ser consumidos en jugos, mermeladas, cremas, yogurt etc.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Según (Merce, 2021 p. 1), los frutos rojos poseen polifenoles, compuestos bioactivos que al ponerse en contacto con las bacterias intestinales dan lugar a metabolitos con gran capacidad antioxidante. El aprovechamiento de frutos rojos con otras alternativas contribuye a consumir este producto dando un valor agregado. En Ecuador existe gran variedad de productos a base de frutos rojos como; mermeladas, bebidas, yogurt etc. Pero una de las técnicas poco empleadas es la esferificación, es una de las técnicas de cocina molecular en la que dan forma de esferas a cualquier tipo de alimento líquido, el encapsulado del extracto de frutos rojos es una de las alternativas e innovación alimentaria, que al ingerirlas estas se rompen en la boca liberando de forma explosiva todo el sabor en el interior del paladar causando en el comensal una sensación agradable. Con esta técnica consigue obtener el mismo alimento, dos texturas diferentes el sólido del exterior y el líquido del interior, un producto natural, que ayuda a mejorar los hábitos alimenticios que permite consumirlo o combinarlo con cualquier tipo de productos ya sea en repostería, bebidas lácteas, cremas, vinos etc.

1.2 Justificación

En la presente investigación se propone elaborar encapsulados, el cual es una de las alternativas de consumo poco empleadas, ya que esta contendrá antioxidantes del extracto de frutos rojos, en la actualidad los consumidores ya no exigen alimentos que satisfagan solo las necesidades nutricionales básicas, sino que desean alimentos con beneficios adicionales para la salud, de esta forma los extractos antioxidantes pueden usarse como un ingrediente en la elaboración de alimentos funcionales, y al estar encapsulados no perder sus propiedades antioxidantes. El uso de alginato de sodio para el encapsulamiento es un agente no tóxico, que enmascara sabores y olores, este proceso permite crear esferas que explotan en la boca. Por esta razón se desea determinar el porcentaje óptimo del alginato en la elaboración de encapsulados que ayudara al desarrollo de cocina molecular.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Determinar el porcentaje óptimo de alginato de sodio en la obtención de encapsulados de frutos rojos.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar la capacidad antioxidante de los extractos de frutos rojos.
- Realizar análisis fisicoquímico y microbiológico de los encapsulados obtenidos con diferentes niveles de alginato.
- Evaluar el grado de aceptabilidad de los encapsulados a través de un análisis sensorial.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.3 Mora (*Rubus ulmifolius*)

2.3.1 Definición

Se trata de un fruto que crece en arbustos de la familia de las Rosáceas, la cual incluye más de 2.000 especies de plantas herbáceas, arbustos y árboles distribuidos por las regiones templadas de todo el mundo. Botánicamente, la mora es una fruta polidrupa, es decir, está formada por pequeñas drupas dispuestas en racimo; dentro de ellas se encuentra una semilla que puede resultar molesta cuando se consumen, siendo ésta más alargada en las especies de morus y más redondeada en rubus (EROSKI, 2022 p. 1). En la actualidad existe una variedad de mora mejorada sin espinas de mejor calidad y fácil manejo del cultivo.

Es un frutal de alta demanda en el mercado por su aporte nutricional y cualidades agroindustriales, es cultivada principalmente por pequeños y medianos productores de la sierra ecuatoriana. La planta comienza a florecer a los seis u ocho meses después del trasplante, dependiendo del manejo y cuidado de la plantación, la planta presenta un período de 10 o más años de producción, la misma que aumenta a medida que crece y avanza en edad el cultivo (INIAP, 2014 p. 1).

2.1.2 Clasificación taxonómica

La mora o mora de Castilla es una planta perenne de la familia Rosaceae.

Tabla 2-1: Taxonomía de la mora

Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Magnoliopsida
Origen	Rosales
Especie	R. glaucus

Fuente: (Espinel, 2015)

Realizado por: Lema, S., 2024.

2.1.3 Características

El tamaño oscila de 1 a 3 cm según la especie, la coloración varía según la madurez del fruto, siendo inicialmente blanca verdosa pasando al rojo para convertirse finalmente en negra o púrpura

oscura. Sus hojas son de forma elíptica, oblonga entera, puntiaguda, de largo pecíolo, cara inferior más clara, alternas, con bordes enteros o discretamente dentados y ondulados (EROSKI, 2022 p. 1).

2.1.4 Zonas productoras del país

En Ecuador, la producción de mora se encuentra distribuida a lo largo de todo el callejón interandino, especialmente en las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Pichincha, Imbabura y Carchi. La provincia con mayor producción es Bolívar, aportando 34 209 t/año, lo que equivale al 39% de la producción nacional de la fruta. Esta provincia registra un rendimiento de 6.90 t/ha. La segunda provincia productora de mora es Tungurahua, aportando el 33% de la producción nacional. Además, esta provincia tiene un rendimiento de 8 t/ha que es el más alto de todas las provincias productoras (Barrera, et al., 2018 pp. 2-3).

2.1.5 Propiedades nutritivas

Tabla 2-2: Composición nutricional de la mora

Composición por 100g de porción comestible	
Calorías	43
Hidratos de carbono (g)	9,61
Fibra (g)	5,3
Potasio (mg)	162
Magnesio (mg)	20
Hierro (mg)	7
Calcio (mg)	41
Vitamina E (mg)	1,17
Vitamina C (mg)	21
Provitamina A (mcg)	13

Fuente: (Ávila, 2015 p. 13)

Realizado por: Lema, S., 2024.

Es una de las frutas que más antioxidantes aportan a nuestro organismo, al ser ricas en pigmentos naturales como las antocianinas (flavonoides) y carotenoides concretamente es rica en antocianina un potente antioxidante que ayudan a mantener a nuestro organismo protegido de los radicales libres que favorecen el envejecimiento prematuro de las células (Moreu, 2020 p. 2). La mora contiene cerca del 85% de agua y un 10% de azúcares como glucosa y levulosa.

2.1.6 Usos industriales de la mora

En el mercado internacional, la mora se comercializa como fruta de mesa y como materia prima de uso industrial. Cerca del 90% son destinadas al procesamiento y solo el 10% se consume como fruta de mesa. La mora tiene gran aceptación como consumo en frescos y procesado por su exquisito sabor y la facilidad de la agro industrialización. Su principal uso está en la fabricación de jugos, pulpas, conservas, compotas, zumos, vinos, licores, néctar y concentrados, también se utiliza en pastelerías para preparación de postres, mermeladas, jaleas (Viteri, 2009 p. 4).

La vida útil de la mora es de 3 a 5 días, por su alto contenido de agua, lo que hace muy susceptible su manejo al periodo de almacenamiento postcosecha. La fruta se debe almacenar entre 0 a 5°, para evitar la deshidratación. Su principal causa de deterior es el ataque por diferente microorganismo como; bacterias, moho, levaduras.

2.2 Fresa (*Fragaria sp*)

2.2.1 Definición

Una fresa o frutilla es una planta perenne de la familia de las rosáceas, cuyo fruto es comestible. La planta presenta tallos rastreros, con estolones, hojas vellosas y flores blancas o amarillentas. El fruto mide cerca de un centímetro de largo, es rojo, tiene sabor dulce y presenta un aroma característico (Villagrán, 2022 p. 2).

2.2.2 Clasificación taxonómica

Fragaria, llamado frecuentemente frutilla o fresa, es una variedad de plantas rastreras estoloníferas de la casta Rosaceae.

Tabla 2-3: Taxonomía de la fresa

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Subfamilia	Rosoideae
Género	Fragaria

Fuente: (Quijano, 2019)

Realizado por: Lema, S., 2024.

2.2.3 Características

La fresa es una fruta de forma cónica o casi redonda, de tamaño variable según la especie (de 15 a 22 mm de diámetro), coronada por sépalos verdes, de color rojo y con un sabor que varía de ácido a muy dulce (FEN, 2013 pp. 1-2). Son plantas herbáceas de bajo crecimiento de raíces fibrosas. Las hojas son compuestas. Las flores blancas nacen sobre tallos rastreros delgados, nudosos y con estolones. La planta crece vegetativamente mediante los estolones. La fruta es la excepción al clasificársela como un fruto compuesto por agregados poliaqueno pues la pulpa consiste en el receptáculo que se da la vuelta exponiendo a las semillas. Las fresas son de color rojo brillante, jugosas y de sabor dulce. Además, son fuente de fibra, baja en grasas saturadas e incluyen nutrientes, vitaminas y antioxidantes (Campaña, 2022 pp. 1-2).

2.2.4 Zonas productoras del país

En Ecuador la mayor producción de fresa se concentra en Pichincha con 400 hectáreas de cultivo. Seguida de Tungurahua con 240 hectáreas. En las provincias de Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura y Azuay, la producción no supera las 40 hectáreas. Las variedades de fresa más cultivadas en el país son: Diamante, Oso Grande, Monterrey y Albión, tienen textura y pesos similares, se diferencian por su tamaño (Muyulema, 2021 p. 13).

La fresa es un cultivo que se encuentra en casi todos los países del mundo. En la última década ha tenido un crecimiento interesante, ya sea por la implementación de nuevas tecnología o nuevas variedades. En Ecuador se ha implementado en los últimos años este cultivo ya que cuenta con las ideales condiciones agroclimáticas, especialmente en la región Sierra.

2.2.5 Propiedades nutritivas

Las fresas tienen un alto contenido de fibra, vitamina C, antioxidantes, potasio, ácido fólico y minerales. Es una de las frutas con un número menor de calorías.

Tabla 2-4: Composición nutricional de fresa

Valor nutricional por cada 100 g	
Carbohidratos	7.68 g
• Azúcares	4.89 g
• Fibra alimentaria	2 g
Grasas	0.3 g

Proteínas	0.67 g
Tiamina (vit. B1)	0.024 mg (2%)
Riboflavina (vit. B2)	0.022 mg (1%)
Niacina (vit. B3)	0.386 mg (3%)
Ácido pantoténico (vit. B5)	0.125 mg (3%)
Vitamina B6	0.047 mg (4%)
Ácido fólico (vit. B9)	24 µg (6%)
Vitamina C	58.8 mg (98%)
Vitamina E	0.29 mg (2%)
Vitamina K	2.2 µg (2%)
Calcio	16 mg (2%)
Hierro	0.41 mg (3%)
Magnesio	13 mg (4%)
Manganeso	0.386 mg (19%)
Fósforo	24 mg (3%)
Potasio	153 mg (3%)
Sodio	1 mg (0%)
Zinc	0.14 mg (1%)

Fuente: (Quijano, 2019)

Realizado por: Lema, S., 2024.

2.2.6 Usos industriales de la fresa

El aprovechamiento de la fresa tiene múltiples usos, son un importante insumo en la industria alimentaria como la pastelería para hacer tartas, mousses, suflés, mermeladas, jaleas, así como en la confitería, también se elaboran cápsulas de fresas brindan beneficios antioxidantes, polvo de fresa que ofrece una alta concentración de vitamina C, la ventaja de este polvo es su larga vida útil y se puede agregar en jugos y batidos (HerbaZest, 2023).

2.3 Cereza (*Prunus avium*)

2.3.1 Definición

La cereza es el fruto del cerezo, árbol de la familia de las rosáceas que alcanza hasta 20 m de altura. El fruto es una drupa de unos 2 cm de diámetro, cuyo color oscila desde el rojo claro hasta el morado oscuro (EFSA, 2013 p. 1-2). Es un fruto que puede consumirse fresco o utilizarse en la elaboración de tartas, mousses, mermeladas y compotas, generalmente las cerezas de mayor tamaño son las que tienen mejor textura y sabor.

2.3.2 Clasificación taxonómica

Tabla 2-5: Taxonomía de la cereza

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Rosales
Familia	Rosaceae
Subfamilia	Amygdaloideae
Tribu	Amygdaleae
Género	Prunus
Subgénero	Cerasus
Sección	Cerasus
Especie	P. cerasus

Fuente: (Linneo, 2015)

Realizado por: Lema, S., 2024.

2.3.3 Características

La cereza es una drupa generalmente de color rojo oscuro casi redonda, de cáscara lisa, con cabillo largo, cuyo diámetro es de unos dos centímetros, su pulpa carnosa, resulta dulce, jugosa y comestible, es el único fruto no climatérico, es decir, que si se recolecta antes de tiempo no madura fuera del árbol. Por lo tanto, se debe cosechar en el momento indicado (Campos, 2021 p. 1).

2.3.4 Zonas productoras del país

Tungurahua es una de las provincias que posee una gran reserva de este cultivo, sobre todo en los cantones Cevallos, Pillaro, Quero, Mocha, Patate y Ambato.

2.3.5 Propiedades nutritivas

La cereza es un fruto con unas cualidades medicinales y alimenticias, rica en vitaminas K, A y C, también nos aporta hierro, calcio y fósforo. Tiene un bajo contenido en grasas y cero de colesterol, su valor energético lo aportan en su mayoría, los hidratos de carbono (Fernández, 2022 p. 1).

Tabla 2-6: Composición nutricional de cereza

Valor nutricional por cada 100 g	
Carbohidratos	12.1 g
Azúcares	8.49 g
Fibra alimentaria	1.6 g
Grasas	0.30 g
Proteínas	1.00 g
Agua	86.13 g
Retinol (vit. A)	64 µg (7%)
Tiamina (vit. B1)	0.030 mg (2%)
Riboflavina (vit. B2)	0.040 mg (3%)
Niacina (vit. B3)	0.400 mg (3%)
Vitamina B6	0.044 mg (3%)
Vitamina C	10.0 mg (17%)
Vitamina E	0.07 mg (0%)
Vitamina K	2.1 µg (2%)
Calcio	16 mg (2%)
Hierro	0.32 mg (3%)
Magnesio	9 mg (2%)
Fósforo	15 mg (2%)
Potasio	173 mg (4%)
Sodio	3 mg (0%)
Zinc	0.10 mg (1%)

Fuente: (Linneo, 2015)

Realizado por: Lema, S., 2024.

El consumo de cerezas ayuda contra el envejecimiento por contener compuestos bioactivos antioxidantes como las antocianinas unas sustancias que proporcionan ese color rojizo tan característico de esta fruta y que tienen capacidad antioxidante (Campos, 2021 p.1).

2.3.6 Usos industriales de la cereza

Se pueden consumir frescas como un postre muy saludable, pero también se procesan como dulces, jarabes, pasteles, cerezas deshidratadas es considerada una forma de aprovechar un producto perecedero. Es rica en vitamina K, A y C, hierro, calcio y fosforo, tiene un bajo contenido en grasas y cero de colesterol, su valor energético lo aporta los hidratos de carbono (FINEDININGLOVERS, 2023 p. 22).

2.4 Encapsulación

2.4.1 Definición

La encapsulación es una técnica que se emplea para proteger los aditivos utilizados en la industria de alimentos, esta técnica tiene diferentes propósitos en un producto alimenticio, la conservación, disminución de la higroscopicidad, transformación de sabores líquidos a polvos, estabilidad durante el almacenamiento, mejoramiento de cualidades organolépticas y funcionales de productos alimenticios, etc. Los principales aditivos encapsulados en la industria de alimentos son: ácidos, colorantes, pigmentos, enzimas, sabores, grasas y aceites, vitaminas, minerales, sales, edulcorantes, la selección del material de recubrimiento es el paso más importante para obtener un producto encapsulado porque dependiendo de sus propiedades, se puede cumplir con los requerimientos de protección (Sandoval, et al., 2011 pp. 1-2).

2.4.2 Recubrimientos comestibles

El recubrimiento involucra la formación de una estructura del polímero, directamente en la superficie del objeto, de esta manera el recubrimiento llega a ser parte del producto y permanecen en el mismo durante su uso y consumo, están compuestos por una serie de agentes antimicrobianos que se liberan gradualmente en la superficie del alimento al que envuelven. De esta forma produce un efecto bacteriostático que impide la proliferación de bacterias, y así se consigue reducir la velocidad del crecimiento de patógenos, es decir, que se deteriore con esta técnica, se amplía la vida útil y comercial del producto garantizando la seguridad alimentaria (Solano & Beltrán, 2020 pp. 2-3).

2.4.3 Aplicaciones de encapsulados en la industria alimentaria

- ✓ **Alimentos funcionales:** Permite la creación de productos funcionales, como yogures con probióticos encapsulados que sobreviven al ácido estomacal para colonizar el intestino.

- ✓ **Bebidas enriquecidas:** Se pueden desarrollar bebidas con vitaminas y minerales que conservan su potencia a lo largo del tiempo.
- ✓ **Productos de pastelería y panadería:** La encapsulación permite incorporar ingredientes sensibles al calor, como antioxidantes y vitaminas, en productos de panadería, asegurando su estabilidad durante el horneado.

2.4.4 Producción de encapsulados en Ecuador

En Ecuador son muy pocas las empresas dedicadas a la elaboración de este tipo de producto. Una de las más importantes se fundó en Quito en el año 2017, actualmente cuenta con 6 sucursales en distintas ciudades, 4 locales en Quito, una en Santo Domingo y Manta la empresa ha tenido aceptación en bebidas frías, calientes, frutales y cremosas (Garrido, 2020 p. 20). Bubble Tea es otra de las empresas que ofrece este tipo de productos que se encuentran en Quito, Ambato, Loja, Cuenca, Manta, Portoviejo y Riobamba.

2.5 Alginato de sodio

2.5.1 Definición

El Alginato de Sodio es un polisacárido procedente de algas marrones, comúnmente la *Laminaria hyperborea* (Noruega), *Laminaria digitata* (Cantábrico), *Laminaria japonica* (China y Japón), *Macrocystis pyrifera* (aguas del Pacífico) y algunas especies de los géneros *Lessonia*, *Ecklonia*, *Durvillaea* y *Ascophyllum* (Aguirre, 2016 p. 25). Estas algas contienen de 20 a 30 % de alginato sobre su peso seco, la composición del alginato depende del desarrollo del alga. Las algas jóvenes tienen menos alginato mientras que las maduras tienen más contenido de alginato.

Es un aditivo alimentario. Aunque se puede utilizar como espesante, su papel más llamativo en la cocina moderna es el de permitirnos hacer esferificaciones, el alginato disuelto en una mezcla líquida entra en rápida reacción con otro líquido rico en calcio solidificando de manera muy rápida creando una estructura muy estable y resistente (Hurtado & Selgas, 2020 pp.2-3).

2.5.2 Aplicaciones

Las principales aplicaciones del alginato son que se utiliza como espesante, gelificante, inhibidor de sinéresis o estabilizante. Cabe mencionar que la esferificación se logra por la reacción entre alginato de sodio y una sal de calcio donde el alginato actúa como agente gelificante, al hacer esta reacción, el alginato forma una estructura helicoidal donde los iones de calcio se colocan como

puentes entre los grupos con cargas negativas del ácido gulurónico, mientras más calcio, más firme es el enlace (Aguirre, 2016 p. 26).

Espesante alimentario muy usado en la industria, tiene la característica adicional de adquirir una consistencia gelatinosa al entrar en contacto con una mezcla rica en calcio y por ello se utiliza para hacer esferificaciones ya sean directas o inversas. Entre las aplicaciones se encuentran:

- Postres y helados
- Panadería
- Comida y platos principales
- Productos lácteos
- Salsas y condimentos
- Productos procesados
- Botanas
- Repostería de chocolate
- Dulce de azúcar y golosinas
- Guarniciones y acompañamientos

El comité de expertos en aditivos alimentarios de FAO/OMS, indica que no hay un límite de Ingesta Diaria Aceptable (IDA) en cuanto al alginato de sodio, por sus características y observaciones de consumo, no presenta un riesgo de seguridad alimentaria, únicamente se debe tener en cuenta las Buenas Prácticas de Fabricación (BPF) al ser empleado.

2.5.3 Estructura del alginato

El alginato está compuesto por dos monómeros en su estructura, el ácido α - L - gulurónico (G) y el ácido β - D - manurónico (M) unidos por enlaces glucosídicos beta y alfa como se observa en la ilustración 2-1. Todas las uniones que se producen entre las cadenas de moléculas del alginato y los átomos de calcio se disponen formando una malla o membrana semirrígida.

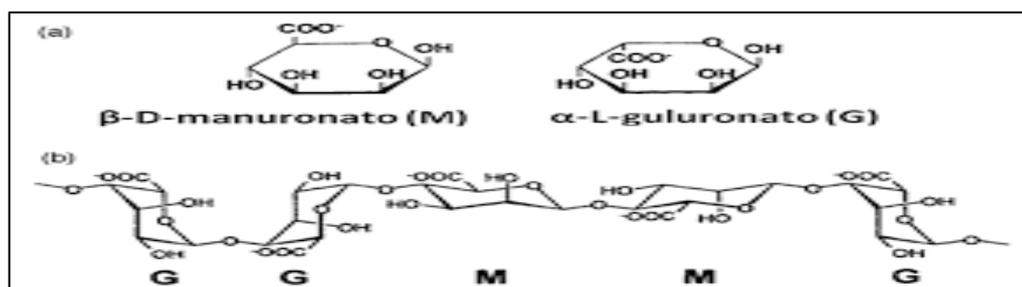


Ilustración 2-1: Estructura del alginato

Fuente: (Ayarza, 2014 p. 6)

- a) Monómeros constituyentes.
- b) Diversas formas estructurales en el polímero dependiendo de la secuencia adoptada por los monómeros.

2.5.4 *Propiedades del alginato*

Fórmula molecular $C_6H_7O_6Na$. El alginato en forma de sal de sodio, potásica o magnésica, es soluble en una solución acuosa con un pH superior a 3,5. También es soluble en una mezcla de agua y disolventes orgánicos miscibles en agua (como el alcohol), pero es insoluble en la leche debido a la presencia de calcio. El Alginato de Sodio no se disuelve en metanol, etanol, acetona y cloroformo (Méndez & Quintero, 2020. pp.3-4).

La viscosidad de las soluciones de alginato depende de la concentración, elevándose mucho a partir del 2%, y de la temperatura, disminuyendo al aumentar esta. La condensación del alginato produce un cambio químico irreversible, que está compuesto por la combinación de cadenas de alginato, con la ayuda del calcio liberado por el sulfato de calcio se forma una larga cadena de alginato de sodio (Calvo, 2016 p. 12).

En presencia de calcio, el alginato forma una estructura conocida como “caja de huevos”, donde los iones de calcio se sitúan como puentes entre los grupos con carga negativa del ácido galurónico. Como se observa en la ilustración 2-1, los cartones superiores e inferiores representan las cadenas de polisacáridos, mientras que los huevos representan a los átomos de calcio.

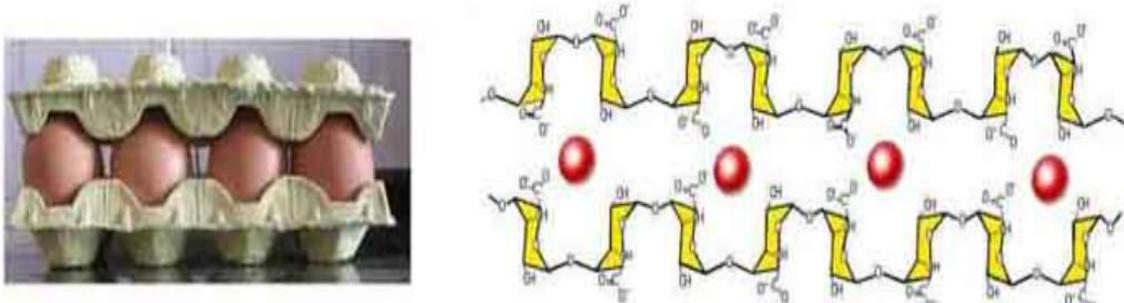


Ilustración 2-2: Estructura conocida como caja de huevo

Fuente: (Calvo, 2016)

2.5.5 *Beneficios del alginato*

Gracias a su origen marino, los beneficios del alginato son múltiples:

- Capacidad hidratante por los numerosos oligoelementos que contienen.
- Contribuyen a reafirmar y darle elasticidad.

- Limpian y reducen los poros dilatados en exceso.
- Actúan de forma más rápida y efectiva que otros productos, penetrando hasta las arrugas más pequeñas.
- Ayudan a eliminar toxinas e imperfecciones.
- Dejan una sensación de suavidad y frescor.
- Eliminan la sequedad y la descamación.
- Mejoran la circulación de la sangre entre las distintas capas de la piel. (Medina, 2017 p. 1)

2.6 Esferificación

2.6.1 Definición

La esferificación es una gelificación controlada de un líquido que sumergido en un recipiente conteniendo una solución de sales de calcio, forma pequeñas esferas con alimento líquido en su interior. Con la esferificación desea imitarse una forma, y textura, muy similar a las huevas de pescado, para que, con el encapsulamiento los sabores aparezcan repentinamente en la boca, como pueden ser vinos, zumos de frutas o verduras. El propósito de la esferificación es modificar las propiedades texturales de los alimentos para así desarrollar nuevas sensaciones en el comensal (Rivera, 2013 p. 25).

2.6.2 Fundamentos físicos

El objetivo de la esferificación es conseguir encapsular un volumen de fracción líquida por medio de una capa consolidada del mismo compuesto, la esferificación comprende dos procesos.

- Conformación del volumen líquido.
- Consolidación de la superficie del volumen, con lo cual concluye el proceso de encapsulado.

2.6.3 Fundamentos químicos

El ácido algínico es un compuesto químico en forma de polisacárido coloidal que se obtiene de forma natural de las paredes celulares de las algas pardas donde llega a tener concentraciones entre los 20 a 25% del peso seco del alga (Gutierrez, 2022 pp. 8-9). Sus sales sódicas, cálcicas y potásicas se denominan alginatos y se emplean frecuentemente en la industria de los alimentos como espesantes y emulsionantes.

2.6.4 Esferificación directa

La esferificación se lleva a cabo mezclando el líquido alimenticio con alginato de sodio y dejándolo gotear sobre una disolución fría de cloruro de calcio o carbonato de calcio. Eso quiere decir que la gelificación es hacia adentro de la esfera, por lo que en algún momento se gelificara completamente, lo ideal es consumir las esferas cuando su centro es aún líquido ya que el gel de alginato no tiene buena liberación de sabor, además la esferificación directa no es aplicable en lácteos, porque el calcio que contiene naturalmente gelifica de inmediato (Duarte & Rojas, 2022 p. 3).

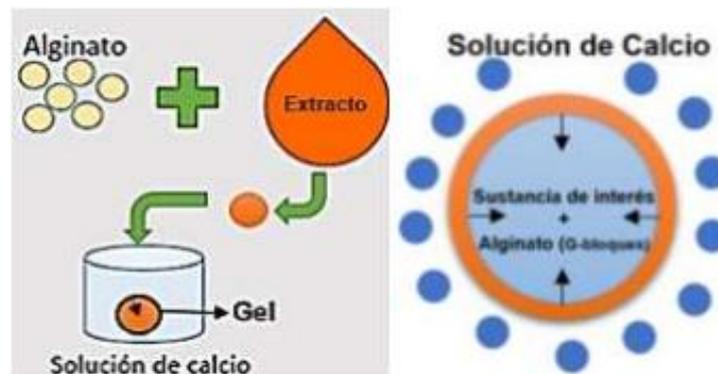


Ilustración 2-3: Esferificación directa

Fuente: (Camacho, 2018)

2.6.5 Esferificación inversa

La gelificación es hacia fuera, esto hace posible esterificar bases que contengan calcio. Si el líquido que se desea esterificar ya contiene calcio, se sumerge en una disolución de alginato para producir las esferas, pero si el líquido no posee calcio se le añade cloruro de calcio, en ambos casos lo que se obtiene es una gota de líquido contenida dentro de una delgada membrana esférica (Hernández, et al., 2021 p. 2).

La reacción se da entre las cargas parciales de las moléculas donde las cargas negativas de los ácidos manurónico y gulurónico forman enlace con la carga positiva del ion calcio. Generalmente, la gelificación forma enlaces entre dos G-bloques de moléculas distintas de alginato a través del ion calcio. Ya que los ácidos del alginato de sodio pueden reaccionar con cualquier catión divalente, es fundamental disolverlo en agua desmineralizada o tratada.

Se caracteriza por la propagación del ion calcio por medio de una mezcla compuesta por una sal cálcica y la sustancia de interés, sometida posteriormente a una solución de alginato de sodio que envuelve la sustancia a encapsular para formar un gel (Garrido, 2020 p. 15). La formación del gel

encapsulante es progresiva hacia el exterior creando una matriz protectora donde la sustancia de interés mantiene su estado líquido, este método es aplicable a líquidos acuosos, incluidos los lácteos y los ácidos el inconveniente de la esferificación inversa es que las esferas se pegan entre sí si están muy próximas.

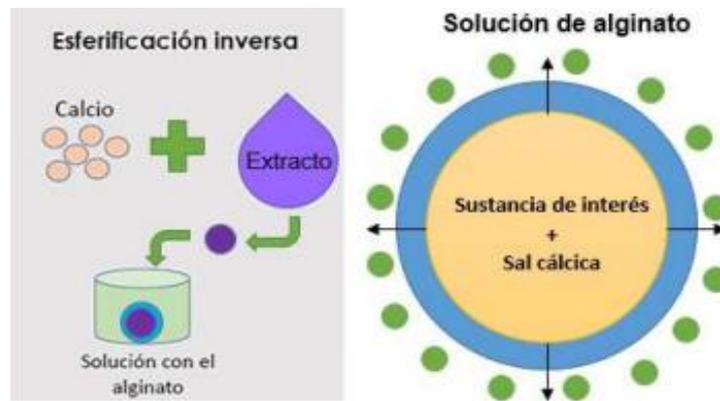


Ilustración 2-4: Esferificación inversa

Fuente: (Camacho, 2018 p. 8)

El producto obtenido es necesario colocarlas en empaques cubiertas de líquido a la misma concentración que el líquido encerrado en las esferas, esto para que el producto no sufra alteraciones.

2.7 Cloruro de calcio

2.7.1 Definición

Las sales de calcio son productos de síntesis útiles para la elaboración de una diversidad de productos de consumo, en gastronomía molecular se utilizan para hacer esferificaciones. Es sólido higroscópico granulado blanco de grado alimenticio, empleado como endurecedor, saborizante y estabilizante reacciona junto al alginato de sodio y otras sustancias lo que convierte el alimento en pequeñas bolitas (Suarez, et al., 2015 p. 7).

El cloruro de calcio se utiliza en esferificaciones directas e inversas, para la directa se prepara soluciones de cloruro mientras que en la inversa se añade un cierto porcentaje en el producto, al añadirlo directamente en el alimento puede aportar amargor, por ellos al realizar esferificaciones inversas el producto rico en calcio se come, también suele usarse el lactato de calcio en lugar de cloruro para evitar el amargor si los consumidores así lo prefieren.

2.7.2 Aplicaciones

Las aplicaciones son las siguientes:

- Conservador para alimentos
- Producción de sal de calcio
- Agente de secado
- Aditivo alimentario
- Potenciador de sabor
- Desecador
- Anticongelante
- Estabilizador
- Tratamientos de aguas residuales
- Elaboración de queso

2.7.3 Sector alimentario

Este cloruro es utilizado en las latas de bebidas y comidas que se auto calientan aprovechando el calor que desprenden, también se utilizan en las esferificaciones tan populares en la comida moderna, el cloruro de calcio es el elemento que acompaña al alginato de sódico para crear una consistencia gelatinosa (LIPLAT, 2022 p. 4).

Se utiliza en la elaboración de quesos de diferentes tipos, este elemento aporta la consistencia a la leche pasteurizada, aportando mayor resistencia a la cuajada, de igual manera se utiliza para el proceso de fermentación de la cerveza ayudando a bajar el pH del agua (LIPLAT, 2022 p. 8).

Finalmente, la industria de la alimentación lo usa también como agente reafirmante para verduras y frutas cocinadas dándoles una textura más firme, se utiliza también para retener la humedad de un alimento y reducir su punto de congelación. El cloruro de calcio puede encontrarse en forma de polvo, granulada y en solución líquida.

2.8 Ácido cítrico

2.8.1 Definición

El ácido cítrico es un ácido orgánico tricarbónico que está presente en la mayoría de las frutas, sobre todo en los cítricos como el limón y la naranja. Su fórmula química es $C_6H_8O_7$. Es un compuesto no tóxico para los seres humanos, es considerado tóxico para las bacterias de esta

manera ayuda a prevenir los malos olores, hongos y virus patógenos en los alimentos (POCHTECAECUADOR, 2023 p. 2).

El ácido cítrico posee antioxidantes que ayuda a conservar los alimentos alargando la vida útil, es considerado como uno de los principales aditivos alimentarios con propiedades fisicoquímicas muy especiales. En las esferificaciones son utilizados como reguladores de acidez de las esferas.

2.8.2 Aplicaciones

Las principales aplicaciones en la industria alimentaria son:

- Aumentan la eficacia de los conservantes antimicrobianos.
- Se utiliza en el ajuste de pH para proporcionar acidez uniforme.
- En alimentos congelados detiene el proceso de deterioro de sabor, color y ayuda a la acción de antioxidantes.
- Previene la oxidación enzimática de frutas y hortalizas enlatadas, resalta el sabor y disminuye el pH.
- Emulsifica y texturiza quesos pasteurizados y procesados cuando se utiliza en forma de sal.
- Modifica la textura de la carne.
- Suele utilizarse como estabilizante en cremas batidas.
- En dulces minimiza la inversión de la sacarosa (Muñoz, et al., 2014 pp. 21-22).

FAO, menciona que la ingesta diaria es no limitada para ácidos cítricos, sales de calcio potasio, sodio y amonio, el ácido cítrico está incluido en el cuadro 3 de la norma general para aditivos alimentarios y puede ser utilizado en las especias de la categoría de alimentos, con arreglo a las Buenas Prácticas de Fabricación.

2.9 Capacidad antioxidante

Un antioxidante son moléculas capaces de prevenir o retardar la oxidación, entregando uno o más de sus electrones para estabilizar algún componente biológico desapareado por efecto del ataque de radicales libres. La determinación de la capacidad antioxidante es importante para valorar la calidad de un alimento, identificar los alimentos que son más ricos en antioxidantes y desarrollar los alimentos que sean más ricos en antioxidante, se considera un indicador confiable del contenido de antioxidantes de la dieta y se asocia a menor riesgo de padecer enfermedades. La capacidad antioxidante de los alimentos es una medida de su capacidad para neutralizar los radicales libres, los radicales libres son moléculas inestables que pueden dañar las células, lo que

puede conducir a enfermedades crónicas como cáncer, enfermedades cardíacas y diabetes (Vilaplana, 2017 p. 8).

Los alimentos ricos en antioxidantes incluyen frutas, verduras, frutos secos, semillas y té, estos alimentos contiene compuestos antioxidantes como vitamina E y C, flavonoides y carotenoides, estos compuestos pueden ayudar a proteger las células del daño causado por los radicales libres (Castillo, 2023 p. 12). El contenido de la capacidad antioxidante depende de la variedad de alimento, medio de cultivo, la preparación y almacenamiento, las frutas y verduras fresas contienen mayor capacidad antioxidante a diferencia de las frutas y verduras procesadas.

2.9.1 Fuentes naturales de los antioxidantes

La fuente más importante de los antioxidantes es la naturaleza, los seres humanos deben consumir frecuentemente frutas y verduras, estos contienen altos contenidos de polifenoles y poseen características biológicas extensas, entre las cuales se encuentra la captación de radicales libres. El número de polifenoles naturales ha sido estimado en más de un millón, debido a su reactividad, en la mayoría de los casos se encuentra combinado con un ácido orgánico, un azúcar o formando polímeros de manera que sus diferentes enlaces generan una gran variedad de compuestos (Naspud, 2018 pp. 24-25).

2.9.2 Radicales libres

Son átomos o grupos de átomos, las cuales poseen un electrón desapareado o libre, lo que les confiere una alta reactividad ya que deben captar un electrón de las moléculas estables con la finalidad de alcanzar una estabilidad electroquímica y vez que consigue captar el electrón, la molécula estable que ha cedido se convierte en radical libre el cual queda con un electrón desapareado, la vida media biológica de un radical libre es de microsegundos, pero posee de reaccionar con todo lo que encuentre a su alrededor, provocando un daño a nivel molecular (Naspud, 2018 p. 25).

2.9.3 Compuestos fenólicos o polifenoles

Los polifenoles son reconocidos por su remarcada capacidad antioxidante la cual depende del número y la disposición de los grupos hidroxilos en las moléculas de interés, no son antioxidantes activos a menos que la sustitución en la posición *orto* o *para* haya aumentado la densidad de electrones en el grupo hidroxilo y haya disminuido la energía del enlace oxígeno-hidrógeno, aumentando así la reactividad frente a los radicales libres de los lípidos.

Los polifenoles se pueden clasificar de muchas maneras debido a su diversidad estructural, según su estructura química hay 2 grandes grupos: flavonoides y no flavonoides. En el grupo de los flavonoides, se encuentran los flavonoles, flavonas, flavan-3-oles, isoflavonas, flavanonas, dihidroflavonoles, antocianidinas y chalconas. En contraste, el grupo de no flavonoides está conformado por ácidos hidroxibenzoicos, ácidos hidroxicinámicos, polifenoles volátiles, estilbenos y compuestos diversos (lignanos y cumarinas) (Mejía, et al., 2021 pp. 8-10).

2.9.4 Flavonoides

Los flavonoides son pigmentos naturales presentes en los vegetales y que protegen al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioletas, la contaminación ambiental, sustancias químicas presentes en los alimentos, etc. El organismo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, por lo que deben obtenerse mediante la alimentación o en forma de suplementos. Están ampliamente distribuidos en plantas, frutas, verduras y en diversas bebidas y representan componentes sustanciales de la parte no energética de la dieta humana (Martínez, et al., 2020 p. 2).

Son la clase más abundante de polifenoles derivados de los aminoácidos aromáticos, fenilalanina y tirosina, estructuralmente consisten en dos anillos bencénicos (anillos A y B) unidos por un heterociclo piránico (anillo C). Para su estudio sistemático, los más de 4000 flavonoides descritos hasta ahora se han clasificado en varias clases de acuerdo con las variantes estructurales que presenta el anillo C. Los principales subgrupos de flavonoides son: flavonoles, flavonas, flavanonas, dihidroflavonas, isoflavonas, antocianidinas (Varo, 2018 p. 25).

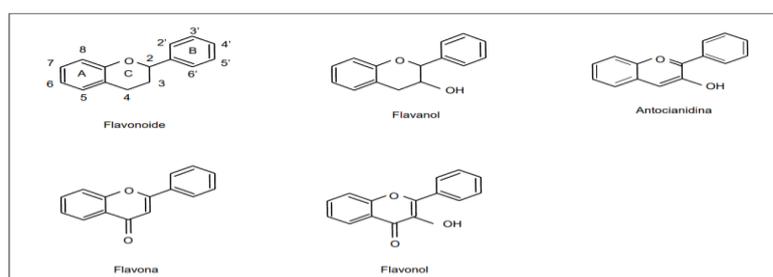


Ilustración 2-5: Flavonoides. Estructura básica y tipos

Fuente: (Martínez, et al., 2020 p. 2)

2.9.5 Antocianinas

Las antocianinas representan los principales pigmentos solubles en agua visibles al ojo humano. Pertenecen al grupo de los flavonoides y su estructura básica es un núcleo de flavón, el cual consta

de dos anillos aromáticos unidos por una unidad de tres carbonos. Son metabolitos secundarios de las plantas y son la subclase más importante de los flavonoides, estos compuestos son los pigmentos naturales responsables de los colores brillantes naranjas, rosa, rojo, violeta y azul en las flores y frutas de algunas plantas. Además, son antioxidantes naturales, con actividad antirradicálica y con efectos nutricionales y terapéuticos. Los antocianos o antocianinas son heterósidos polihidroxiados y/o metoxilados que derivan del ion flavilio o fenol-2-benzopirilio (Varo, 2018 p. 37).

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización y duración del experimento

La determinación del porcentaje óptimo de adición de alginato de sodio en la obtención de encapsulados de frutos rojos se desarrolló en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, ubicado en la Av. Panamericana Sur km ¹/₂ en la ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo, en los laboratorios de Ciencias Biológicas, Bromatología y nutrición animal, la misma que tuvo una duración de 120 días.

3.2 Unidades Experimentales

Se utilizó 15 unidades experimentales siendo el tamaño de cada unidad experimental de 300g de encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio.

3.3 Materiales, Equipos e Insumos

3.3.1 *Materia prima*

- Mora
- Fresa
- Cereza

3.3.2 *Insumos*

- Alginato de sodio
- Cloruro de calcio
- Ácido cítrico
- Azúcar
- Agua destilada
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio
- Agar Sabouraud dextrose (moho y levadura)
- Eosin Methylene Blue Agar (*E. coli*)

3.3.3 *Materiales*

- Vasos de precipitación
- Pisseta
- Espátula
- Envase de plástico 1L
- Jeringa 10ml
- Cuchillo
- Colador
- Varilla de agitación
- Papel filtro
- Cajas Petri
- Crisoles
- Tubos de ensayo
- Gradilla
- Balón aforado
- Papel aluminio

3.3.4 *Equipos*

- Balanza analítica
- Bortex
- Licuadora
- Refrigerador
- pH-metro
- Picnómetro
- Mufla
- Incubadora
- Estufa
- Medidor de Actividad de agua (aw)
- Desecador
- Autoclave
- Cuenta colonias

3.4 Tratamientos y Diseño Experimental

Se evaluó la elaboración de encapsulados de frutos rojos con distintos porcentajes de solución de alginato de sodio (0,50, 1,00 y 1,50%), por lo que se contó con 3 tratamientos experimentales y cada uno de ellos con 5 repeticiones, como se observa en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Esquema del experimento

Tratamientos				
(Solución de alginato de sodio %)	Código	Repeticiones	T.U.E (g)	g/Tratamiento
0,50	T1	5	300	1500
1,00	T2	5	300	1500
1,50	T3	5	300	1500
TOTAL				4500

T.U.E: Tamaño de unidad experimental

Realizado por: Lema, S., 2024.

Las unidades se distribuyeron bajo un Diseño Completamente al Azar (D.C.A), y para su análisis se ajustaron al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

Dónde

Y_{ij} = Valor del parámetro en determinación.

μ = Efecto de la media por observación.

α_i = Efecto de los niveles de solución de alginato de sodio.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental

3.5 Mediciones experimentales

Las mediciones experimentales consideradas fueron los siguientes:

3.5.1 Característica fisicoquímica

- Capacidad antioxidante, Trolox/ml
- pH
- Densidad, g/ml
- Acidez titulable, %
- Ceniza, %

- Actividad de agua, aw

3.5.2 *Análisis microbiológico*

- *E. coli*, UFC/g
- Mohos, UPC/g
- levaduras, UPC/g

3.5.3 *Análisis sensorial*

- Sabor
- Olor
- Color
- Textura

3.6 Análisis estadístico y pruebas de significancia

Los resultados experimentales obtenidos fueron analizados mediante las siguientes pruebas estadísticas.

- Análisis de Varianza (ADEVA).
- Separación de medias ($P < 0,05$) a través de la prueba de Tukey.
- Análisis de regresión ortogonal en función de los niveles de solución de alginato de sodio, en las variables que presenten diferencias estadísticas.
- Prueba de Kruskal – Wallis para las variables no paramétricas.

En la tabla 3-2 se reporta el esquema del ADEVA utilizado.

Tabla 3-2: Esquema del ADEVA

Fuente de varianza		Grados de libertad
Total	(n-1)	14
Tratamiento	(t-1)	2
Error Experimental	(n - 1) - (t - 1)	12

Realizado por: Lema, S. 2024.

3.7 Procedimiento Experimental

3.7.1 Formulación

Se elaboró un extracto de frutos rojos donde se identificaron las cantidades adecuadas para obtener un balance correcto en cuanto al sabor, color, olor y textura. En la tabla 3-3 se describe detalladamente la formulación de la obtención del extracto listo para ser encapsulado en un baño de solución con alginato de sodio.

Tabla 3-3: Formulación para la obtención del extracto preparado

Ingredientes	Porcentaje	g*1
Extracto de mora	31,17%	312
Extracto de frutilla	31,17%	312
Extracto de cereza	31,17%	312
Ácido cítrico	1,00%	10
Azúcar	5,00%	50,0
Cloruro de calcio	0,50%	5,0
Total	100,0%	1000

Realizado por: Lema, S., 2024.

Luego de elaborar el extracto se prepara las soluciones de alginato de sodio para la formación de encapsulados, en la tabla 3-4 se detalla los porcentajes solución a ser preparadas.

Tabla 3-4: Solución de alginato de sodio

Código	Niveles de solución de Alginato de sodio (%)	en 500ml
T1	0,50	3g
T2	1,00	5g
T3	1,50	8g

Realizado por: Lema, S., 2024.

3.7.2 Procedimiento

Para la elaboración de encapsulados de frutos rojos en distintos porcentajes de solución de alginato de sodio se realizó el siguiente procedimiento.

- **Limpieza:** primero se limpió y desinfectó todo los equipos y utensilios a utilizar.
- **Recepción de la materia prima:** se utilizó aproximadamente 3 libras de frutilla, mora y cereza.

- **Selección de las frutas:** se procedió a seleccionar la materia prima que estén libres de cualquier material extraño.
- **Lavado y desinfección:** para la desinfección se preparó una solución de agua con cloro a 50ppm y dejar reposar en la fruta por un tiempo de 10min, después se debe lavar con abundante agua con el fin de eliminar la presencia de cualquier bacteria.
- **Pesado:** se procedió a pesar la materia prima que se vaya a utilizar.
- **Despulpado:** las frutas son licuadas y cernidas por separado para obtener cada uno de los extractos.
- **Pesado:** se pesó cada uno de los extractos por partes iguales, de acuerdo con la cantidad que se desea preparar.
- **Mezclado:** se mezcló los tres extractos y se agregó 5% de azúcar, 1 % de ácido cítrico y el 0,5% de cloruro de calcio.
- **Preparación de las soluciones:** para obtener las soluciones se estableció los respectivos porcentajes de alginato de sodio (al 0,50%, 1,00%, 1,50%). Se inició con el cálculo de las cantidades requeridas de alginato de sodio según el porcentaje establecido y se procedió a realizar el pesaje.
- **Mezclado:** para esto inicialmente se colocó 500ml de agua destilada en una licuadora e inmediatamente el alginato de sodio y se procedió a licuar hasta lograr una mezcla completamente homogénea y dejar reposar por 5 minutos.
- **Encapsulado:** con un envase de plástico (mayonesero) se añadió gotas del extracto de frutos rojos en el recipiente con una solución de alginato, se realiza movimientos constantes mientras transcurre el tiempo de exposición para evitar que se asienten el fondo del recipiente.
- Una vez formadas las esferas se retiró con un colador y serán colocas en un recipiente con agua para retirar el exceso de alginato.
- **Envasado:** las capsulas se colocó en envases de plástico de acuerdo con cada tratamiento.
- **Almacenamiento:** una vez selladas cada uno de los envases, se almacenó en refrigeración a una temperatura de 4°C con el fin de conservar y controlar la calidad del producto final.

3.7.3 *Flujogramas*

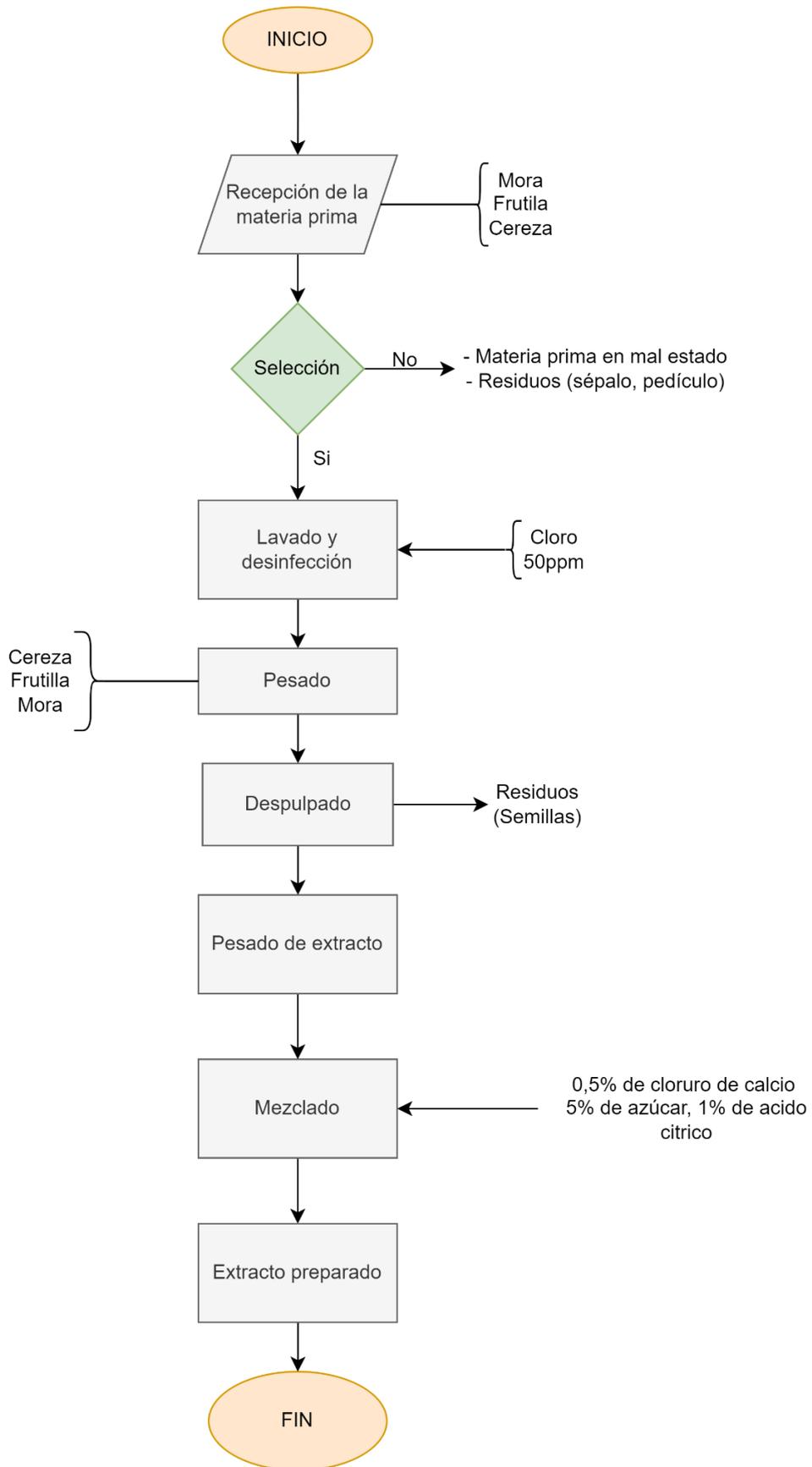


Ilustración 3-1: Diagrama de proceso de obtención de extractos de frutos rojos

Realizado por: Lema, S., 2024.

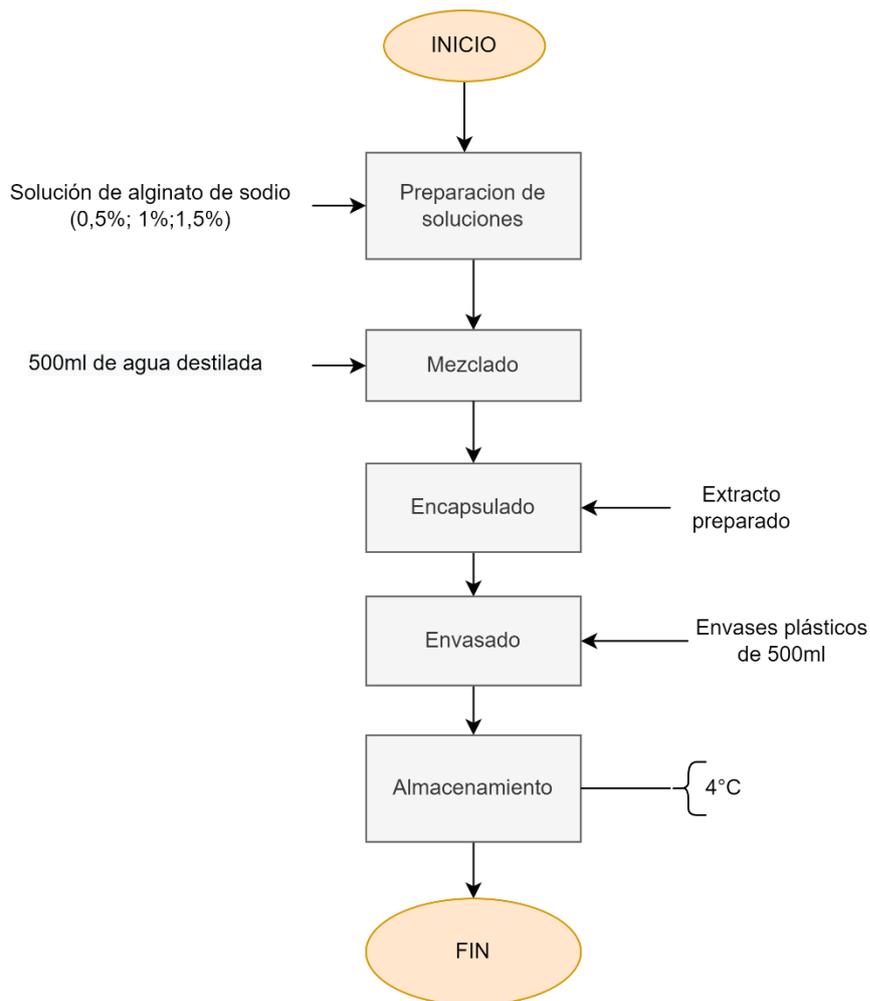


Ilustración 3-2: Diagrama de proceso de la obtención de encapsulados

Realizado por: Lema, S., 2024.

3.8 Metodología de evaluación

Una vez finalizado la elaboración del producto se realizaron los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales.

3.8.1 Caracterización fisicoquímica

3.8.1.1 pH

Para la determinación del pH se aplicó el método utilizado por (Páez, 2023 p. 37), basado en la norma INEN 0973.

Procedimiento:

- Se limpió con agua destilada el lector de medición lo cual ayuda a tarar el equipo.

- En un vaso de precipitación se colocó 5ml de muestra.
- Se introduce el lector sin tocar las paredes del vaso de precipitación.
- Una vez anotado los resultados se lava con agua destilada el lector de medición.

3.8.1.2 Densidad

Esta variable se determinó mediante picnometría, para ello se aplicó la fórmula de acuerdo con la norma INEN 391.

Procedimiento:

- Inicialmente se pesó el picnómetro vacío.
- Se llenó el picnómetro con agua destilada y se colocó la tapa evitando que se forme burbujas de aire.
- Se secó el picnómetro exteriormente por completo y procedió a pesar.
- Luego se vació, secó y limpió cuidadosamente el picnómetro y se colocó la muestra luego se agregó agua destilada y se tapó evitando la formación de burbujas.
- Se secó cuidadosamente la parte exterior y se pesó.
- Anotar los resultados.

$$\rho = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} * \rho_w$$

Dónde:

m1= masa del picnómetro vacío (g)

m2= masa del picnómetro con agua (g)

m3= masa del picnómetro con muestra (g)

ρ_w = densidad del agua (1g/ml)

3.8.1.3 Acidez titulable

Para la determinación del porcentaje de acidez titulable se realiza de acuerdo con la norma INEN 381, utilizando la siguiente formula.

Procedimiento:

- En un vaso de precipitación se colocó 5ml de muestra y 45ml de agua destilada previamente filtradas.

- Luego se colocó 4 gotas de fenolftaleína en el vaso de precipitación con la muestra.
- Se procedió a titular dejando caer lentamente la solución NaOH al 0,1N hasta obtener el cambio de color.
- Una vez observado el cambio de color se visualizó el volumen de la solución consumido y se anotó los datos para su respectivo cálculo.

$$\% \text{Ácido} = \frac{VxNxK}{P} x 100$$

Dónde:

V = Volumen de NaOH consumido (ml)

N = Normalidad de la solución NaOH

K = Peso molecular del ácido considerado

P = Peso de la muestra

3.8.1.4 Determinación de cenizas

Para la determinación de cenizas se aplicó la siguiente fórmula según la norma INEN 14.

Procedimiento:

- Se pesó el crisol previamente tarado.
- Se colocó 2g de muestra en el crisol y se pesó, seguidamente se calcinaron las muestras en hornillas eléctricas hasta que cesen el humo.
- Luego se colocó los crisoles en la mufla a una temperatura de 550°C por 4 horas.
- Una vez transcurrido el tiempo se colocó los crisoles en el desecador por un 30min para que esta se enfrié.
- Finalmente se pesó los crisoles más cenizas.

$$\% \text{cenizas} = \frac{m1 - m}{m2 - m} x 100$$

Dónde:

c = contenido de cenizas en porcentaje de masa

m = masa de la cápsula vacía

m1 = masa de la cápsula con la muestra después de la incineración en g.

m2 = masa de la cápsula con la muestra antes de la incineración en g.

3.8.1.5 *Actividad de agua*

La determinación de actividad de agua se realizó de la siguiente manera:

1. Se calibra el medidor de actividad de agua.
2. Se preparó las muestras en la cápsula de medida, las cuales fueron colocadas en el medidor de actividad de agua.
3. Esperar que el lector determine el valor.
4. Se anota los datos obtenidos.

3.8.2 *Análisis microbiológico*

El desarrollo del análisis microbiológico de las unidades experimentales se realizó en el laboratorio de ciencias biológicas de la Facultad de Ciencias Pecuarias, la siembra de mohos, levaduras y *E. coli* se realizó de acuerdo con la norma INEN 1529.

La siembra se realizó de la siguiente manera:

- Desinfectar el laboratorio
- Preparar los agares (SDA) para moho, levadura y (EMB) para *E. Coli*.
- Esterilización de los materiales del laboratorio y los agares
- Preparación de las muestras a una dilución de 1×10^{-3}
- Siembra de las muestras en los medios de cultivo.
- Luego se llevó los medios de cultivo a la incubadora por un tiempo de 3 días a una temperatura entre 24 a 28°C.
- Transcurrido el tiempo se procedió con el conteo microbiológico.

3.8.3 *Análisis Sensorial*

Se realizó un análisis sensorial descriptivo para determinar el grado de aceptabilidad del producto, mediante una escala hedónica de 7 puntos, que contó con 50 panelistas no entrenados las cuales se les entregó 3 muestras codificadas y la hoja de evaluación sensorial, como consta en el anexo E.

Los catadores evaluaron atributos como sabor, olor, color y textura de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en una solución con distintos porcentajes de alginato de sodio.

Tabla 3-5: Estructura de la escala hedónica de 7 puntos

NIVEL DE AGRADO	PUNTAJE
Me gusta mucho	7
Me gusta moderadamente	6
Me gusta ligeramente	5
Ni me gusta Ni me disgusta	4
Me disgusta ligeramente	3
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta mucho	1

Realizado por: Lema, S., 2024.

3.8.4 Determinación de la capacidad antioxidante

Para la determinación de la capacidad antioxidante se realizó de cada uno de los extractos, sienta el extracto de mora, extracto de frutilla, extracto de cereza y una muestra preparada que es de acuerdo con la formulación de la tabla 3-3.

La metodología utilizada para este análisis fue MO-L-SAIA-01.16, que se basa en la medición de los μm Trolox/ml de ABTS, este método se basa en la reducción de la coloración verde/azul producida por la reducción del radical antioxidante presente en la muestra, como resultado de la reacción de ácido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico (ABTS) con el antioxidante presente en la muestra.

CAPITULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Capacidad antioxidante de los extractos de frutos rojos

La capacidad antioxidante de los extractos de frutos rojos se presenta en la tabla 4-1.

Tabla 4-1: Capacidad antioxidante de los extractos de frutos rojos

Parámetro	Extractos				E.E	C.V	Prob.
	Mora	Frutilla	Cereza	Mezcla de extractos			
Capacidad antioxidante (Trolox/ml)	5395,33 a	4372,50 b	1855,83 d	3710,00 c	4,84	0,28	<0,0001

Prob. >0,05; diferencia no significativa (NS)

Prob. <0,05; diferencia significativa (*)

Prob. <0,01; diferencia altamente significativa (**)

E.E error estándar

C.V: Coeficiente de variación

Realizado por: Lema, S., 2024.

En cuanto a la capacidad antioxidante de los extractos se encontraron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), reportando que el extracto de mora presenta el mejor resultado, alcanzando un valor medio de 5395,33 Trolox/ml, seguido del extracto de frutilla con un valor medio de 4372,50 Trolox/ml, mientras que el extracto de cereza presentó un menor contenido de capacidad antioxidante con un valor medio de 1855,83 Trolox/ml en comparación con los demás extractos. En lo que respecta a la mezcla de los extractos, se observó que su valor medio fue de 3710,00 Trolox/ml. La capacidad antioxidante de un alimento depende de la naturaleza y concentración de los antioxidantes presentes en las frutas.

Los frutos rojos aportan muchos compuestos saludables como flavonoides, taninos, polifenoles, antocianinas y otros fitoquímicos altamente antioxidantes, las cuales juegan un papel importante en su capacidad para combatir los radicales libres (Guija & Guija, 2023 pp. 3-5). Un caso ilustrativo sería que la mora y frutilla se destacan por ser reconocidos como excelentes fuentes de antioxidantes como antocianinas, polifenoles, carotenoides, flavonoides y pterostilbene a diferencia de la cereza que tiene una cantidad menor en contraste con las otras dos frutas mencionadas, debido a la combinación de influencias genéticas, ambientales y de procesamiento (Trela, 2020 p. 57). Es crucial resaltar que la presencia de sustancias antioxidantes en los extractos de frutos rojos resulta significativa en el proceso de obtener encapsulados, dado que los antioxidantes pueden desempeñar un papel fundamental en mantener la estabilidad y excelencia de dichos productos encapsulados, al extender su durabilidad y blindarlos contra el daño causado por la oxidación (Miranda, 2023 pp. 24-26).

El extracto que presentó mayor capacidad antioxidante fue la mora, debido al contenido de pigmentos naturales como las antocianinas (flavonoides), carotenoides y también pterostilbene, específicamente es rica en antocianina un potente antioxidante que ayuda a mantener a nuestro organismo protegido de los radicales libres.

4.2 Características fisicoquímicas de los encapsulados de frutos rojos

Las características fisicoquímicas de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio se presentan en la tabla 4-2.

Tabla 4-2: Caracterización fisicoquímica de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio

Parámetro	Niveles de solución de alginato de sodio					
	0,50%	1,00%	1,50%	E. E	C.V	Prob.
pH	3,86 a	3,89 a	3,85 a	0,02	1,17	0,4214
Densidad, g/ml	1,0 b	1,0 ab	1, 2a	0,0045	0,99	0,0258
Acidez titulable, %	0,87 a	0,92 a	0,85 a	0,02	4,92	0,0628
Cenizas, %	0,45 a	0,45 a	0,45 a	0,01	2,59	0,6919
Actividad de agua, aw	0,97 b	0,97 ab	0,97 a	0,00024	0,06	0,0022

Prob. >0,05; diferencia no significativa (NS)

Prob. <0,05; diferencia significativa (*)

Prob. <0,01; diferencia altamente significativa (**)

E.E error estándar

C.V: Coeficiente de variación

Realizado por: Lema, S., 2024.

4.2.1 pH

Los valores del pH de los encapsulados de frutos rojos no presentan diferencias significativas ($P > 0,05$), por efecto de los niveles de solución de alginato de sodio, por cuanto se registraron valores entre 3,85 y 3,89 cuando se empleó 1,50 y 1,00% respectivamente, como se observa en la ilustración 4-2. Los resultados encontrados sugieren que la modificación en la cantidad de alginato de sodio no influye en el pH de los encapsulados de frutos rojos.

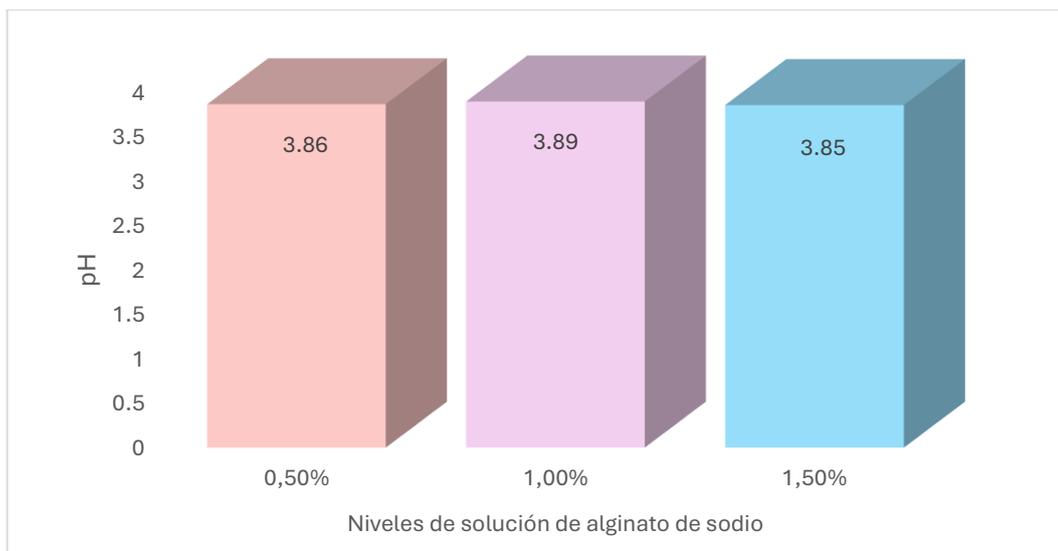


Ilustración 4-1: pH de los encapsulado de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio

Realizado por: Lema, S., 2024.

Según (Ortiz & Bravo, 2018 p. 14), el pH óptimo para el encapsulamiento es un rango de 4 a 7, si se expone al alginato a una solución extremadamente ácida este pierde su capacidad gelificante. Pero (Sanmiguel & Villa, 2021 p. 25), manifiesta que al realizar la caracterización físicoquímica de un producto esferificado tipo topping sus encapsulados presentaron valores de pH entre 3,7 y 4,0 ya que además reporta que al encapsular alimentos con este rango de pH tendrá una mejor conservación ya que su alta acidez disminuye el riesgo de proliferación de microorganismos patógenos.

Es importante recalcar en este punto que la membrana compuesta principalmente de alginato de sodio que recubre la esfera no interviene en el pH de la muestra, ya que los resultados obtenidos no fueron significativamente diferentes, además se pudo evidenciar que si pueden encapsularse alimentos con un pH menor a 4.

4.2.2 Densidad (g/ml)

En cuanto a la densidad de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio presenta diferencias significativas ($P < 0,05$), estableciendo el mejor resultado para el nivel con 1,50% de alginato de sodio con un valor de 1,2 g/ml, permitiendo que los encapsulados encerraran líquido en su interior y fueran estables, mientras que los niveles 0,50% y 1,00% los valores son significativamente iguales con una media de 1,0 g/ml. Las variaciones en la densidad entre los distintos niveles podrían ser el resultado de diferencias en la

viscosidad de la solución de alginato de sodio, lo cual impacta la forma en que se compactan la estructura de los encapsulados (Fuentes, et al., 2022 p. 83).

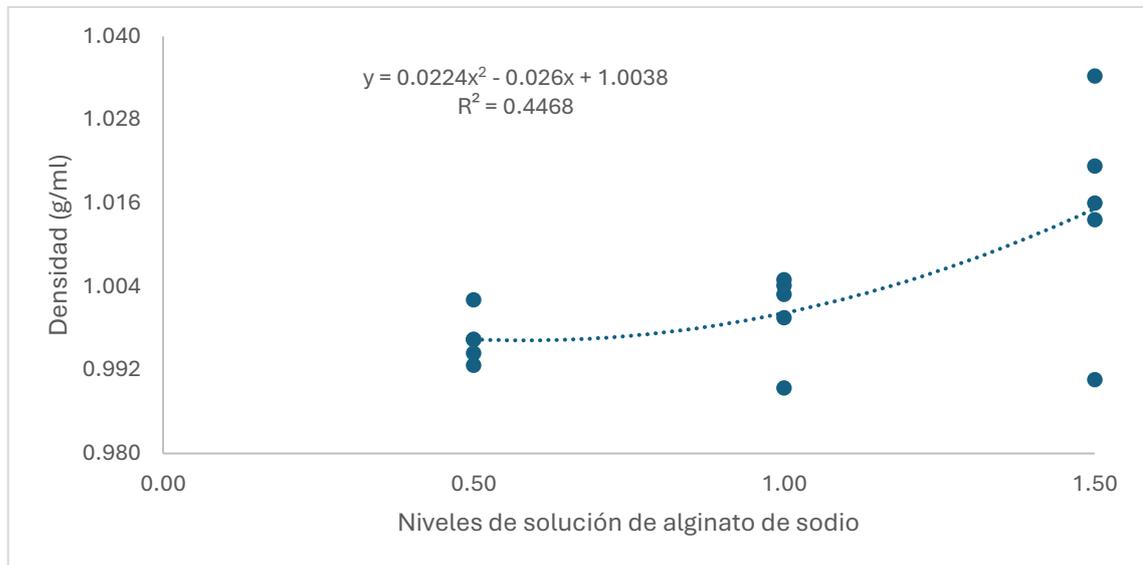


Ilustración 4-2: Densidad de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio

Realizado por. Lema, S., 2024.

En la ilustración 4-2 se estableció un análisis de regresión con una tendencia cuadrática, donde se puede indicar que cuando se utilizan entre el 0,50 y 1,00% de solución de alginato de sodio, la densidad se mantiene, pero con un nivel superior esta tiende a incrementarse. A medida que la concentración de alginato aumenta, es probable que se forme una red de gel más sólida y estrecha, lo cual podría cambiar las propiedades físicas del encapsulado, como la firmeza y la capacidad de resistir roturas. Según (Rivera, 2013 p. 55), la densidad promedio de las esferas control alginato de sodio fue de 0,88g/ml considerándose aceptable, mientras que en nuestra investigación las esferas con una densidad de 1,0g/ml fueron muy frágiles, encerraron líquido en su interior pero fueron poco estables, los encapsulados obtenidos en un nivel 1,50% de solución de alginato de sodio presentó una densidad de 1,2g/ml presentando una adecuada consistencia y apariencia, encerraron líquido en su interior y fueron estables.

Según (Martínez, 2019 pp. 25-27), un incremento en la densidad puede indicar que la matriz de encapsulación es más resistente o está más comprimida, lo que tendría un impacto en el proceso de liberación gradual de los ingredientes activos y en la capacidad de protegerlos de factores ambientales adversos. Por lo que se concluye que el nivel 1,50% de solución de alginato de sodio cuenta con la mejor valoración en cuanto a la variable densidad, es decir que los niveles de alginato de sodio si influyen de manera significativa en la obtención de encapsulados.

4.2.3 Acidez titulable (Ácido cítrico %)

Los valores medios obtenidos de acidez titulable reportaron que no existen diferencias significativas ($P>0,05$), señalando que la cantidad de alginato de sodio no tuvo un impacto relevante en los niveles de acidez medidos en los encapsulados de frutos rojos. Como se puede observar en la ilustración 4-3 en los niveles de 0,5 al 1,50% de solución de alginato de sodio se obtuvieron valores entre 0,85 a 0,92% de acidez titulable.

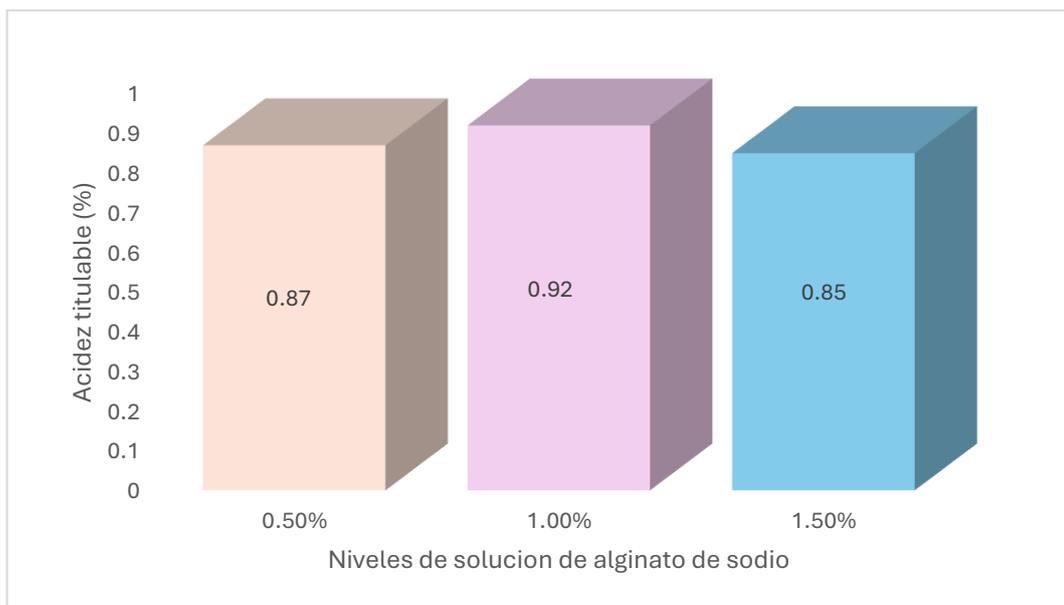


Ilustración 4-3: Acidez titulable de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio

Realizado por: Lema, S., 2024.

Según (Saillema & Naucin, 2022 p. 82), un factor importante que considerar es el porcentaje de acidez titulable, en su estudio sobre el efecto de un recubrimiento comestible, obtuvo un rango de 0,2 a 2,03% en comparación con los valores obtenidos en nuestro estudio que fue de 0,85 a 0,92% encontrándose dentro del rango establecido por el autor, la presencia de este desempeña un rol significativo en aspectos como el gusto, la durabilidad y propiedades antioxidantes. Durante el procedimiento de encapsulación, es comúnmente buscado preservar o potenciar las propiedades sensoriales y de protección de los compuestos activos.

El contenido de alginato de sodio no influye en cuanto al porcentaje de acidez titulable de los encapsulados, pero los valores obtenidos de dicha variable son aceptables, ya que se encuentran dentro del rango establecido por el autor citado anteriormente.

4.2.4 Cenizas (%)

En cuanto al contenido de cenizas no se encontraron diferencias significativas ($P>0,05$), por efecto de los niveles de solución de alginato de sodio, presentaron una igualdad significativa con un valor medio de 0,45% como se puede observar en la ilustración 4-4, lo que significa que la cantidad de alginato de sodio no tuvo un efecto importante en el contenido de cenizas encontrado en los encapsulados de frutos rojos.

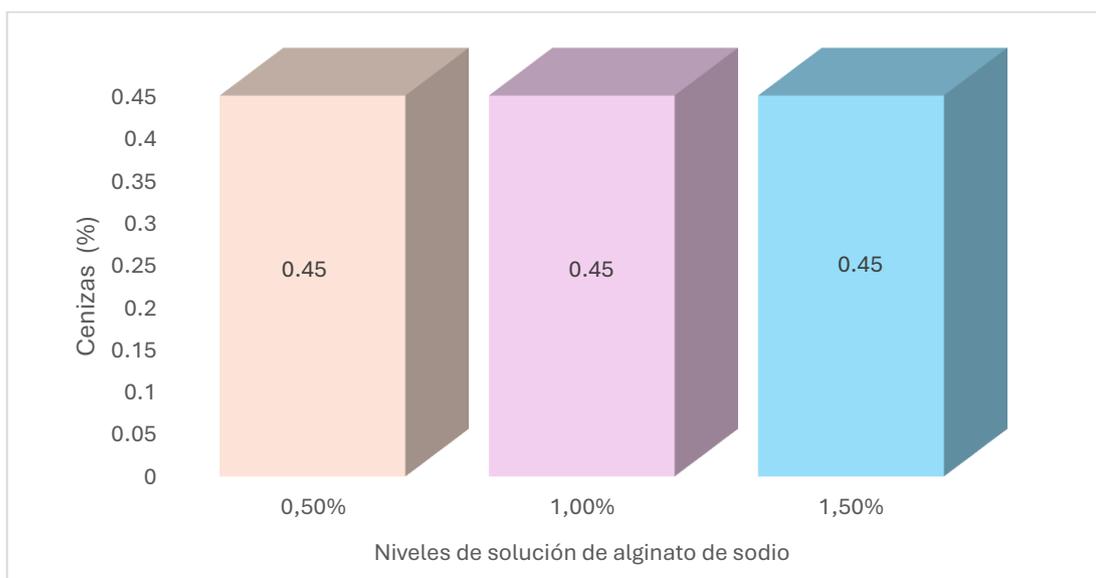


Ilustración 4-4: Cenizas de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio

Realizado por: Lema, S., 2024.

Según (Velasco, 2023 pp. 32-33), la presencia de alginato de sodio no tiene impacto en la cantidad de residuos inorgánicos que están presentes en los encapsulados. En un estudio realizado por (Sanmiguel & Villa, 2021. p.16), sobre “la caracterización físico-química de un producto esferificado tipo topping” el contenido de cenizas presenta un valor de 0,326% en cuanto a la muestra de fresa. De igual manera (Asimar, 2017 p. 10), encuentra un contenido de cenizas del 0,62%, por lo que los resultados obtenidos en nuestro estudio se encuentran dentro de los rangos 0,326 a 0,62% establecidos por los autores y el porcentaje de alginato de sodio no influye en el contenido del mismo.

Esta investigación ha demostrado que el alginato de sodio no provoca cambios relevantes en la cantidad de minerales presentes en los encapsulados, además los valores obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por los autores ya citados anteriormente con un valor promedio de 0,45% de cenizas.

4.2.5 Actividad de agua (aw)

Los valores medios resultantes del análisis de actividad de agua en los encapsulados de frutos rojos reportaron diferencias altamente significativas ($P < 0,01$), por efecto de los niveles de solución de alginato de sodio, los niveles del 0,50% al 1,50% obtuvieron valores entre 0,970 a 0,972 de actividad de agua (aw), por lo que mediante el análisis de regresión se estableció una tendencia lineal como se puede observar en la ilustración 4-5, cabe resaltar que cuando se utiliza niveles superiores de solución de alginato de sodio la actividad de agua aumenta en 0,0013 de un nivel a otro. A medida que se aumenta la concentración de alginato en las soluciones el recubrimiento de los encapsulados es más estable esto influye en cuanto a la actividad de agua contenida en los encapsulados.

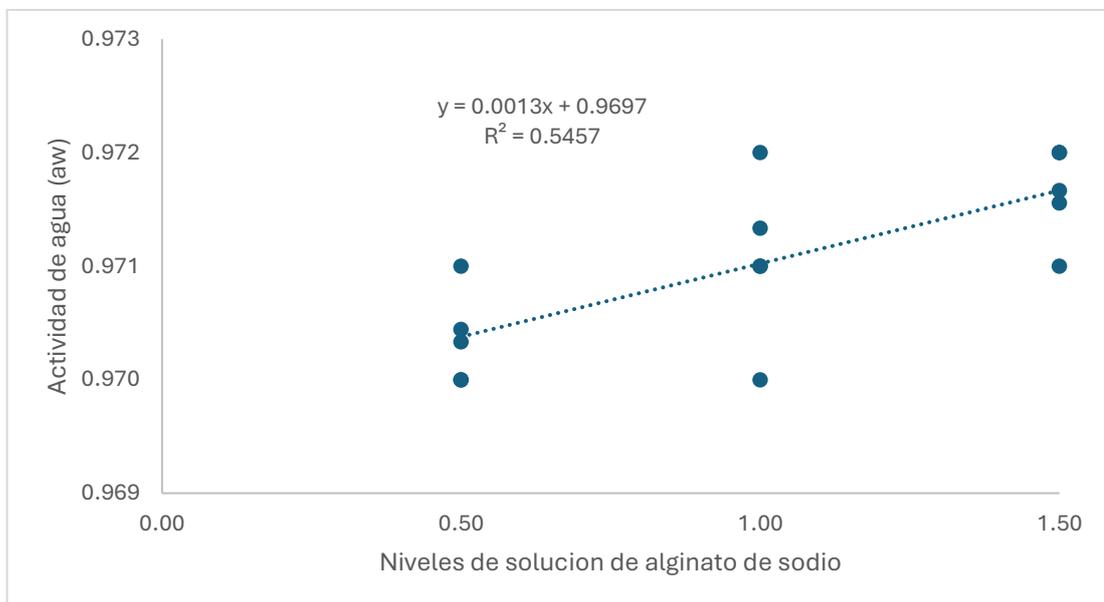


Ilustración 4-5: Actividad de agua de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio.

Realizado por: Lema, S., 2024.

Según (Encalada, 2022 p. 53) en su estudio realizado sobre “microencapsulado del jugo de mandarina secado por asperción” obtuvo valores de actividad de agua menores a 0,3 y se mantiene en un rango de 0,167 a 0,295, al realizar el secado el contenido de agua se evapora, al igual que (Cardona, et., 2022 p. 4) en otro de sus estudios de microencapsulación por asperción obtiene un valor de actividad de agua un rango de 0,25 a 0,39. El valor de contenido de agua depende de la composición, temperatura y el contenido de agua, un valor inferior a 0,75 inhibe el crecimiento bacteriano del producto, en este caso los encapsulados de frutos rojos son cápsulas explosivas el cual nos presenta un valor de 0,97 aw siendo superior al 0,75, es por ello que (Aguirre, 2016 pp. 45-132), menciona que la adición de azúcares o sales ayudan a la conservación del alimento, como el

ácido cítrico a más de ser un regulador de acidez y antioxidante actúa como un conservante y el cloruro de calcio siendo un aditivo alimentario también ayuda a conservar el alimento. Siendo así (Aguirre, 2016 pp. 45-132) también manifiesta que en su estudio sobre “esferificación inversa de bebida nutricional sabor a fresa” su tiempo de vida útil del producto es de 30 días en refrigeración a 4°C.

Finalmente, en relación con la cantidad de agua presente, se pudo notar que el alginato de sodio tiene un impacto en la capacidad de absorción de agua en los encapsulados, de manera que por cada 0,50% de alginato de sodio la actividad de agua aumenta en un 0,0013 de un nivel a otro.

4.3 Características microbiológicas de los encapsulados de frutos rojos

Los resultados de los análisis microbiológicos de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio se presentan en la tabla 4-3.

Tabla 4-3: Caracterización microbiológica de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de alginato de sodio

Parámetro	Niveles de solución de alginato de sodio		
	0,50%	1,00%	1,50%
Mohos	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Levaduras	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>E-coli</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Realizado por: Lema, S., 2024.

Los resultados de los análisis microbiológicos desarrollados a los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio, se observó que no se detectó el crecimiento microbiano de mohos, levaduras y *E. coli* en ninguno de los niveles, señalando que los productos encapsulados no contienen contaminación microbiológica. Según (Pico, et., 2023 pp. 4-5), es extremadamente importante que los alimentos sean seguros para el consumo y que se encuentren en línea con las correctas técnicas de manipulación y procesamiento que se aplican durante la fabricación de los encapsulados, así como con la apropiada elección y esterilización de la materia prima empleada.

La ausencia de microorganismos dañinos en todos los niveles indica que el método de encapsulación el cual consiste en crear esferas utilizando alginato de sodio y agregar extractos de frutos rojos, fue exitoso en evitar la contaminación bacteriana. Según (Noruega, 2020 p. 20), el

alginato de sodio tiene la habilidad para envolver y resguardar compuestos biológicamente activos, sin poner en riesgo la seguridad microbiológica del producto terminado.

En síntesis, los datos microbiológicos expuestos en la tabla 4-3 muestran que los productos encapsulados que se han producido con variadas concentraciones de solución de alginato de sodio, satisfacen los requisitos de garantía alimentaria al no demostrar evidencia de presencia de mohos, levaduras y *E. coli*, respaldando la eficacia del método de encapsulación utilizado en esta investigación, indicando que los materiales encapsulados podrían ser una alternativa segura y con estabilidad microbiológica adecuada para su aplicación en el ámbito de la industria alimentaria.

4.4 Características sensoriales de los encapsulados de frutos rojos

Los resultados del análisis sensorial realizado a los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio se presentan en la tabla 4-4.

Tabla 4-4: Caracterización sensorial de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio

Parámetro	Niveles de solución de alginato de sodio				H.cal	p-valor
	0,50%	1,00%	1,50%			
Sabor	5	5	7		56,76	<0,0001
Olor	6	6	6		6,06	0,0375
Color	7	7	7		0,89	0,5587
Textura	5	6	7		51,96	<0,0001

Prob. >0,05; diferencia no significativa (NS)

Prob. <0,05; diferencia significativa (*)

Prob. <0,01; diferencia altamente significativa (**)

H.cal. Valor calculado de Kruskal – Wallis

Realizado por: Lema, S., 2024.

7 = Me gusta mucho

6 = Me gusta moderadamente

5 = Me gusta ligeramente

4 = Ni me gusta ni me disgusta

3 = Me disgusta ligeramente

2 = Me disgusta moderadamente

1 = Me gusta mucho

4.4.1 Sabor

Los resultados obtenidos para el atributo sabor de los encapsulados de frutos rojos presentan diferencias altamente significativas por efecto de los distintos niveles de solución de alginato de sodio empleados, teniendo la mejor puntuación los encapsulados obtenidos en la solución al

1,50% alginato de sodio, con una calificación de 7 correspondiente a “me gusta mucho”, a diferencia de los niveles 0,50 y 1,00 %, que mostraron calificaciones de 5 puntos que representan a la categoría “me gusta ligeramente”, como se puede visualizar en la ilustración 4-6, hay que destacar que los panelistas tuvieron mayor aceptabilidad por el nivel 1,50% es decir que el contenido de alginato de sodio interfiere en el sabor de los encapsulados ya que al recubrir los extractos de una manera más estable permite encapsular su sabor de mejor manera, además los frutos rojos poseen un sabor y aroma característico mismo que acompañado con endulzante (azúcar blanca) resalta el nivel de agrado y aceptabilidad de los consumidores.

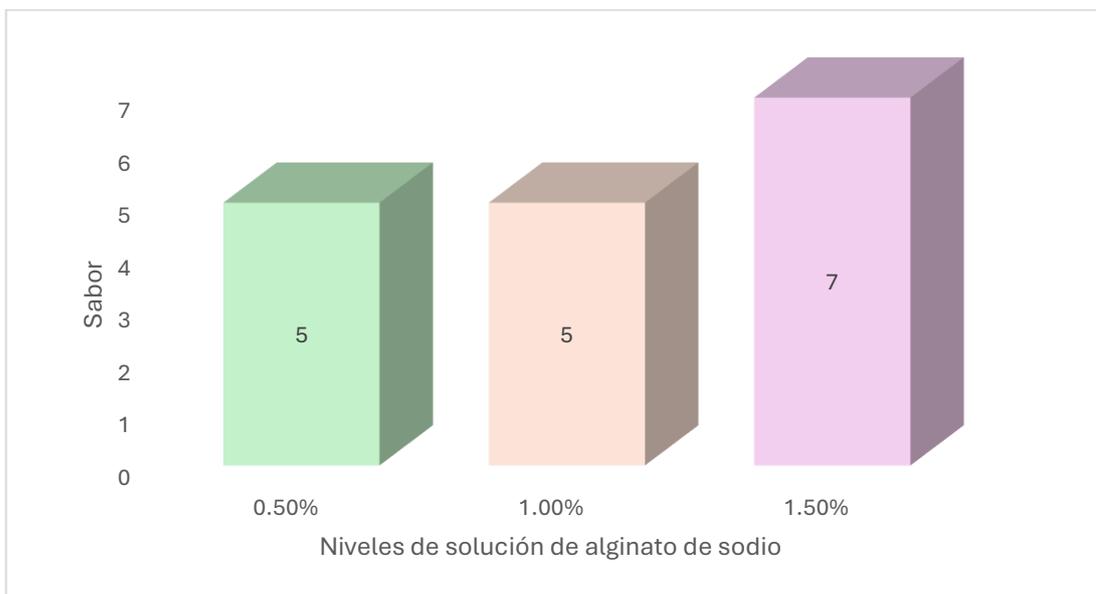


Ilustración 4-6: Valoración del sabor de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio

Realizado por: Lema, S., 2024.

4.4.2 Olor

El atributo sensorial olor de los encapsulados de frutos rojos obtenidos en distintos niveles de solución de alginato de sodio presentó diferencias significativas, reportando que en el grado de aceptabilidad de los tres niveles mostraron una misma valoración, con una calificación de 6 que corresponde a la escala hedónica “me gusta moderadamente”, como se puede visualizar en la ilustración 4-6, los encapsulados presentan un mismo olor característico, esto puede ser debido a que los extractos obtenidos para encapsular en los tres niveles de solución consistían en la misma formulación, además la solución de alginato de sodio tiene un impacto leve, lo que permite que el olor de los encapsulados sean característicos.

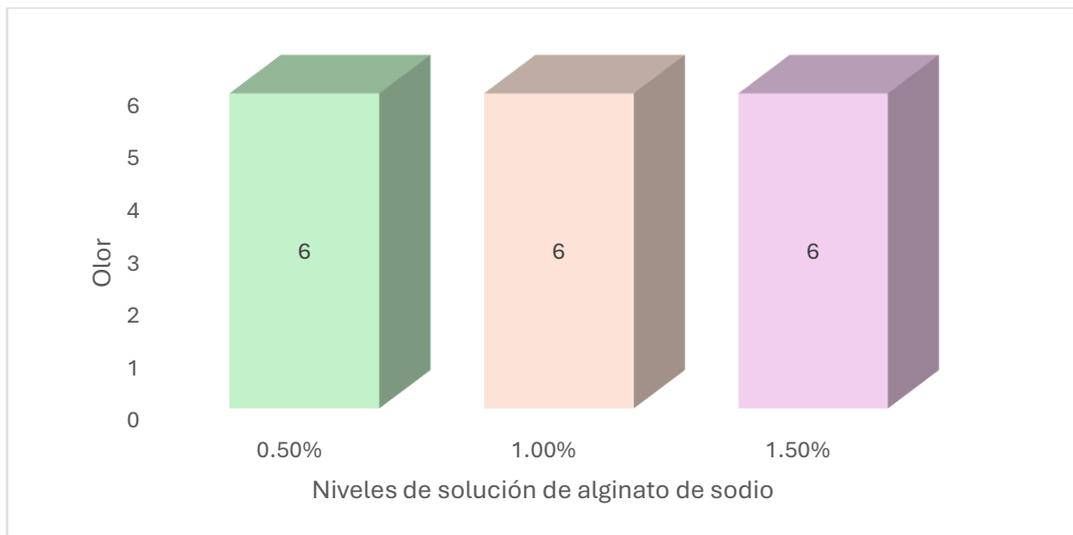


Ilustración 4-7: Valoración del olor de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio

Realizado por: Lema, S., 2024.

4.4.3 Color

Los resultados obtenidos para el color de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio, no presentan diferencias significativas, es decir la concentración de la solución de alginato no influye el color de los encapsulados, sin embargo, hay que destacar que los tres niveles mostraron una valoración de 7 correspondiente a la escala hedónica de “me gusta mucho” como se visualiza en la ilustración 4-8.

Según (Soria, 2014 p. 18), las antiocianicas son compuestos fenólicos que aportan a las frutas su color característico que va desde azul, rojo, morado a violeta intenso. El color de los encapsulados fue rojizo esto debido a que los extractos son exclusivamente de frutos rojos y la solución de alginato de sodio al no tener un impacto en la misma se conservaron su color característico, además se tuvo una buena aceptabilidad por parte de los panelistas en cuanto a la variable color.

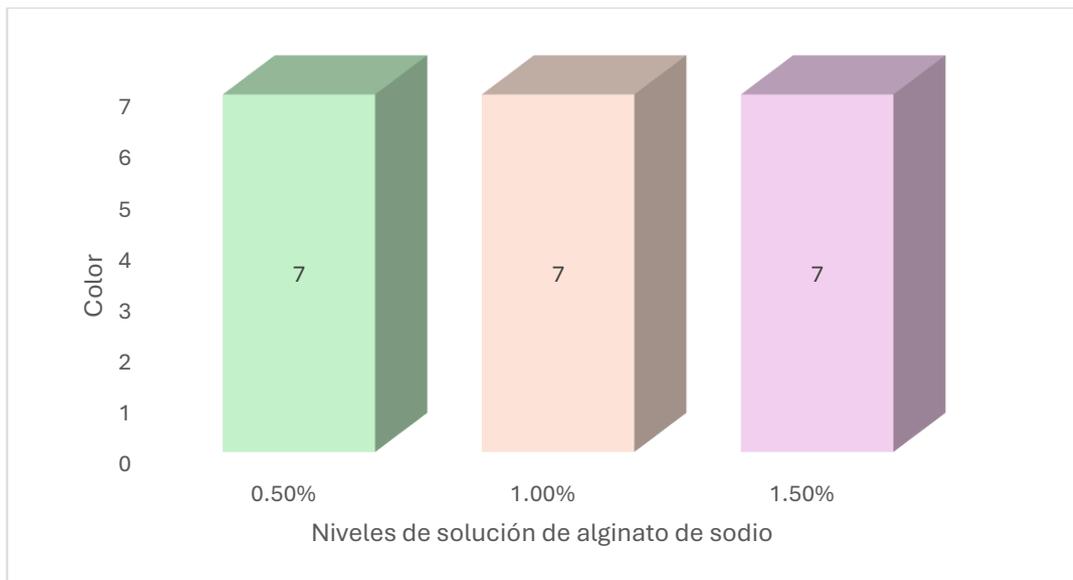


Ilustración 4-8: Valoración del color de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio

Realizado por: Lema, S., 2024.

4.4.4 *Textura*

La textura de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio, en la evaluación sensorial presentaron diferencias altamente significativas, es relevante considerar que los distintos niveles de solución de alginato de sodio indicaron que existen variaciones en la apreciación de la textura, donde la concentración 0,50% de solución de alginato de sodio, tuvo una puntuación de 5 correspondiente a la escala hedónica “me gusta ligeramente”, mientras que el nivel al 1,00 % presenta un valor de 6 correspondiente a la escala hedónica de “me gusta moderadamente”, siendo con la mejor puntuación el nivel al 1,50% con un valor de 7 correspondiente a la escala hedónica “me gusta mucho”, como se puede visualizar en la ilustración 4-9.

Los resultados de las puntuaciones en la escala sensorial indica que las diversas concentraciones de alginato de sodio podrían tener un impacto en cómo se percibe la textura de los encapsulados de frutos rojos, siendo así que los encapsulados obtenidos en una solución al 1,50% presentan un mayor grado de aceptabilidad por parte de los panelistas.

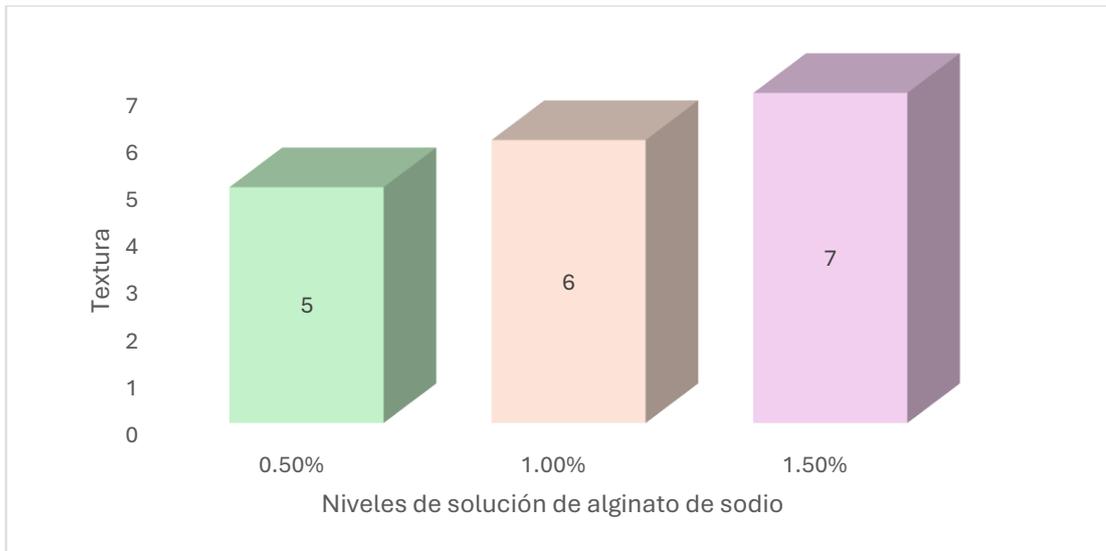


Ilustración 4-9: Valoración de textura de los encapsulados obtenidos en diferentes niveles de solución de alginato de sodio

Realizado por: Lema, S., 2024.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

La capacidad antioxidante de la mora fue de 5395,33 Trolox/ml, la cereza de 1855,33 Trolox/ml y de la mezcla de extractos de estos frutos es de 3710,00 Trolox/ml.

Al utilizar la solución de 1,50% de alginato de sodio, los encapsulados presentaron mejores características físicoquímico con una densidad de 1,2 g/ml, acidez titulable de 0,85% y una actividad de agua (aw) de 0,97 siendo óptima para la formulación de estos productos.

Los encapsulados registraron ausencia de mohos, levaduras y *E. coli*, por lo que se consideran aptas para el consumo humano.

La mayor aceptación de los encapsulados de frutos rojos presentó al utilizarse el 1,50% de solución de alginato de sodio, ya que presentaron un sabor, olor, color y textura correspondiente a la categoría de “me gusta mucho”.

RECOMENDACIONES

Elaborar encapsulados a partir de extractos de frutas utilizando una solución al 1,50% de alginato de sodio ya que permite producir esferas con mejores características y una buena aceptabilidad.

Continuar con el estudio de la obtención de encapsulados de frutos rojos mediante esferificación inversa utilizando diferentes tipos de gelificantes que permitan crear capsulas explosivas.

Difundir la importancia del consumo de encapsulados de frutos rojos ya que estos contienen antioxidantes naturales, además es un alimento que se puede incluir en la alimentación diarias ya sea en jugos, postres, yogurt y mermeladas.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUIRRE, Ana.** "Esferificación inversa de bebida nutricional sabor fresa, desarrollada para el beneficio de la niñez intermedia y determinación de su tiempo de vida útil en condiciones adecuadas". [En línea]. (Trabajo de titulación) (Licenciatura), Universidad Rafael Landívar-Guatemala, 2016. pp. 16-132, [Consulta: 2024-01-11]. Disponible en: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2016/02/07/Aguirre-Anna.pdf>
2. **ASIMAR, Morales.** "Caracterización de la esferificación funcional de alginato, goma xantana y pulpa de guanábana". [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México, 2017. p. 10. [Consulta: 2024-04-06] Disponible en: <https://repositorio.uaaan.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/42109/K%2064607%20ISAMAR%20ALEJANDRA%20MORALES%20IBARRA.pdf?sequence=1>
3. **ÁVILA, Eliana.** "Manual Mora". *bibliotecadigital* [En línea] Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial Cámara de Comercio de Bogotá.; Núcleo Ambiental S.A.S, 2015. p. 13. [Consulta: 26 de Octubre del 2023] Disponible en: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/server/api/core/bitstreams/19029956-04fa-4227-8fc8-9080c4646d57/content>
4. **AYARZA, Jorge.** "Los alginatos 20000 usos de algas submarinas". *revistas.pucp*. [En línea], 2014 (Mexico) p. 6. Vol. 28, n° 1-2. [Consulta: 12 de Enero, 2024], ISSN: 1012-3946. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/10413/10863>
5. **BARRERA, Victor, et.al.** "Tipificación de los productores de mora de Ecuador". *Repositorio*. [En línea] 2018. (Ecuador) pp. 2-3. [Consulta: 12 de Enero, 2024] Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4660/1/iniapscCD199.pdf>
6. **BARRIOS MARTÍNEZ, Felix.** "Estudios de encapsulación de polifenoles del té: Propiedades y estabilidad". [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Universidad de Valladolid, España, 2019. [Consulta: 2024-04-07.] Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/36905/TFG-MN1614.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

7. **CALVO, Miguel.** *Alginato*. [Blog] Ecuador, Bioquímica de los Alimentos 2016. [Consulta: 25 de Mayo del 2024.] Disponible en: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/alginato.html>
8. **CAMACHO, Andreina.** *Esferificación, una técnica de la gastronomía molecular*. [Blog] Ecuador 2018. [Consulta: 19 de Mayo de 2024.] Disponible en: <https://steemit.com/spanish/@andreinac/esferificacion-una-tecnica-de-la-gastronomiamolecular>
9. **CAMPAÑA, Raissa.** "Frutilla introducción para producción". [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Universidad de Guayaquil-Ecuador. 2022. pp.1-2 [Consulta:2023-10-28.] Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-de-guayaquil/biologia/frutilla-introduccion-para-produccion/23151776>
10. **CAMPOS, Alba.** *La cereza, un fruto con grandes propiedades antioxidantes*. [Blog] Salamanca:fruits 2021. [Consulta: 28 de Octubre de 2023.], Disponible en: <https://valenciafruits.com/cereza-granos-propiedadesantioxidant/#:~:text=Las%20cerezas%20son%20consideradas%20una,que%20tienen%20capacidad%20antioxidante%2C%20seg%C3%BA>
11. **CARDONA, Diana, PATIÑO, Lina & ORMAZA, Angela.** "Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión". *Revista*. [En línea] 2022. Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Vol22_num1_art:1899. p. 4. [Consulta: 6 de Abril de 2024.] Disponible en: https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/1899/829#content/citation_reference_72
12. **CASTILLO, Gemelin.** *Determinación de capacidad antioxidante en alimentos*. [Blog]. Tecnosolucionescr: Costa Rica. 2023. [Consulta: 20 de Mayo de 2024.] Disponible en: <https://www.tecnosolucionescr.net/blog/786-determinacion-de-capacidad-antioxidante-en-alimentos>
13. **DUARTE, Rodrigo y ROJAS, Marlene.** "Desmitificando la esferificación". *Academiaculinaria* [En línea] 2022. Manabí-Ecuador, Revista de Gastronomía y Cocina 1. p.

- 3.[Consulta: 19 de Mayo de 2024.] ISSN: 2953-6480. Disponible en:
<https://academiaculinaria.org/index.php/gastronomia-cocina/article/view/16/20>
14. **EFSA.** Cereza. *mapa.gob*. [En línea]. 2013, Ecuador, pp. 1-2. [Consulta: 28 de Octubre de 2023.] Disponible en:
https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/cereza_tcm30-102359.pdf
15. **ENCALADA, Jaime.** "Microencapsulacion de jugo de mandarina secado por aspersion" [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría), Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador. 2022. p. 53. [Consulta: 2023-04-06.] Disponible en:
<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9078/1/MUTC-001310.pdf>
16. **EROSKI.** *Mora*. [Blog]. Ecuador: Eroski Consumer, 2022. [Consulta: 22 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://frutas.consumer.es/mora/propiedades>
17. **ESPINEL, David.** *Mora Silvestre Rubus glaucus*. [Blog]. Ecuador:Inaturalist 2015. [Consulta: 23 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/63146-Rubus-glaucus>
18. **FEN.** *Fresa. FEN*. [Blog] Ecuador: MercadoAlimentos, 2013. [Consulta: 28 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/fresa.pdf>
19. **FERNÁNDEZ, Shiomara.** "Cereza propiedades. *Studocu*".[En línea] (Proyecto). (Licenciatura) Universidad Central del Ecuador, 2022. p. 1 [Consulta: 2023-10-28.] Disponible en: <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-central-del-ecuador/economia-agricola-ia/taxonomia-de-la-cereza/60362959>
20. **FERRAN, Adria.** *Esferificaciones*. [Blog] España: El Español. 2016. [Consulta: 15 de Octubre de 2023.] Disponible en:
https://www.elespanol.com/corazon/estilo/gastronomia/20160325/112238807_0.html
21. **FINEDININGLOVERS.** *Cereza. Finedininglovers*. [Blog] Europae:Finedininglovers, 2023. [Consulta: 28 de Octubre de 2023.] Disponible en:
<https://www.finedininglovers.com/es/noticia/todo-sobre-la-cereza>

22. **FUENTES RAMÍREZ, Angie, GARCÍA MÁRQUEZ, Cristian & HORMIGA RIBERO, Diego.** "Desarrollo de una tinta de biomaterial a base de alginato, ácido hialurónico y plasma pobre en plaquetas como posible tratamiento para las úlceras crónicas de pie". [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Autónoma de Bucaramanga, 2022. p. 83. [Consulta: 2024-04-01.] Disponible en: https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/19044/2022_Tesis_Fuentes_Ram%C3%ADrez_Angie_Daniela.pdf?sequence=1&isAllowed=y
23. **GARRIDO GUTIÉRREZ, Franklin Mauricio.** "Elaboración de encapsulados de extracto de fruta milagrosa (*synsepalum dulcificum*) como agente modificador del sabor". [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de las Américas, Quito, 2020. p. 102. [Consulta: 2024-04-01.] Disponible en: <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12192/1/UDLA-EC-TIAG-2020-22.pdf>
24. **GUIJA GUERRA, Henry & GUIJA POMA, Emilio.** Radicales libres y sistema antioxidante [En línea] Lima, Peru : Artículo de revisión, 2023, Vol. 23. pp. 3-5. [Consulta: 01 de abril del 2024.], ISSN 1727-558X. Disponible en: <https://www.horizontemedico.usmp.edu.pe/index.php/horizontemed/article/view/2158/1543>
25. **GUTIERREZ CHIPANA, Rene Gabriel.** Esferificación . *Scribd*. [En línea] Ecuador: scribd. 2022. p. 4. [Consulta: 19 de Mayo de 2024.] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/595449828/ESFERIFICACION-1>
26. **HERBAZEST.** Fresas. [Blog] Ecuador: herbazes 2023. [Consulta: 28 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://www.herbazest.com/es/hierbas/fresa>.
27. **HERNÁNDEZ, Tania, VÁZQUEZ, Alexia & GUTIÉRREZ, Juan.** Elaboración de un platillo aplicando la técnica de esferificación. [En línea] 2021, Mexico: Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA, Vol. 10, p. 19. [Consulta: 28 de Octubre de 2023.] ISSN: 2007-4913 Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/download/7914/8325/>
28. **HERRERO, Victoria.** Frutos rojos, los mejores antioxidantes naturales para tu organismo. [Blog] Ecuador:65ymas 2020 [Consulta: 16 de octubre de 2023.] Disponible en: https://www.65ymas.com/alimentacion/frutos-rojos-mejores-antioxidantes-naturales_327_102.html

29. **HURTADO, Alejandro, SELGAS, Rafael y SERRANO, Angel.** *El alginato y sus inmensas aplicaciones industriales*. [En línea] 2020. Valencia. España : Revista Iberoamericana. Vol.12. pp. 2-3, [Consulta: 16 de octubre de 2023.] ISSN 1888-8550. Disponible en: <https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/1188/573-Article%20Text-2570-1-10-20200716.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
30. **INIAP.** Mora. [Blog] 2014. Ecuador. [Consulta: 22 de Octubre de 2023.] Disponible en: <http://tecnologia.iniap.gob.ec/index.php/explore-2/mfruti/rmora>.
31. **KAMEL, Alejandra.** Encapsulación de alimentos: Técnicas y aplicaciones. [Blog] 2023. Colombia:FoodTech [Consulta: 15 de Octubre de 2023.] Disponible en: [https://thefoodtech.com/tecnologia-de-los alimentos/encapsulacion-de-alimentos-tecnicas-yaplicaciones/#:~:text=La%20encapsulaci%C3%B3n%20de%20alimentos%20es,El%20ox%C3%A9geno.2](https://thefoodtech.com/tecnologia-de-los-alimentos/encapsulacion-de-alimentos-tecnicas-yaplicaciones/#:~:text=La%20encapsulaci%C3%B3n%20de%20alimentos%20es,El%20ox%C3%A9geno.2)
32. **LINNEO, Carlos.** *Cereza Prunus cerasus*. [Blog]. 2015, Ecuador:Inaturalist. [Consulta: 23 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/68763-Prunus-cerasus>.
33. **LIPLAT.** *Cloruro de calcio*. [Blog], 2022. Santiago-Chile: liplata [Consulta: 20 de Mayo de 2024.] Disponible en: <https://www.liplata.com/usos-mas-conocidos-del-cloruro-de-calcio/>
34. **MEDINA, Karla.** Alginato. *Beneficios*. [Blog]. 2017, Ecuador: Cremas-caseras. [Consulta: 05 de Noviembre de 2023.] Disponible en: <https://www.cremas-caseras.es/gelificantes-y-espesantes-naturales/361-alginato-30gr.html#:~:text=Gracias%20a%20su%20origen%20marino,con%20ello%20un%20efecto%20lifting>.
35. **MEJÍA REYES, José et.al.** "Capacidad antioxidante: conceptos, métodos de cuantificación y su aplicación en la caracterización de frutos tropicales y productos derivados". *dialnet*. [En línea] Colombia : Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 2021. Vol. 9. N°. 1. pp. 8-10. [Consulta: 05 de Noviembre de 2023.] ISSN-e 2422-4456, Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8739331>

36. **MÉNDEZ, Daniel & QUINTERO, Juan.** Alginato de Sodio. *Researchgate*. [En línea] 2020. Colombia: Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. pp. 3-4. [Consulta: 5 de Noviembre de 2023.] ISSN: 2218-4384, Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Mendez-39/publication/294892030_Alginato_de_sodio_en_el_desarrollo_de_películas_comestibles_Sodium_alginate_in_the_development_of_edible_films/links/56e0732d08ae979addf0f379/Alginato-de-sodio-en-el-desarrollo-de
37. **MERCE, Gonzalo.** "Frutos rojos: beneficios y propiedades". [Blog] Ecuador:2021. [Consulta: 16 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://www.salud.mapfre.es/nutricion/alimentos/los-frutos-rojos-y-sus-propiedades/>
38. **MIRANDA VARGAS, Karla Alessandra.** (Estabilidad térmica, fenólica y antioxidante de la encapsulación por liofilización de los aceites esenciales de la cáscara de naranja; variedad valencia (*Citrus sinensis*). [En línea], (Trabajo de titulación). (Maestría), Universidad Agraria de la Selva. Tingo María - Perú. 2023. pp. 24-26. [Consulta: 2024-03-20.], Disponible en: http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14292/2613/TS_KAMV_2023_R1.pdf?sequence=5&isAllowed=y
39. **MOREU, María del Carmen.** *Moras. Valor nutricional de las moras.* [Blog] 2020. Ecuador:Lechepuleva. [Consulta: 26 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://www.lechepuleva.es/aprende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-a-z/m/moras#:~:text=Se%20las%20considera%20como%20frutos,aporte%20en%20hidratos%20de%20carbono>
40. **MORÓN ARAUJO, María del Rosario.** "Evaluación sensorial, fisicoquímica de yogures artesanales expendidos en mercados de Ica".[En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura), Universidad Nacional "San Luis Gonzaga", Ica-Perú, 2023. pp. 1-8. [Consulta: 2024-01-03]. Disponible en: <https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/25350778-9612-4b68-b26e-8bd32bd55cf3/content>
41. **MUÑOZ, Alejandra, SÁENZ, Aidé, LÓPEZ, Lluvia, CANTÚ, Liliana.** Ácido cítrico: compuesto interesante. *cloudfront*. [En línea] Mexico: Revista científica de la universidad autónoma de Coahuila, 2014. Vols. 6. No 12. pp. 21-22. [Consulta: 05 de Noviembre de 2023.] Disponible en: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/54702568/4_acido_citrico_informacion-

libre.pdf?1507839769=&responsecontentdisposition=inline%3B+filename%3DAcido_Citrico_Compuesto_Interesante_Citr.pdf&Expires=1721342870&Signature=TVXZ8D3TxHp9x8xhKiZJdBUknp1C9w0jTZlCXQ5vq95YITP9~FVS7QUudutdJ6z7wcB9WZQZwhTwQrVOPhnt5ZqLJTN8HWOyn8pxyH~HXb8snv7SGO5UzcOnk0cKrPYNlr6Mpm~3KzUvDTcLSDU~kUYpT3AiHeZLdm6XG2xpwtq06wYmbO~oxy2Fmo67oQEXxijQUB3LirQlq4Zcq9wLL5YFrqTJuBdRhXar7k4EQx8CndA2XkuLZSgwqo7L~j8bFkjVGJYdWkcG1ZPmmN-15uq9jVvkh9NUc-C9va61-rmvzvtlaM JCzB92nLjuw9UJLQKRvYoVdQpuFjDBVg__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

42. **MUYULEMA, Maritza.** "EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE FRESA". [En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Univesidad Técnica de Ambato, Ecuador. 2021. p. 23. [Consulta: 2023-10-28.] Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34715/1/Tesis307%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20%20Muyulema%20Chaglla%20Maritza%20Jeannette.pdf>
43. **NASPUD ROJAS, Maritza Elizabeth.** "Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos alcohólicos del bruto de mora obtenidos con tres pretratamientos térmicos". [En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. 2018. pp. 24-25. [Consulta: 2024-05-21.] Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16411/1/UPS-CT007983.pdf>
44. **NORUEGA MARGAIX, Patricia.** "Nuevas estrategias para la estabilización microbiana de alimentos mediante el uso de la nanotecnología". [En línea], (Trabajo de titulación). (Maestría), Universidad Politécnica de Valenci., España 2020. p. 20. [Consulta: 2024-04-07.] Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/151363/Noguera%20%20Nuevas%20estrategias%20para%20la%20estabilizaci%C3%B3n%20microbiana%20de%20alimentos%20mediante%20el%20uso%20de%20la%20nanotecnolog%C3%ADa.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
45. **ORTIZ, Jimena, VILA, José L. & BRAVO, Jose.** "Química de la cocina molecular; Gastronomía tradicional Boliviana; Chufalay Molecular". *Scielo*. [En línea] 2018. Bolivia, Vol.35 no., p. 14. [Consulta: 27 de Abril de 2024.] ISSN 0250-5460, Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-54602018000100001&lng=es&nrm=iso

46. **PAOLONI, Luciana.** "Historia de la cocina molecular. *pluginfile*, [En línea] 2018. Perú.OCW [Consulta: 15 de Octubre de 2023.] Disponible en: https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/59664/mod_resource/content/0/T6%20COCINA%20MOLECULAR.pdf
47. **PÁEZ AGUAS, Karol Geovanna.** "Análisis de reutilización de insumos químicos en el proceso de encapsulación con alginato de sodio". [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador, 2023. p. 37. [Consulta: 2024-01-15.] Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14047/2/03%20EIA%20593%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
48. **PASIN LUPO, Bryshila.** "Estudio de la gelificación de alginatos para encapsulación, caracterización, preparación y aplicación en alimentos funcionales". [En línea], (Trabajo de titulación). (Doctorado), Universidad de Barcelona-España. 2014. [Consulta: 2023-10-23.] Disponible en: <https://www.tesisenred.net/handle/10803/288203#:~:text=E1%20alginato%20ha%20sido%20utilizado,mejora%20su%20estabilidad%20y%20biodisponibilidad>
49. **PICO ZERNA, José Manuel, ENCALADA TORRES, Hernán Alejandro, CRIOLLO LARGO, Tatiana Karolina, ENDARA CERCADO, Widhison Fernando & SHAGÑAY REA, Segundo Manuel.** "Evaluación de tres métodos de esterilización reproductiva y su influencia sobre la conversión alimenticia". *Ciencia latina*. [En línea] 2023. Ecuador, Volumen 7, Número 3. pp. 4-5, [Consulta: 2023-10-23.] Disponible en: <https://www.ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/6348/9659>
50. **POCHTECAECUADOR.** "Ácido cítrico que es y donde se encuentra". [Blog] Ecuador: POCHTECA, 2023. [Consulta: 20 de Enero de 2024.] Disponible en: <https://ecuador.pochteca.net/acido-citrico-que-es-y-donde-se-utiliza/>
51. **QUIJANO, Mario.** *Fresa*. [Blog] Naturalist: Ecuador, 2019. [Consulta: 28 de Octubre de 2023.] Disponible en: <https://ecuador.inaturalist.org/taxa/50299-Fragaria>
52. **RIVERA TOAPANTA, Evelyn Andrea.** "Evaluación de la capacidad de esferificación de quitosano como sustituto de alginato en la elaboración del falso caviar". [En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería), UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR. 2013. pp. 25-50.

- [Consulta: 2023-11-07.] Disponible en:
<https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/696443f5-1a59-44ad-b6f6-05dadba49cbc>
53. **ROJAS SUÁREZ, Karen.** "Encapsulación de puntos de carbono en un hidrogel basado en alginato: Prueba de concepto de liberación controlada de fármacos". [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad del Rosario, Bogotá-Colombia, 2021. p. 13. [Consulta: 2023-04-06.] Disponible en:
<https://repository.urosario.edu.co/server/api/core/bitstreams/71551781-01ca-4dd3-8861-30c4a14b603d/content>
54. **SAILEMA MOYOLEMA, Jessica Viviana & NAUCIN AZOGUE, Johanna Sara.** "Efecto de un recubrimiento comestible a base de proteína concentrada de lactosuero y cera de carnauba para la conservación de la claudia" . [En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Universidad Técnica de Cotopaxi-Ecuador, 2022. p. 82. [Consulta: 2024-04-05.] Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8735/1/PC-002286.pdf>
55. **SANDOVAL, Angélica, RODRÍGUEZ, Eduardo & AYALA, Alfredo.** "Encapsulación de Aditivos para la Industria de Alimentos". *Revistaingenieria*. [En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería), 2011. Cali:Colombia, Volumen 5- No. 2. pp. 1-4. [Consulta: 28 de Octubre de 2023.] Disponible en:
https://revistaingenieria.univalle.edu.co/index.php/ingenieria_y_competitividad/article/view/2298
56. **SAN MIGUEL, Juan & VILLA, Daniela.** "Caracterización fisicoquímica y sensorial de un producto esferificado tipo Topping para el sector helados y refrescos".[En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia, 2021. p. 28. [Consulta: 2024-04-05.] Disponible en:
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/e46840e7-3498-490e-9ac8-ce640280616a/content>
57. **SOLANO DOBLADO, Luz, JIMÉNEZ MARTÍNEZ, Cristian & BELTRÁN ALAMILLA, Liliana.** "Películas y recubrimientos comestibles funcionalizados". *Scielo*. [En línea] 2020. Ciudad de México. vol.21 supl.2. pp. 2-3. [Consulta: 28 de Octubre de 2023.] Disponible en:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405888X2018000421203

58. **SORIA ZAMORA, Monserrat.** "Desarrollo de un alimento funcional a partir de frutos rojos procesado con microondas y adicionado con microcápsulas de muicle (*Justicia specigera*) con potencial antiproliferativo". [En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Universidad Veracruzana. Mexico. 2014. p. 18. [Consulta: 2024-05-07.] Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46753/SoriaZamoraMonserrat.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
59. **SUAREZ, Oscar, SÁNCHEZ, Damián & RAMOS, Miriam.** "Efecto de la concentración de alginato de sodio y cloruro de calcio en la textura de chica morada esferificada". [En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería), UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU. Lima-Perú : 2015. p. 19, [Consulta: 2024-05-07.] Disponible en: <https://repositorio.ulcb.edu.pe/handle/ULCB/30?show=full>
60. **TRELA, Valeria.** "Preservación de frutas tropicales (Quinoto, Mora y Carambola) aplicando recubrimientos comestibles". [En línea], (Trabajo de titulación). (Doctorado), Universidad Nacional de Misiones. Argentina, 2020. [Consulta: 2024-03-20.] Disponible en: https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/2997/Trela%20VD_2022_Preservaci%c3%b3n%20de%20frutas%20tropicales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
61. **VARO SANTOS, Mariade los Ángeles.** "Compuestos bioactivos y actividad antioxidante de frutos rojos y bebidas elaboradas a partir de ellos". [En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Córdoba, España, 2018. pp. 25-37. [Consulta: 2024-03-20.] Disponible en: <https://helvia.uco.es/xmlui/bitstream/handle/10396/17657/2019000001868.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
62. **VELASCO, P.** "Salchicha vegetariana adicionada de compuestos bioactivos encapsulados". [En línea], (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, 2023. pp. 32-33. [Consulta: 2024-03-20.] Disponible en: <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/4963>
63. **VILAPLANA, Montse.** "Antioxidantes presentes en los alimentos. Vitaminas, minerales y suplementos". *elsevier* [En línea] 2017. Ecuador. [Consulta: 20 de Mayo de 2024.] Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-antioxidantes-presentes-losalimentos-vitaminas-13112893>

64. **VILLAGRÁN DÍAZ, Vilma.** *Morfología y fisiología de la fresa.* [En línea], 2022. Ecuador: Biblioteca INIA. Cap. 1 p. 2 [Consulta: 28 de Octubre de 2023.] Disponible en:<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7561/NR38766.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
65. **VITERI MIRANDA, Patricia Alexandra.** "Estudio de estabilidad de la pulpa de mora sometida a un proceso de liofilización". [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería), Escuela Superior Politécnica Litoral ESPOL, Guayaquil-Ecuador, 2009. p. 4. [Consulta: 2023-10-28.] Disponible en:
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13705/1/D-43086.pdf>



ANEXOS

ANEXO A: PROCESO DE OBTENCIÓN DEL EXTRACTO DE FRUTOS ROJOS

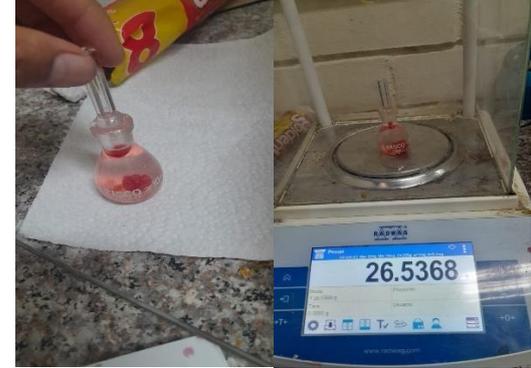


ANEXO B: OBTENCIÓN DE ENCAPSULADOS DE FRUTOS ROJOS EN DISTINTOS NIVELES DE SOLUCIÓN DE ALGINATO DE SODIO



Pesado de alginato de sodio	Preparación de soluciones
 <p data-bbox="475 524 628 562">Encapsulado</p>	 <p data-bbox="1059 512 1177 544">Envasado</p>

ANEXO C: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE LOS ENCAPSULADOS

 <p data-bbox="459 1028 639 1061">Análisis de pH</p>	 <p data-bbox="847 967 1150 1001">Acidez titulable (filtrado)</p>
 <p data-bbox="379 1426 719 1460">Acidez titulable (Titulación)</p>	 <p data-bbox="1023 1426 1214 1460">Acidez titulable</p>
 <p data-bbox="304 1834 791 1868">Densidad (Pícnometro vacío y con agua)</p>	 <p data-bbox="863 1834 1374 1868">Densidad (Pícnometro con muestra + agua)</p>



Actividad de agua (aw)



Peso de crisoles vacíos



Peso del crisol + muestra y calcinación



Incineración en mufla



Desecador



Cenizas

ANEXO D: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LOS ENCAPSULADOS



Autoclave



Agares



ANEXO E: DATOS DE LA VALORACIÓN FÍSICOQUÍMICO DE LOS ENCAPSULADOS DE FRUTOS ROJOS

NIVELES DE SOLUCIÓN DE ALGINATO DE SODIO (%)	REPETICIONES	pH	DENSIDAD	ACIDEZ TITULABLE	CENIZAS	ACTIVIDAD DE AGUA
0,50	1	3,98	0,993	0,896	0,451	0,97
0,50	2	3,83	0,994	0,883	0,442	0,971
0,50	3	3,78	1,002	0,832	0,447	0,97
0,50	4	3,86	0,996	0,87	0,445	0,97
0,50	5	3,86	0,996	0,862	0,446	0,97
1,00	1	3,86	0,989	1,024	0,449	0,97
1,00	2	3,91	1,005	0,832	0,442	0,972
1,00	3	3,89	1,004	0,922	0,456	0,971
1,00	4	3,89	1,000	0,926	0,449	0,971
1,00	5	3,89	1,003	0,893	0,449	0,971
1,50	1	3,86	0,991	0,845	0,473	0,972
1,50	2	3,82	1,016	0,87	0,424	0,971
1,50	3	3,87	1,034	0,832	0,467	0,972
1,50	4	3,85	1,014	0,849	0,446	0,972
1,50	5	3,85	1,021	0,85	0,453	0,972

Realizado por: Lema, S., 2024.

ANEXO F: PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE LA VALORACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Análisis de la varianza (pH)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	15	0,13	0	1,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,80E-03	2	1,90E-03	0,93	0,4214
Tratamientos	3,80E-03	2	1,90E-03	0,93	0,4214
Error	0,02	12	2,00E-03		
Total	0,03	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07602

Error: 0,0020 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	3,89	5	0,02 A
T1	3,86	5	0,02 A
T3	3,85	5	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza (Densidad)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Densidad	15	0,46	0,37	0,99

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,00E-03	2	5,00E-04	5,04	0,0258
Tratamientos	1,00E-03	2	5,00E-04	5,04	0,0258
Error	1,20E-03	12	1,00E-04		
Total	2,20E-03	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01683

Error: 0,0001 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	1,02	5	4,50E-03 A
T2	1	5	4,50E-03 A B
T1	1	5	4,50E-03 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Análisis de la varianza (Acidez titulable)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez titulable	15	0,37	0,26	4,92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	2	0,01	3,52	0,0628
Tratamientos	0,01	2	0,01	3,52	0,0628
Error	0,02	12	1,90E-03		
Total	0,04	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07293

Error: 0,0019 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2	0,92	5	0,02 A
T1	0,87	5	0,02 A
T3	0,85	5	0,02 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Análisis de la varianza (Cenizas)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Cenizas	15	0,06	0	2,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,00E-04	2	5,10E-05	0,38	0,6919
Tratamientos	1,00E-04	2	5,10E-05	0,38	0,6919
Error	1,60E-03	12	1,40E-04		
Total	1,70E-03	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01964

Error: 0,0001 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T3	0,45	5	0,01 A
T2	0,45	5	0,01 A
T1	0,45	5	0,01 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Análisis de la varianza (Actividad de agua)**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Actividad de agua	15	0,64	0,58	0,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,40E-06	2	3,20E-06	10,67	0,0022
Tratamientos	6,40E-06	2	3,20E-06	10,67	0,0022
Error	3,60E-06	12	3,00E-07		
Total	1,00E-05	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00092

Error: 0,0000 gl: 12

Tratamientos	Medias	n	E.E.	
T3	0,97	5	2,40E-04	A
T2	0,97	5	2,40E-04	A B
T1	0,97	5	2,40E-04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO G: FORMATO DE EVALUACIÓN PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL, TEST HEDÓNICO DE 7 PUNTOS

TEST DE ANÁLISIS SENSORIAL

ESCALA HEDÓNICA

PRODUCTO: Encapsulados de frutos rojos obtenidos en una solución con diferentes porcentajes de alginato de sodio.

FECHA: _____

Por favor pruebe las muestras que se le ofrecen e indique su nivel de agrado marcando con una X en la escala que mejor describa su reacción para cada uno de los atributos. Deber un poco de agua antes y entre cada muestra.

Puntuación	Atributo	Sabor			Olor			Color			Textura		
		321	532	843	321	532	843	321	532	843	321	532	843
7	Me gusta mucho												
6	Me gusta moderadamente												
5	Me gusta ligeramente												
4	Ni me gusta ni me disgusta												
3	Me disgusta ligeramente												
2	Me disgusta moderadamente												
1	Me disgusta mucho												

Comentario:

¡MUCHAS GRACIAS!

ANEXO H: ANÁLISIS SENSORIAL DE LOS ENCAPSULADOS DE FRUTOS ROJOS



ANEXO I: PRUEBAS ESTADÍSTICAS DE VALORACIÓN ORGANOLÉPTICA

Prueba de Kruskal Wallis

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
SABOR	T1	100	5,14	1,06	5	56,76	<0,0001
SABOR	T2	100	5,4	1,1	5		
SABOR	T3	100	6,22	1,16	7		

Tratamientos	Medianas	Ranks	
T1	5	114,96	A
T2	5	133,8	A
T3	7	202,74	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variable	Tratamiento	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
OLOR	T1	100	5,72	1,01	6	6,06	0,0375
OLOR	T2	100	5,6	1,26	6		
OLOR	T3	100	6	1,04	6		

Tratamientos	Medianas	Ranks	
T2	6	140,62	A
T1	6	143	A
T3	6	167,88	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
COLOR	T1	100	6,5	0,73	7	0,89	0,5587
COLOR	T2	100	6,28	1,06	7		
COLOR	T3	100	6,4	0,96	7		

Variable	Tratamientos	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
TEXTURA	T1	100	5,16	0,97	5	51,92	<0,0001
TEXTURA	T2	100	5,62	1,17	6		
TEXTURA	T3	100	6,26	1,06	7		

Tratamientos	Medianas	Ranks	
T1	5	108,46	A
T2	6	146,46	B
T3	7	196,58	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

ANEXO J: DATOS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS EXTRACTOS

EXTRACTOS				
REPETICIONES	FRUTILLA	CEREZA	MORA	MEZCLA
1	4372,50	1855,83	5393,33	3710,00
2	4380,83	1872,50	5405,83	3730,83
3	4364,17	1839,17	5380,83	3689,17
4	4372,50	1855,83	5393,33	3710,00
5	4372,50	1855,83	5393,33	3710,00

Fuente: INIAP 2024

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1, Cutuglaguati. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		MC-LSAIA-2201 Rev. 9
	INFORME DE ENSAYO N°: 24-0029		

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:** Srta. Silvia Janneth Lema Guamán
****DIRECCIÓN:** Riobamba Calles Diego de Covio y Esteban Marañón
FECHA DE EMISIÓN: 08/03/2024
FECHA DE ANÁLISIS: Del 29 de febrero al 08 de marzo del 2024
ANÁLISIS SOLICITADOS: Capacidad Antioxidante (ABTS)

****INSTITUCIÓN:** PARTICULAR
****ATENCIÓN:** Srta. Silvia Janneth Lema Guamán
FECHA DE RECEPCIÓN: 29/02/2024
HORA DE RECEPCIÓN: 16h02

RESULTADO DE ANÁLISIS						
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	UNIDAD
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Extracto de frutilla	24-0147	-	ABTS	4372,50	µm Trolox/100 mL
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Extracto de cereza	24-0148	-	ABTS	1855,83	µm Trolox/100 mL
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Extracto de mora	24-0149	-	ABTS	5393,33	µm Trolox/100 mL
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Extracto de frutilla+mora+cereza	24-0150	-	ABTS	3710,00	µm Trolox/100 mL

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en este documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. **NOTA DE DESCARGO:** Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en este informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

RESPONSABLES DEL INFORME	
Nombre	PhD. Iván Samaniego, MSc.
Cargo	RESPONSABLE DNC
Firma	 IVAN RODRIGO SAMANIEGO MALDONADO
Fecha	2024-03-08

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1, Cutuglaguati. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340		MC-LSAIA-2201 Rev. 9
	INFORME DE ENSAYO N°: 24-0029		

****NOMBRE DEL PETICIONARIO:** Srta. Silvia Janneth Lema Guamán
****DIRECCIÓN:** Riobamba Calles Diego de Covio y Esteban Marañón
FECHA DE EMISIÓN: 08/03/2024
FECHA DE ANÁLISIS: Del 29 de febrero al 08 de marzo del 2024
ANÁLISIS SOLICITADOS: Capacidad Antioxidante (ABTS)

****INSTITUCIÓN:** PARTICULAR
****ATENCIÓN:** Srta. Silvia Janneth Lema Guamán
FECHA DE RECEPCIÓN: 29/02/2024
HORA DE RECEPCIÓN: 16h02

RESULTADO DE ANÁLISIS							
ANÁLISIS	**TIPO DE MUESTRA	CÓDIGO DE LA MUESTRA	MÉTODO INTERNO	METODO DE REFERENCIA	RESULTADO	RESULTADO	UNIDAD
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Extracto de frutilla	24-0147	-	ABTS	4364,17	4380,83	µm Trolox/100 mL
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Extracto de cereza	24-0148	-	ABTS	1839,17	1872,50	µm Trolox/100 mL
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Extracto de mora	24-0149	-	ABTS	5380,83	5405,83	µm Trolox/100 mL
CAPACIDAD ANTIOXIDANTE	Extracto de frutilla+mora+cereza	24-0150	-	ABTS	3689,17	3730,83	µm Trolox/100 mL

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente. La toma de muestra no es responsabilidad del laboratorio, le corresponde al cliente. Los ensayos marcados con (Ω) se reportan en base seca. Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con la muestra sometida a ensayo que se detalla en este documento tal como se recibió. El laboratorio se responsabiliza de toda la información suministrada en el informe, excepto cuando la información la suministre el cliente. **NOTA DE DESCARGO:** Si el lector de este correo electrónico no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. De igual manera, la información entregada por el cliente, generada durante las actividades del laboratorio e información contenida en este informe es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por éste. Los datos marcados con ** son suministrados por cliente, el laboratorio no se responsabiliza por esta información.

RESPONSABLES DEL INFORME	
Nombre	PhD. Iván Samaniego, MSc.
Cargo	RESPONSABLE DNC
Firma	 IVAN RODRIGO SAMANIEGO MALDONADO
Fecha	2024-03-08

ANEXO K: PRUEBA ESTADISTICA DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Análisis de varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Capacidad Antioxidante	20	1	1	0,28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	33250061,2	3	11083353,7	94603,18	<0,0001
Extractos	33250061,2	3	11083353,7	94603,18	<0,0001
Error	1874,5	16	117,16		
Total	33251935,7	19			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=19,58545

Error: 117,1563 gl: 16

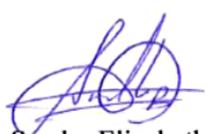
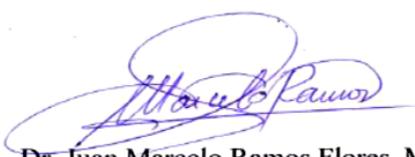
Extractos	Medias	n	E.E.	
MORA	5393,33	5	4,84	A
FRUTILLA	4372,5	5	4,84	B
PREPARADA	3710	5	4,84	C
CEREZA	1855,83	5	4,84	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 05/08/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Silvia Janneth Lema Guaman
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Agroindustria
Título a optar: Ingeniera Agroindustrial
 Bqf. Sandra Elizabeth López Sampedro, Mg. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
 Dr. Juan Marcelo Ramos Flores, MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR