



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGROINDUSTRIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**ELABORACIÓN DE YOGUR ARTESANAL A BASE DE
CIRUELA AMARILLA (*Spondias mombin L.*) CON TRES
ESTADOS DE MADURACIÓN**

AUTORA

QUIMÍ REYES MARÍA CLARA

TUTOR

BLGO. JAIME SANTOS PINARGOTE, M.Sc.

GUAYAQUIL, ECUADOR

2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGROINDUSTRIA

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: ELABORACIÓN ARTESANAL A BASE DE CIRUELA AMARILLA (*Spondias mombin L.*) CON TRES ESTADOS DE MADURACIÓN, realizado por la estudiante QUIMÍ REYES MARÍA CLARA; con cédula de identidad N°0943517979 de la carrera AGROINDUSTRIA, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

Blgo. Jaime Santos Pinargote, M.Sc.

Guayaquil, 04 de septiembre del 2024



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
“DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ”
CARRERA AGROINDUSTRIA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: “ELABORACIÓN DE YOGUR ARTESANAL A BASE DE CIRUELA AMARILLA (*Spondias mombin L.*) CON TRES ESTADOS DE MADURACIÓN”, realizado por la estudiante QUIMÍ REYES MARÍA CLARA, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

LCDA. CAROLINA PAZ YÉPEZ, PhD.
PRESIDENTE

ING. JULIO PALMAY, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

ING. YOANSY GARCÍA ORTEGA, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

BLGO. JAIME SANTOS PINARGOTE, M.Sc.
EXAMINADOR SUPLENTE

Guayaquil, 05 de diciembre del 2024

DEDICATORIA

A mis padres, quienes con su apoyo, paciencia y amor incondicional han sido parte fundamental en este camino, impulsándome a seguir incluso cuando los obstáculos parecían insuperables.

A mis profesores, cuya orientación y sabiduría fueron esenciales en mi formación académica. A través de su guía, he aprendido a desafiar mis límites y a alcanzar metas con confianza y determinación.

A mis amigos, quienes han estado a mi lado en momentos de dificultad y de alegría.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres María Reyes y Antonio Quimí, cuyo apoyo, sacrificios y amor han sido el cimiento sobre el cual he construido mi camino hacia la culminación de esta tesis.

El respaldo de mis abuelas; Clara Salvador y Lucía Santana, mis tías y tíos por su disposición para brindarme apoyo en los momentos fundamentales para mi progreso.

Agradezco también a mis amigos por sus palabras de ánimo y los momentos de distracción, que me permitieron alcanzar un equilibrio entre el trabajo académico y el descanso.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo QUIMÍ REYES MARÍA CLARA, en calidad de autora del proyecto realizado, sobre “ELABORACIÓN DE YOGUR ARTESANAL A BASE DE CIRUELA AMARILLA (*Spondias mombin L.*) CON TRES ESTADOS DE MADURACIÓN” para optar el título de INGENIERA AGROINDUSTRIAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autora me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Guayaquil, 05 de diciembre de 2024

QUIMÍ REYES MARÍA CLARA

C.I. 0943517979

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue desarrollar un yogur artesanal a base de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*), para su aprovechamiento dentro de la industria alimenticia, para lo cual los tratamientos planteados se basaron en tres estados de maduración. La determinación del estado de maduración se realizó por color y se consideraron referencias científicas para el establecimiento de los grados al que correspondería cada color, siendo los seleccionados Grado 1 (verde), Grado 3 (amarillo-rojizo) y Grado 5 (rojo), estos además contaron con análisis fisicoquímicos, en donde se obtuvieron valores favorables de pH (2,86), °Brix (8,83) y colorimetría, los cuales evidenciaron valores directamente proporcionales al aumento de su estado de maduración por su contenido de sólidos solubles óptimo para yogur. Posteriormente, la elaboración del producto incluyó dos partes, la primera fue la preparación de jalea de la ciruela amarilla de acuerdo a los tratamientos y también del yogur que se procuró alcanzar una textura muy firme. Las formulaciones de yogur se analizaron a nivel microbiológico según la Normativa Técnica Ecuatoriana INEN 2395:2011 resultando en una presencia no significativa de UFC/g, es decir que se cumplió con los rangos permitidos. Para finalizar, el tratamiento T3 con la ciruela más madura, mostró mejores resultados de contenido de fibra ($0,09 \pm 0,015$ %), proteína ($0,967 \pm 0,158$ g/L), antioxidantes ($0,380 \pm 0,006$ g/L), destacándose en carotenoides ($1,400 \pm 0,270$ µg/mL) y clorofila ($3,230 \pm 0,208$ µg/mL). Además, dicho tratamiento fue el que mayor aceptabilidad sensorial con 39.26 %.

Palabras clave: *Ciruela amarilla, espectrofotometría, estado de maduración, jalea, yogur.*

ABSTRACT

The objective of the research was to develop an artisanal yogurt made from yellow mombin (*Spondias mombin L.*), for the use in food industry. The treatments were based on three stages of ripeness. Ripeness was determined by color, and scientific references were considered to establish the degree corresponding to each color: Grade 1 (green), Grade 3 (yellow-reddish), and Grade 5 (red). These also had physicochemical analyzes, yielding favorable values for pH (2,86), °Brix (8,83), and colorimetry, which showed a direct proportional relationship with the increase in ripeness due to the optimal soluble solids content for yogurt. Subsequently, product preparation included two parts: the first was the preparation of yellow mombin jelly according to the treatments, and the second was yogurt production, aimed at achieving a very firm texture. The yogurt formulations were microbiologically analyzed according to the Ecuadorian Technical Standard INEN 2395:2011, resulting in an insignificant presence of CFU/g, indicating compliance with the permitted ranges. Finally, treatment T3, with the ripest fruit, showed the best results for fiber content ($0,09 \pm 0,015$ %), protein ($0,967 \pm 0,158$ g/L), antioxidants ($0,380 \pm 0,006$ g/L), and was notable for carotenoids ($1,400 \pm 0,270$ µg/mL) and chlorophyll ($3,230 \pm 0,208$ µg/mL). Moreover, this treatment had the highest sensory acceptability at 39.26 %.

Keywords: *Yellow plum, spectrophotometer, state of ripeness, jelly, yogurt.*

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.1 Antecedentes del problema..... | 1 |
| 1.2 Planteamiento y formulación del problema..... | 2 |
| 1.3 Justificación de la investigación | 3 |
| 1.4 Delimitación de la investigación | 4 |
| 1.5 Objetivo general | 5 |
| 1.6 Objetivos específicos | 5 |
| 1.7 Hipótesis o idea a defender..... | 5 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 6 |
| 2.1 Estado del arte | 6 |
| 2.2 Bases científicas y teóricas de la temática | 10 |
| 2.3 Marco legal..... | 17 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 20 |
| 3.1 Enfoque de la investigación..... | 20 |
| 3.2 Metodología..... | 21 |
| 4. RESULTADOS..... | 40 |
| 4.1 Determinación de los grados Brix, pH y colorimetría por método CIELab en ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>) para la elaboración de yogur artesanal..... | 40 |
| 4.2 Análisis de los parámetros microbiológicos (coliformes totales, recuento de <i>E. coli</i> y recuento de mohos y levaduras) en las tres formulaciones según Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2395: 2011..... | 41 |
| 4.3 Caracterización la composición del yogur en cuanto a proteína, lípidos, fibra, pH, pigmentos (clorofila y carotenoides) y actividad antioxidante de cada formulación de yogur artesanal de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4 Aceptabilidad sensorial de las formulaciones de yogur artesanal por medio de una escala hedónica y panel sensorial no entrenado..... | 44 |
| 5. DISCUSIÓN | 47 |
| 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 53 |
| 6.1 Conclusiones..... | 53 |
| 6.2 Recomendaciones..... | 54 |
| BIBLIOGRAFÍA | 55 |
| ANEXOS | 61 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----------|
| Anexo N° 1: Grados de madurez de la ciruela (<i>Spondias purpurea</i> L.)..... | 61 |
| Anexo N° 2: Ciruelas amarillas (<i>Spondias mombin</i> L.) en sus tres estados de maduración..... | 61 |
| Anexo N° 3: Etiqueta del fermento láctico de marca comercial..... | 61 |
| Anexo N° 4: Etiqueta de indicaciones técnicas del fermento láctico (YO – MIX 300 L LYO 10 DCU)..... | 62 |
| Anexo N° 5: Prueba de aceptabilidad sensorial con estudiantes (panelistas no entrenados) de yogur con jalea de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin</i> L.)..... | 62 |
| Anexo N° 6: Toma de muestras de ciruelas amarillas (<i>Spondias mombin</i> L.) para análisis de pH. | 63 |
| Anexo N° 7: Obtención de muestras de ciruelas amarillas para análisis de sólidos solubles..... | 63 |
| Anexo N° 8: Medición de °Brix en muestra de ciruela amarilla en refractómetro. | 64 |
| Anexo N° 9: Preparación de las muestras en cubetas para análisis de proteína en espectrofotómetro..... | 64 |
| Anexo N° 10: Colocación de muestras en cubetas para análisis de lípidos en espectrofotómetro..... | 65 |
| Anexo N° 11: Uso de espectrofotómetro para lectura de lípidos..... | 65 |
| Anexo 12: Medición de pH en muestra de yogur de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin</i> L.)..... | 66 |
| Anexo N° 13: Resultados de análisis de pigmentos en yogur de ciruela amarilla en espectrofotómetro. | 66 |
| Anexo 14: Resultados de análisis de fibra en yogur de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin</i> L.)..... | 67 |
| Anexo N° 15: Ficha de análisis sensorial..... | 69 |
| Anexo N° 16: Información recopilada de análisis sensorial Tratamiento 1..... | 70 |
| Anexo N° 17: Datos de los parámetros sensoriales en estudio correspondiente al Tratamiento 2..... | 73 |

| | |
|--|-----------|
| Anexo N° 18: Datos de los parámetros sensoriales en estudio correspondiente al Tratamiento 3..... | 76 |
| Anexo N° 19: Análisis estadístico de medición de Grados Brix de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 79 |
| Anexo N° 20: Análisis estadístico de medición de pH de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 79 |
| Anexo N° 21: Análisis estadístico de medición de Colorimetría de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 80 |
| Anexo N° 22: Análisis de varianza de proteína en yogur de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 82 |
| Anexo N° 23: Análisis de varianza de lípidos en yogur de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 82 |
| Anexo N° 25: Análisis de varianza de pH en yogur de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 83 |
| Anexo N° 26: Análisis de varianza de pigmentos (clorofila) en yogur de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 83 |
| Anexo N° 27: Análisis de varianza de pigmentos (carotenoides) en yogur de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 84 |
| Anexo N° 28: Análisis de varianza de actividad antioxidante en yogur de ciruela amarilla (<i>Spondias mombin L.</i>)..... | 84 |
| Anexo N° 29: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de estudio sensorial de color..... | 85 |
| Anexo N° 30: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de análisis sensorial de olor..... | 85 |
| Anexo N° 31: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de estudio sensorial de textura. | 86 |
| Anexo N° 32: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de estudio sensorial de sabor..... | 86 |
| Anexo N° 33: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de estudio sensorial de dulzor..... | 87 |

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

A nivel global existe un interés representativo con relación al consumo de productos que aporten nutrientes necesarios para incluirlos dentro de la dieta diaria común de las personas, tal es el caso de los productos lácteos, así lo indican Gálvez y Molina (2020) que en países como Australia se sugiere el consumo de leche, queso y yogur, dado a que pueden proporcionar beneficios en la salud cardiovascular. De la misma forma en países como China, Letonia y Hungría reconocen el provecho en contenido de nutrientes que contribuirían en la protección contra enfermedades y a su vez para el mantenimiento de una flora intestinal saludable.

Según Clúster Alimentario de Galicia (2020) la producción de yogures entre el periodo 2015 y 2020 se destacó principalmente en países como Alemania, Francia y España, seguidos de Brasil, México, Australia, Reino Unido, China, Japón y Estados Unidos. Por otra parte, en el mercado alrededor del 77 % de yogures contienen algún aditivo, entre ellos se encuentran endulzantes, espesantes, estabilizantes e incluso los yogures con sabor a frutos rojos o frutos de verano han llegado a representar un 35 % de la producción.

Durazzo et al., (2022), acerca de los aditivos alimentarios indican que existen los colorantes de tipo sintéticos que se utilizan ampliamente en la industria, pero progresivamente han sido sustituidos por aquellos que son de origen natural, debido a que, su uso se ha relacionado con efectos secundarios, toxicidad y reacciones alérgicas. Por lo contrario, los colorantes alimentarios de origen natural parecen proporcionar alta calidad, eficiencia y propiedades organolépticas.

Dentro del contexto nacional la Revista Líderes (2017), en su artículo titulado “Yogures y quesos son la apuesta para ganar mercado” establecen que el 70 % del yogur producido en el Ecuador es de sabor fresa o frutilla, lo cual genera gran oportunidad a la industria láctea por innovar dentro del rubro diversificando el mercado para atraer a los consumidores a optar por este tipo de productos.

En el Ecuador existe una diversidad importante de frutas, debido a que su ubicación geográfica se lo permite al contar con características climáticas y suelos

de calidad que favorecen la producción de determinados cultivos, sin embargo, ciertos tipos de frutas no son aprovechadas en la industria alimentaria, por tal razón es inminente la necesidad del procesamiento novedoso y alternativo para satisfacer la demanda de los consumidores por productos nutritivos e innovadores.

De acuerdo a Montigue y Pérez (2017), en nuestro país la ciruela *Spondias mombin L.*, poco conocida, recibe denominaciones como jobo, ciruela amarilla, ciruela de puerco y ciruela de monte. Es una drupa ovoide contiene una semilla, se desarrolla en bosques húmedos y secos, además puede llegar a tener variaciones con relación al color entre ellos el amarillo, anaranjado, rojo, verde o café verdoso.

Marquínez y Rizzo (2015) establecen que los cultivos de ciruelas se asientan en las comunas denominadas Juntas del Pacífico, actualmente Santa Elena, donde se presentan dos variedades, la ciruela del área con un 12 %, el ciruelo costeño con 7 % representando de esta forma una producción de 421 hectáreas y en la región Interandina hay una producción de 20.000 a 30.000 kilos por hectáreas.

Con relación al interés del desarrollo de productos lácteos se desarrolló un estudio de yogures probióticos elaborados con *Lactobacillus rhamnosus* y pulpa de frutas ricas en antioxidantes como albaricoque, frambuesa, ciruela y jamun. Los resultados mostraron que estos yogures presentan mayor acidez y niveles más bajos de pH debido a las propiedades de las frutas, mientras que su actividad antioxidante disminuye gradualmente durante el almacenamiento por desnaturalización. El estudio concluye que el uso de este cultivo tiene potencial en la preparación de yogures probióticos enriquecidos con antioxidantes (Kumar y Kumar, 2016).

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

En la industria láctea se ofertan diversidad de productos, los cuales entre sus componentes tienen aditivos como colorantes y saborizantes que en su mayoría son de tipo artificial utilizados principalmente por otorgarles el mejoramiento de las características organolépticas y capacidad estabilizante, sin embargo, esto podría provocar efectos adversos en la salud de los consumidores, así lo mencionan Nigg, Lewis y Kalk (2012), aproximadamente el 8 % de los niños con TDAH pueden

experimentar síntomas relacionados con colorantes sintéticos, sugiriendo que una dieta libre de estos aditivos podría ser beneficiosa para algunos casos.

En la industria alimentaria el uso de colorantes naturales se ve favorecido, debido a los métodos y tecnologías de extracción de color a partir de materias primas que poseen una amplia gama de pigmentos como antocianinas, betalaínas, carotenoides y clorofilas, permitiendo así la obtención de ingredientes estables y de menor costo. A pesar de esto, no se cuenta con una gran variedad de frutas que pueden ser aprovechadas para este tipo de procesos, a causa de la falta de investigación e información sobre otras frutas poco comunes y sus componentes que podrían ser de interés para las industrias que a su vez podrían aportarle características innovadoras ante un mercado competitivo y sobre todo para los consumidores (Pino y Vergara, 2022).

En base a lo anterior, proporcionar opciones menos perjudiciales sería lo ideal para los consumidores que exigen productos con características nutricionales favorables y que no representen un riesgo para la salud. Por lo cual, el presente estudio se enfocó en desarrollar un producto lácteo con aditivos de origen natural para los consumidores que cada vez se alinean con la tendencia de alimentos saludables para incorporarlos a sus dietas diarias.

1.2.2 Formulación del problema

La formulación establecida inicialmente para la tesis fue “¿Qué grado de madurez de la ciruela amarilla determinado por colorimetría presentará mejores condiciones para la elaboración de yogur artesanal?”

1.3 Justificación de la investigación

El yogur contiene varios nutrientes debido al proceso de fermentación y los procesos de fabricación, además contiene muchos micronutrientes como, vitaminas, calcio, zinc, entre otros. Por tanto, impulsar investigaciones en donde se experimente la combinación de frutas y otros sabores a los yogures podría potenciar las características en cuanto a los nutrientes, así lo sustentan Hasegawa y Bollin (2023) que el yogur puede aprovecharse como medio para introducir componentes

bioactivos de frutas fortificándolo con innumerables nutrientes para superar las deficiencias nutricionales en las personas.

Conforme a las investigaciones sobre las combinaciones del yogur y las fruta Ahmad et al., (2022) en su artículo sobre la fortificación del yogur con alimentos e ingredientes funcionales bioactivos especifican que las frutas también se han considerado una fuente de nutrición y se asocian con beneficios para la salud, por tal razón, se indicaría que se puede producir un producto alimenticio extranutritivo que mejoraría la salud en los consumidores.

Los colorantes alimentarios y los agentes aromatizantes son algunos de los aditivos alimentarios más importantes. Estas moléculas se incorporan para cumplir diversas funciones tecnológicas, que incluyen proporcionar color, conservar, endulzar, mejorar la textura, secar o humedecer el producto alimenticio final. Producir nuevos colorantes alimentarios que sean seguros y eficaces y que al mismo tiempo reduzcan el coste del producto final es un desafío importante para la industria alimentaria. También es preferible utilizar ingredientes naturales como aditivos alimentarios en lugar de sintéticos. Los colorantes alimentarios naturales son un área importante de estudio en la industria alimentaria (Raturi et al., 2023).

A partir de perspectiva social es relevante destacar el apoyo en la innovación y desarrollo de productos que favorezcan a los consumidores sobre todo en aspectos de salud, por ello los resultados obtenidos servirán de sustento y guía para la creación e investigación de proyectos con características semejantes.

1.4 Delimitación de la investigación

- **Espacio:** El presente trabajo se llevó a cabo en la ciudad de Guayaquil en la Facultad de Ciencias Agrarias, en la Universidad Agraria del Ecuador, Campus Dr. Jacobo Bucaram Ortiz.
- **Tiempo:** Se realizó por un periodo de 6 meses, según cronograma indicado 2023 - 2024.
- **Población:** El producto se dirige hacia un público en general que desee un alimento lácteo a base de un fruto exótico.

1.5 Objetivo general

Evaluar el grado de maduración de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) para el desarrollo de un yogur artesanal.

1.6 Objetivos específicos

- Determinar los grados Brix, pH y colorimetría por método CIELab en ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) para la elaboración de yogur artesanal.
- Realizar análisis de los parámetros microbiológicos (coliformes totales, recuento de *E. coli* y recuento de mohos y levaduras) en las tres formulaciones según Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2395: 2011.
- Caracterizar la composición del yogur en cuanto a proteína, lípidos, fibra, pH, pigmentos (clorofila y carotenoides) y actividad antioxidante de cada formulación de yogur artesanal de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*).
- Establecer la aceptabilidad sensorial de las formulaciones de yogur artesanal por medio de una escala hedónica y panel sensorial no entrenado.

1.7 Hipótesis o idea a defender

La hipótesis planteada al inicio del trabajo experimental fue: “Una de las formulaciones desarrolladas a partir del grado de madurez de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) obtendrá mejores condiciones para el desarrollo óptimo de un yogur artesanal”.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

Garcia-Pacheco y Cabrera (2023), caracterizaron de forma fisicoquímica una variedad de ciruela (*Spondias purpurea L.*) teniendo en cuenta diferentes grados de maduración, los cuales clasificaron según cinco grados de madurez de acuerdo al porcentaje de maduración, definidos desde color verde al 90 % (grado 1) al color rojo al 80 – 90 % (grado 5). De los parámetros fisicoquímicos que se evaluaron, establecieron que los grados de madurez para cosechar más idóneos se encuentran entre los grados 4 y 5, puesto que presentaron un tamaño, peso, firmeza de cáscara óptimos e inclusive tenían mayor contenido de carotenoides y sólidos solubles, menor acidez, estos pueden ser considerados como parámetros de selección de fruta previos al empleo en procesamientos agroindustriales.

Zhou, Gao y Giusti (2020) investigaron el impacto del cultivo y la madurez en la acumulación de antocianinas y otros fitoquímicos en la baya del saúco americano, así como el rendimiento del color de sus extractos de antocianinas. Para ello, examinaron los grados Brix, el pH, las antocianinas (método diferencial de pH) y el contenido fenólico Adams', 'Johns', 'Nova', 'Wyldeewood' y 'York'. Obteniendo como resultados que el extracto de frutos completamente maduros exhibió tonos rojos (I vis-max ~520 nm) y azules (I vis-max ~600 nm) a pH ácido y alcalino, respectivamente. Mientras, que los extractos de frutas medio maduras produjeron tonos amarillentos y un color apagado en general. Por tanto, la alta proporción de antocianinas aciladas, junto con la expresión de tonos azules (λ vis-max ~600 nm) de sus extractos bajo pH alcalino, lo convierten en una alternativa prometedora a los tintes sintéticos y amplía el espectro de colores naturales.

Guavita-Vargas et al., (2018) estudiaron el contenido de carotenoides, clorofila y pectinas en cuatro variedades de frutos de guayaba incluyendo también análisis de sus estados de maduración como verde, madurez fisiológica, pintón y maduro. Posterior, a los análisis espectrofotométricos y gravimétricos, determinaron que la variedad Regional Blanca tuvo mayor contenido de carotenoides en estado de madurez pintón, respecto al mayor porcentaje clorofila lo obtuvo por su estado

de madurez verde, y por último Regional Blanca destacó en su contenido de pectina en estado de madurez fisiológica.

Díaz y Villa (2021), en su trabajo de grado efectuaron un análisis de tipo fisicoquímico y valoración sensorial de un yogur elaborado a base de pitahaya amarilla y sus subproductos como las semillas y cáscara. Los tratamientos incluían variación en el tipo de edulcorante utilizado, en este caso Stevia o azúcar convencional y la proporción de jalea de pitahaya empleada (15 % p/p o 30 % p/p). Durante el desarrollo de investigación, se observó que ambos factores tuvieron un impacto estadísticamente significativo en los parámetros fisicoquímicos y en la evaluación sensorial llevada a cabo, en donde resaltaron las muestras elaboradas con azúcar fueron las más preferidas y presentaron propiedades fisicoquímicas superiores. Los resultados señalan que la formulación que contenía azúcar y 15 % p/p de jalea de pitahaya resultó ser un yogur con destacables características de estabilidad y apetecible para los consumidores.

Quinzo (2019), desarrollaron dos bebidas lácteas fermentadas de sabor a aguacate (*Persea americana Mill*) y ciruela (*Spondias purpurea L.*) que llevaron a análisis fisicoquímicos y con software *Design expert* establecieron diferentes tratamientos, que una vez culminada la investigación, concluye que la mejor formulación, es la que describen a continuación para el caso de yogur de aguacate: 81 % de leche entera, 10,12 % de yogur natural y 8,87 % de jalea de aguacate, mientras que para yogur de ciruela fue un 81 % de leche entera, 10 % de yogur natural, 10 % de jalea de ciruela. A su vez, fueron examinados de forma sensorial características como el aroma, textura, sabor, color y aceptabilidad.

Golmakan et al., (2021) evaluaron las formulaciones de granada (13 % y 17 %) agregándolos al yogur, seguido de un análisis de sus características fisicoquímicas y propiedades microbianas. El estudio estableció que la adición de granada mejoró características del yogur, tales como el contenido fenólico total de 4,3 a 6,1 y 5,3 a 7,3 veces con relación al 13 % y 17 % de jugo de granada, respectivamente. Sin embargo, los yogures sufrieron acidificación cuando se añadió jugo de granada al yogur, lo que provocó una reducción consiguiente del pH. Por tanto, una mayor sinéresis del yogur provocó una menor calidad de textura. En

conclusión, bajas concentraciones de jugo de granada (es decir, 13%) pueden proponerse como una excelente alternativa para producir yogur saborizado con alta calidad nutricional.

Díaz (2019), realizó una extracción de colorantes de la pulpa de mango (*Mangifera indica l*), cáscara de mandarina (*Citrus reticulata*) y cáscara de la piña (*Ananas comosus*), a los cuales efectuó un análisis proximal de humedad, cenizas, proteínas y fibra, posteriormente para la extracción de pigmentos utilizó el equipo soxhlet con una muestra fresca y seca de 50 g y 90 % de etanol, luego obtuvo el extracto con un rotovapor a 45 ± 5 °C. Los resultados indicaron que el colorante con mayor rendimiento fueron la cáscara de piña 12 %, cáscara de mandarina 11 % y pulpa de mango 10 %. Para la determinación microbiológica se evaluó *Escherichia coli*, coliformes, mohos y levaduras <10 UFC/mL, dando como resultado la inocuidad del colorante. Finalmente, se aplicó 2 mL de colorante en un yogurt natural de 100 mL y se valoró su vida útil durante cada 5 días, midiendo pH en un lapso de 25 días donde se alcanzaron valores entre 4,18 y 4,25. En análisis sensorial para la determinar el de mayor aceptabilidad los panelistas indicaron que el colorante de cáscara de piña presentaba mejores características de color, sabor y olor.

Szołtysik et al., (2021), realizaron un análisis de yogures enriquecidos con bayas de madreSelva azul y un preparado de almidón resistente, para lo cual, como resultados indican que la preparación a partir de bayas de madreSelva, rica en polifenoles y compuestos iridoides, y almidón resistente, caracterizado por buena solubilidad en agua, alto poder de hinchamiento y baja susceptibilidad a la amiloglucosidasa, puede ser un aditivo atractivo para la producción de alimentos funcionales. El primero, aplicado en la producción de yogures, resultó en un aumento de su potencial antioxidante y les dio un agradable color púrpura intenso. Aunque las antocianinas y los iridoides disminuyeron durante dos semanas de almacenamiento en frío de los yogures (a un ritmo mayor en el caso de las antocianinas), su actividad eliminadora de radicales libres y su poder antioxidante reductor férrico se mantuvieron estables.

Ferreira et al., (2021), evaluaron parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y la aceptabilidad del yogur funcional, con y sin suplementación de fructooligosacáridos, sabor mombin amarillo. Para ello, elaboraron cuatro formulaciones de yogur: dos con leche entera con y sin suplementación de fructooligosacáridos, y dos con leche desnatada con y sin suplementación de fructooligosacáridos. Se caracterizó pH, acidez titulable, sólidos solubles, estándares de calidad microbiológica, recuento de bacterias lácticas totales y análisis sensorial de las formulaciones. En cuanto al pH, la formulación elaborada con leche entera y fructooligosacáridos mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) respecto a las demás formulaciones. Por otra parte, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en cuanto a acidez titulable y sólidos solubles. Por último, el recuento total de bacterias lácticas ha mostrado valores elevados que cumplen con los parámetros correspondientes a normativas.

Najgebauer-Lejko et al., (2021), elaboraron yogures probióticos con una adición del 10 % de purés edulcorados partir de bayas de saúco, espino amarillo y endrinas y evaluar su composición química, acidez y contenido de polifenoles y antocianinas, poder antioxidante, parámetros de color, textura y aceptación sensorial. Como resultados, establecieron que la adición de saúco y endrinas aumentó significativamente la capacidad antioxidante de los yogures probióticos, debido a un alto contenido de polifenoles, especialmente antocianinas. Sin embargo, las antocianinas fueron más estables en bayas de saúco en comparación con las endrinas. Por lo tanto, las bayas de saúco tienen un mayor potencial en términos de agregar un color púrpura oscuro a los yogures. Las bayas de espino amarillo no aportaron mucha capacidad antioxidante a los yogures, pero proporcionaron un color amarillo brillante. Además, que todos los tratamientos con yogur se caracterizaron por una buena calidad sensorial.

Saeedd et al., (2021), realizaron análisis fisicoquímicos (pH, acidez, cenizas, grasas, proteínas, fibra, sinéresis, contenido de sólidos totales y contenido de humedad) para comprobar el perfil nutricional del yogur y el efecto del polvo de hojas secas de moringa sobre el mismo. La evaluación sensorial (textura corporal, apariencia, color, sabor, aroma, sabor y aceptabilidad general) también la realiza un

panel de expertos científicos en alimentos (n = 20) mediante el uso de una escala hedónica de 9 puntos (9 = “me gusta mucho” y 1 = “no me gusta mucho”) para verificar la aceptabilidad y calidad del producto. Los resultados muestran que el yogur con sabor a mango suplementado con un 1 % de polvo de hoja de *Moringa oleifera* obtuvo la puntuación más alta en la mayoría de los atributos sensoriales como cuerpo y textura, aroma, sabor y aceptabilidad general durante un período de almacenamiento de 15 días a 5 ± 1 °C.

Ahmed et al., (2023) en su artículo investigativo concluyeron que agregar yogur fortificado con calabaza aumenta el β -caroteno, un ingrediente funcional para luchar contra la deficiencia de vitamina A en los humanos. Entre los tres tratamientos el yogur fortificado con 20 y 15 % de pulpa de calabaza contenían una mayor cantidad de β -caroteno, proteínas, fibra y cenizas, y menos carbohidratos, grasas y energía en comparación con tratamiento control. Según la evaluación de los panelistas sensoriales con escala hedónica de 9 puntos (1 = no me gusta mucho y 9 = me gusta mucho), indicaron que el tratamiento con 15 % de pulpa de calabaza logró una aceptabilidad general significativamente más alta ($p < 0,01$). Por tanto, la investigación actual revela que la incorporación de pulpa de calabaza al yogur mejora significativamente sus propiedades funcionales, próximas y sensoriales, particularmente el contenido de β -caroteno, lo que podría ser una alternativa muy rentable para prevenir la ceguera en los niños.

2.2 Bases científicas y teóricas de la temática

2.2.1 Yogur

Pinto (2006), el yogur es un tipo de leche ácida modificada que se menciona ha es originaria de Bulgaria. Respecto a su elaboración se pueden emplear no solo leche vacuna sino también de oveja, cabra, entera, semi descremada o descremada, cabe mencionar que es fundamental que se encuentre pasteurizada. El consumo y lugar son determinantes para la utilización de un tipo de leche para la elaboración de este tipo de productos lácteos. Por ejemplo, en Europa oriental es común la leche de cabra, en India y Egipto predomina la leche de Búfala, mientras que, en Sudamérica, y Europa Occidental sobresale la producción y preferencia en

la leche de vaca. El tipo de leche utilizada para su elaboración depende del lugar en donde se elabora y consume.

2.2.1.1. Definiciones.

De acuerdo a Normativa INEN 2395: 2011 se indican las siguientes definiciones entorno a los tipos de leches fermentadas:

Leche Fermentada natural. Es el producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, elaborado a partir de la leche por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoeléctrica). Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de vencimiento. Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación, no se aplica el requisito de microorganismos viables. Comprende todos los productos naturales, incluida la leche fermentada líquida, la leche acidificada y la leche cultivada y al yogur natural, sin aromas ni colorantes (INEN 2395, 2011).

Yogur. Es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivaris subsp. thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias benéficas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto. Puede ser adicionado o no de los ingredientes y aditivos indicados en esta norma (INEN 2395, 2011).

2.2.1.2. Composición nutricional.

El yogur es un subproducto de la fermentación de la leche el cual contiene bacterias vivas y activas distinguiéndolo de otros productos lácteos frescos comunes. El método de procesamiento y los ingredientes utilizados hacen que el contenido nutricional del yogur varíe. A diferencia de la leche, el yogur natural contiene más nutrientes específicos, incluidos proteínas, potasio y calcio, como resultado de los procesos de fermentación y fabricación que producen un producto lácteo más concentrado (Abdi-Moghadam et al., 2023).

Arranz (2019), describe la composición nutricional de yogur natural:

Tabla 1.
Composición nutricional de un yogur natural.

| Nutriente/100 g | Contenido por unidad (125 g) |
|------------------------|-------------------------------------|
| Energía (kcal) | 71 |
| Proteína (g) | 5 |
| Grasas saturadas (g) | 2.9 |
| Grasa (g) | 3.4 |
| Calcio (mg) | 171 |
| Fósforo (mg) | 119 |
| Vitamina D (µg) | 0.1 |
| Vitamina A (µg) | 34 |
| Hidratos de carbono | 7 |
| Azúcares | 7 |

Fuente: Arranz (2019)

2.2.1.2.1. Lípidos.

Babio, Mena, y Salas (2017), el yogur contiene una elevada concentración de ácidos grasos (AG) de cadena corta y media de fácil absorción. Además de ácidos grasos saturados (AGS), el yogur contiene ácidos grasos trans (AGT) de origen natural. La grasa láctea está cambiando el paradigma habitual de los ácidos grasos saturados (AGS) y los posibles daños sobre la salud, actualmente evidencias publicadas demuestran que la grasa láctea comparada con otras grasas de origen animal podría asociarse a posibles beneficios sobre la salud como la prevención de la diabetes mellitus tipo 2.

2.2.1.2.2. Proteínas.

Babio, Mena y Salas (2017), indica que en el campo científico se ha presentado un interés en los péptidos que conforman parte del yogur, a causa de la variedad de propiedades antihipertensivas, antimicrobianas, hipolipemiantes y sobretodo importante con la prevención de la acumulación de grasa a nivel central.

También se considera que el yogur como producto lácteo contienen una cantidad considerable de proteínas de alto valor biológico y digestibilidad, lo cual se debe a la acción de diferentes bacterias proteolíticas que actúan en el proceso de formación del producto, liberando péptidos y aminoácidos.

2.2.1.2.3. Vitaminas.

Abdi et al., (2023), el yogur se considera uno de los alimentos útiles en la dieta de las personas debido a su alta digestibilidad y biodisponibilidad de proteínas, calcio, potasio y vitaminas del grupo B, además destacan otros como la tiamina, piridoxina, riboflavina, vitamina A, vitamina E y vitamina K. Inclusive los consumidores de yogur llegaban a tener cantidades adecuadas de vitaminas B2 y B12, calcio, potasio, magnesio y zinc en comparación con aquellos que no consumían yogur en su dieta, lo que indica que una dieta de mejor calidad contiene yogur. Por otra parte, existen factores como el origen de la leche y las bacterias lácticas que determinan las vitaminas del yogur.

2.2.1.2.4. Minerales.

Lisko, Johnston y Johnston (2017), señalan que el consumo regular de yogur durante 6 semana en una cantidad de 250 g/día en adultos cambió la composición de la microbiota intestinal, de la misma forma se resalta que el consumo de yogur cubre requerimientos de otras vitaminas y minerales, y no principalmente el calcio. Incluso llegan a mencionar que una porción de yogur cubre entre alrededor de 20 - 40 % de micronutrientes como: las vitaminas B12, B2, además de magnesio y zinc.

2.2.2 Bacterias lácticas

Vega (2018), define a las bacterias ácido lácticas como microorganismos que en ausencia de oxígeno degradan carbohidratos como la lactosa, para sintetizar ácido láctico y energía, mediante un proceso denominado fermentación láctica. En la industria láctea estos microorganismos se utilizan como fermentos lácticos o iniciadores del proceso de fermentación láctica para la elaboración de distintos productos como quesos, yogures, leches fermentadas y otros productos derivados de la leche. El tipo de especie bacteriana utilizada como iniciador en el proceso de

fermentación es un factor determinante en la calidad nutricional y características sensoriales del producto final.

2.2.2.1. Tipos de fermentos.

2.2.2.1.1. *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*.

El *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (*Lb. bulgaricus*, en adelante), una de las tres subespecies de *libras. delbrueckii*, es un miembro facultativo anaeróbico, inmóvil y no formador de esporas. Existe un interés creciente en estudiar los sistemas proteolíticos de especies específicas de *Lactobacillus*, particularmente *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* y *L. delbrueckii subsp. lactis*. Dado a que, estas especies desempeñan un papel crucial en la industria láctea como cultivos iniciadores para productos lácteos fermentados, y su sistema proteolítico no sólo es vital para su crecimiento, sino que también contribuye al desarrollo de las características organolépticas de los productos finales. Además, ha habido un interés creciente en el potencial de estas cepas para producir péptidos bioactivos con propiedades promotoras de la salud (Elean et al., 2023).

2.2.2.1.2. *Streptococcus thermophilus*.

Streptococcus thermophilus es un iniciador tradicional. Hoy en día, aspectos clave de *S. thermophilus* se han revelado rasgos fenotípicos relevantes para aplicaciones industriales, incluido el metabolismo del azúcar, la hidrólisis de proteínas y la producción de metabolitos importantes que afectan las propiedades sensoriales de los alimentos fermentados, así como la cooperación original. es muy utilizado por su capacidad de acidificación en la industria láctea para la elaboración de diferentes alimentos fermentados. Se utiliza solo para producir leches fermentadas, particularmente con el objetivo de producir alimentos funcionales, porque además de ácido láctico, también produce bajos niveles de formiato, acetoína, diacetilo, acetaldehído y acetato como productos finales adicionales (Ruiting et al., 2023).

2.2.3 Aditivos alimentarios

2.2.3.1. Colorantes naturales.

Los colorantes utilizados en los alimentos son de origen natural, por ejemplo, el azafrán, orceína (extraída de ciertos líquenes), cochinilla (obtenida de ciertos insectos de la familia *Coccidae*, parásito de algunos cactus), caramelo (pasta de azúcar convertido en almíbar), remolacha roja (extracto acuoso de raíz de remolacha roja), alizarina (obtenida de maderas tropicales) e índigo (del índigo planta o glasto, un arbusto europeo). Entre los métodos actuales de recolección, extracción, purificación, estabilización y estandarización, se encuentran disponibles varios colorantes alimentarios naturales, como antocianinas, betalaínas, clorofilas y carotenoides, incluyen diferentes grupos de compuestos químicos que pueden usarse directamente como colorantes o en formas modificadas químicamente para producir diferentes tonos, que van desde el verde a amarillo, naranja, rojo, azul y violeta, según los compuesto (Novais et al., 2022).

2.2.3.2. Colorantes artificiales.

En la industria, los colorantes sintéticos se modifican química o físicamente productos con características deseables para la fabricación, tales como alta pureza, capacidad colorante, estabilidad, brillo, amplia gama de tonalidades, uniformidad y reproducibilidad en la producción, y bajo coste en comparación con los colorantes naturales. Sin embargo, a pesar de la continua investigación para compuestos sintéticos, muchos de ellos son para humanos, y se basan en los últimos descubrimientos sobre los efectos secundarios y los problemas de toxicidad (Novais et al., 2022).

2.2.3.3. Problemas asociados con los conservantes.

En la actualidad, se ha vuelto común el uso de conservantes sintéticos/artificiales (ya que son baratos y fáciles de conseguir), lo que no ha sido ampliamente aceptado por los consumidores, a causa de los efectos adversos amenazantes para la salud, lo cual ha sido la principal razón de preocupación para los investigadores por la presencia de sustancias químicas peligrosas en los productos. Por tal motivo, existe una necesidad de búsqueda de conservantes

novedosos y seguros de fuentes naturales para diversos productos farmacéuticos, cosméticos y alimenticios, ya que es evidente que los conservantes naturales serían mejores en términos de calidad, seguridad y longevidad del producto (Rathee et al., 2023).

2.2.4 Ciruela amarilla

2.2.4.1. Taxonomía.

Hernández (2022), menciona que la ciruela amarilla tiene como nombre científico *Spondias mombin*, que además tiene otros sinónimos como *Spondias purpureas*, *Spondias cirouella* y *Spondias cytherea*, mientras que su división es de las Magnoliophyta. Por último, pertenece a la familia de las *Anacardiaceae* del género *Spondias* especie *spondias*.

2.2.4.2. Composición nutricional.

Esta fruta en su composición es rica en fibra, aporta vitamina A y C en grandes cantidades, posee calcio, hierro, fósforo, sodio, zinc, manganeso, y aporta calorías aproximadamente 159 kcal por 100 g de producto (Montigue y Pérez, 2017).

Por otra parte, Hernández (2022), presenta el contenido nutricional del fruto de ciruela amarilla con relación a una cantidad de 100 gramos en la tabla 2.

Tabla 2.

Características nutricionales de ciruela amarilla.

| Nutrientes | Cantidad |
|-------------------|-----------------|
| Energía | 61 |
| Proteína | 0.80 |
| Grasa total | 0.10 |
| Glúcidos | 16 |
| Fibra (g) | 0.20 |
| Calcio (mg) | 11 |
| Vitamina A (mg) | 23.33 |
| Vitamina C (mg) | 31 |

Fuente: Hernández (2022).

2.2.4.3. Características del árbol de ciruela amarilla.

Es un árbol de copa ancha que llega a alcanzar entre 4 a 8 metros de altura. Sus ramas con retorcidas y gruesas incluyendo otras que son quebradizas y frágiles. Las hojas tienen de 7 a 22 centímetros de largo y de 4 a 12 centímetros de ancho, están compuestas de 5 a 12 pares de folíolos elípticos de color púrpura cuando son jóvenes y verdes cuando maduran, que caen antes de la floración. Las hojas son de color verde amarillento. Asimismo, tiene una amplia copa muy extendida es un árbol o arbusto caducifolio de tronco corto e irregular que se ramifica desde 1 m de altura, adquiriendo 80 centímetros de diámetro (Hernández, 2022).

2.2.5 Saborizantes

Constante (2010), establece que dentro de los saborizantes utilizados para la elaboración de yogur existe la vainilla, curaba, miel y todos los sabores de que pueden obtenerse de las frutas. Incluso en este grupo también se encuentran los dulcificantes que se extraen de hierbas, frutas naturales y compuestos sintéticos que emitan sabores naturales.

2.3 Marco legal

Según Reglamento de Control y Regulación de la cadena de producción de la leche y sus derivados se establecen los siguientes artículos:

Art 1.- Objetivo.- Asegurar la inocuidad y calidad en los procesos de producción, manipulación, elaboración, almacenamiento, transporte y comercialización de la leche y sus derivados, incluido suero de leche, para garantizar el acceso a los mercados, enmarcadas en el fomento, promoción y desarrollo de la producción delimitando las competencias de las instituciones para regular y controlar la cadena de producción de leche y sus derivados (incluido el suero de leche); prevenir las prácticas anticompetitivas que puedan inducir a un error, confusión o engaño a los consumidores (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2018).

El Servicio Nacional de Sanidad (SENASA) respecto a los Principios Generales de higiene de la leche y productos lácteos menciona:

Art 32.- Inocuidad de la leche y los productos lácteos. - La leche y sus derivados no deben presentar ningún contaminante físico, químico o microbiológico en un grado que pueda representar un riesgo la salud de los consumidores.

Se encuentra prohibido el uso de leche de animales que previamente hayan sido tratados con medicamentos que puedan ser transferidos a la leche o que el periodo de retiro no se haya respetado (SENASA, 2015).

De acuerdo al Servicio Ecuatoriano de Normalización para la producción de leches fermentadas se requiere tener en consideración de las siguientes normas que se detallan a continuación:

Para el procesamiento de leches fermentadas se debe cumplir con las características de calidad que se detallan en la Norma NTE INEN 2395: 2011.

2.3.1 Normativas relacionadas con leches fermentadas

Con relación, es necesario tener en cuenta las especificaciones de tipo bromatológico en este caso para leches enteras para proceso de obtención de yogur que se describe en la tabla 3.

Tabla 3.

Requisitos bromatológicos para leches enteras fermentadas.

| Requisitos | Entera | | Método de ensayo |
|---|----------|----------|------------------|
| | Min % | Max % | |
| Contenido de grasa | 2,5 | ... | NTE INEN 12 |
| Proteína, % m/m | | | |
| En yogur, kéfir, kumis, leche cultivada | 2,7 | ... | NTE INEN 16 |
| Alcohol etílico, % m/m | | | NTE INEN 379 |
| En kéfir suave | 0,5 | 1,5 | |
| En kéfir fuerte | .. | 3,0 | |
| Kumis | 0,5 | .. | |
| Presencia de adulterantes | Negativo | Negativo | NTE INEN 1500 |
| Grasa Vegetal | Negativo | Negativo | NTE INEN 1500 |
| Suero de Leche | Negativo | Negativo | NTE INEN 2401 |

Fuente: INEN 2395 (2011).

2.3.2 Requisitos microbiológicos para las leches fermentadas

Valenzuela (2020) indica que la inocuidad es una característica esencial en los productos lácteos, por tanto, considerando la naturaleza del yogur al ser perecedero se encuentra susceptible a afectaciones, puesto que la procedencia de las bacterias podría tener diversos orígenes desde la obtención de materia prima hasta el procesamiento como tal del producto.

Tabla 4.

Requisitos microbiológicos de leches fermentadas, sin pasteurización después de la fermentación.

| Requisito | n | m | M | c | Método de ensayo |
|--------------------------------------|---|-----|-----|---|------------------|
| Coliformes totales, UFC/g | 5 | 10 | 100 | 2 | NTE INEN 1529-7 |
| Recuento de <i>E. coli</i> , UFC/g | 5 | <1 | - | 0 | NTE INEN 1529-8 |
| Recuento de mohos y levaduras, UFC/g | 5 | 200 | 500 | 2 | NTE INEN 1529-10 |

Fuente: INEN 2395 (2011).

En donde:

n = Número de muestras que se va a examinar

m = El índice máximo permisible para poder identificar el nivel de buena calidad.

M = Es el índice máximo permisible que es para identificar nivel aceptable de calidad.

C = El número de muestras permisibles con resultados que existe entre m y M.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

Para el estudio de la temática el enfoque de investigación que se estableció fue mixta, puesto que intervinieron métodos cuantitativos y cualitativos para el análisis de forma específica aquellos factores de interés inmersos en el estudio experimental que incluye de manera esencial la recolección, diagnóstico e interpretación de los datos bajo una perspectiva objetiva.

Este enfoque permitió responder la pregunta de investigación de manera adecuada porque la combinación metodológica fortaleció la validez y confiabilidad de los resultados al contrastar y corroborar los datos obtenidos para alcanzar conclusiones y argumentaciones más sólidas.

3.1.1 Tipo y alcance de la investigación

El proyecto de estudio tuvo una investigación de tipo documental, puesto que se empleó diferentes artículos científicos, revistas y académicos con temáticas similares al tema planteado, éstos sirvieron de aporte a nivel teórico y a su vez en el desarrollo del proyecto por los conocimientos y técnicas explicativas fundamentadas, esto como parte de una investigación cualitativa que permitió una mejor comprensión acerca de la contribución de la importancia y autenticidad de los resultados inmersos en la investigación.

Además, la investigación se basó en una parte experimental, dado a que se estableció la elaboración de diferentes formulaciones a fin de obtener el tratamiento que presente mejores características fisicoquímicas, pigmentación y sensoriales, las cuales fueron analizadas por análisis de laboratorio. También, se incluyó una investigación cuantitativa que permitió la medición de variables facilitando la objetividad y comparación de resultados que en conjunto con técnicas estadísticas proporcionaron relevancia y validez al estudio.

3.1.2 Diseño de investigación

La investigación conlleva un diseño experimental, puesto que relacionó variables para alcanzar resultados y conclusiones que respondieron a la hipótesis planteada. Considerando lo anterior se propuso desarrollar tres tratamientos de

yogur, donde las diferencias radican principalmente en el grado de madurez por color de la ciruela amarilla (verde, amarillo y amarillo-rojizo), que permitieron determinar si el uso de cada variación influyó significativamente en el contenido de pigmentos y características fisicoquímicas, además del aspecto organoléptico del producto final.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente.

Formulación de una bebida tipo yogur con la utilización de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) con diferentes grados de maduración (verde-amarillo, amarillo y amarillo rojizo).

3.2.1.2. Variable dependiente.

- Grado de maduración (Grados Brix, pH y colorimetría con CIELab).
- Características microbiológicas del yogur (coliformes totales, recuento de *E. coli* y recuento de mohos y levaduras).
- Contenido de proteína, grasa, fibra, pH y pigmentos (carotenoides y clorofila).
- Características sensoriales (nivel de aceptabilidad).

3.2.2 Matriz de operacionalización de variables

Tabla 5.

Matriz de operacionalización correspondiente a variable dependiente.

| Variable dependiente | | | |
|---|--------------|--------------|--|
| Variabes | Tipo | Nivel medida | Descripción |
| Grado de maduración (fruta) | Cuantitativo | Continua | Determinado por grados brix y pH |
| Colorimetría | Cualitativo | Nominal | Escala CIELAB |
| Características microbiológicas del yogur | Cuantitativo | Continua | Coliformes totales, recuento de <i>E.coli</i> y mohos y levaduras Norma INEN 2395: 2011 |

| Variables | Tipo | Nivel medida | Descripción |
|---|--------------|---------------------|--|
| Determinación de las características fisicoquímicas del yogur | Cuantitativo | Ordinal | Contenido de proteínas, grasa, fibra, pH y pigmentos |
| Características sensoriales | Cualitativo | Ordinal | Escala hedónica de 5 puntos |

Elaborado por: La Autora, 2024.

Tabla 6.

Matriz de operacionalización correspondiente a variables independientes.

| Variables independientes | | | | |
|---------------------------------|-------------|------------------------|-----------|--|
| Variables | Tipo | Nivel de medida | de | Descripción |
| Estado de maduración | Cualitativa | Nominal | | Tres grupos -Verde-amarillo - Amarillo - Rojizo |

Elaborado por: La Autora, 2024.

3.2.3 Tratamientos

Para el establecimiento de una adecuada formulación de los tratamientos, se realizó una previa indagación de información sobre las normas, revistas científicas, tesis y libros relacionados con el producto (yogur). De acuerdo a la investigación, se consideró la mejor formulación de yogur de ciruela (*Spondias purpurea L.*) propuesta por Quinzo (2019), el cual consta de leche entera (80 %), yogur natural (10 %) y jalea de ciruela (10 %), dicha formulación fue determinada por un Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA). Con relación a lo anterior, para el presente estudio se establecen tres formulaciones para ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) que se muestra a continuación, en la tabla 7.

Tabla 7.
Formulación para yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).

| Insumos | Unidades (g) | % |
|---------------------------|--------------|------------|
| Leche entera | 2.520 | 84 |
| Bacterias lácticas | 15 | 0.5 |
| Jalea de ciruela amarilla | 465 | 15.5 |
| Total | 3000 | 100 |

Elaborador por: La Autora, 2024.

Para cada formulación se emplearon las mismas proporciones, en donde cada tratamiento se diferenció principalmente por los grados de maduración definidos por el color de la ciruela amarilla, para ello, se tuvo en cuenta la clasificación de grados de madurez de la ciruela (*Spondias purpurea* L.) establecida por Garcia-Pacheco y Cabrera (2023) el cual se indica en el Anexo 1.

Según la clasificación de ciruela, en el presente estudio se empleó el estado de madurez grado 2, grado 3 y grado 5 de la ciruela amarilla para la elaboración de yogur en sus distintas formulaciones, esto descrito en la tabla 8 a continuación:

Tabla 8.
Tratamientos para elaboración de yogur de ciruela amarilla.

| | Tratamientos | | |
|-----------------------------------|----------------|----------------|-----------------|
| | Tratamiento I | Tratamiento II | Tratamiento III |
| Grado de madurez por color | Verde-amarillo | Amarillo | Amarillo rojizo |

Elaborado por: La Autora, 2024.

3.2.4 Diseño experimental

Para el estudio investigativo se utilizó un diseño completamente al azar compuesto por los tres tratamientos de yogur con ciruela amarilla de tres grados de madurez anteriormente descritos y tres repeticiones para las variables de laboratorio consideradas: índice de maduración ($^{\circ}$ Brix), proteína, lípidos, fibra, pH, pigmentos y actividad antioxidante.

También, se desarrolló una prueba sensorial a los tres tratamientos de yogur por medio de una prueba afectiva de aceptabilidad sensorial (color, sabor, textura, olor y aceptabilidad general) con 100 panelistas no entrenados, para lo cual se empleó una ficha con escala hedónica de cinco puntos. Para dicho análisis sensorial se aplicó un diseño completamente al azar.

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1. Recursos.

3.2.5.1.1. Recursos bibliográficos.

- Revistas científicas
- Libros en línea
- Repositorio de la Universidad Agraria del Ecuador
- Tesis de grado

3.2.5.1.2. Materias primas.

- Leche entera
- Fermento láctico (*Lactobacillus*)
- Ciruela amarilla
- Azúcar

3.2.5.1.3. Equipos para elaboración de yogur.

- Recipientes de acero inoxidable
- Balanza
- Estufa
- Termómetro
- Licuadora industrial

3.2.5.1.4. Determinación de grados de madurez.

- Refractómetro
- Espectrofotómetro

3.2.5.1.5. Equipos para determinación de proteínas.

- Tubos de ensayo

- Termómetro
- Centrífuga
- Espectrofotómetro

3.2.5.1.6. Equipos para determinación de grasas.

- Termómetro
- Centrífuga
- Espectrofotómetro
- Congelador

3.2.5.1.7. Equipos para determinación de fibra.

- Homogeneizador

3.2.5.1.8. Equipos para determinación de pH.

- pH metro

3.2.5.1.9. Equipos para determinación de pigmentos.

- Centrífuga
- Espectrofotómetro
- Congelador

3.2.5.1.10. Equipos para determinación de coliformes totales.

- Cuenta colonias
- Placas Petri
- Balanza analítica

3.2.5.1.11. Equipos para determinación de *Escherichia coli*.

- Autoclave
- Tubos Durham
- Termómetro

3.2.5.1.12. Equipos para determinación de mohos y levaduras.

- Placas Petri
- Balanza analítica

- Pipetas

3.2.5.2. Métodos y técnicas.

3.2.5.2.1. *Obtención de jalea de ciruela amarilla (Spondias mombin L.).*

Descripción de diagrama de flujo de obtención de jalea de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*).

Recepción de materia prima: Por medio de un análisis visual se determinó la madurez fisiológica de las ciruelas amarillas (*Spondias mombin L.*).

Clasificación: Para la selección se descartó aquellos frutos que presentaron daños mecánicos. Como parte esencial, se agrupó los frutos de acuerdo a su índice de madurez por color de interés (verde amarillo, amarillo, amarillo rojizo).

Lavado y desinfección: Para asegurar la inocuidad se realizó el lavado con agua clorada (hipoclorito de sodio 70 mg/L o 5 mL/L).

Escaldado: Para la inactivación de enzimas de deterioro se procedió a escaldar las ciruelas a una temperatura de 95°C por alrededor de unos 5 minutos.

Despulpado: Se realizó la obtención de pulpa de la fruta (ciruela amarilla), descartando las semillas.

Pesado: Para este proceso se pesaron los insumos con relación a la pulpa de ciruela amarilla obtenida y azúcar para alcanzar una mezcla adecuada.

Cocción: En la cocción se consideró llegar a una temperatura de 90 °C por 20 - 25 minutos hasta alcanzar consistencia densa.

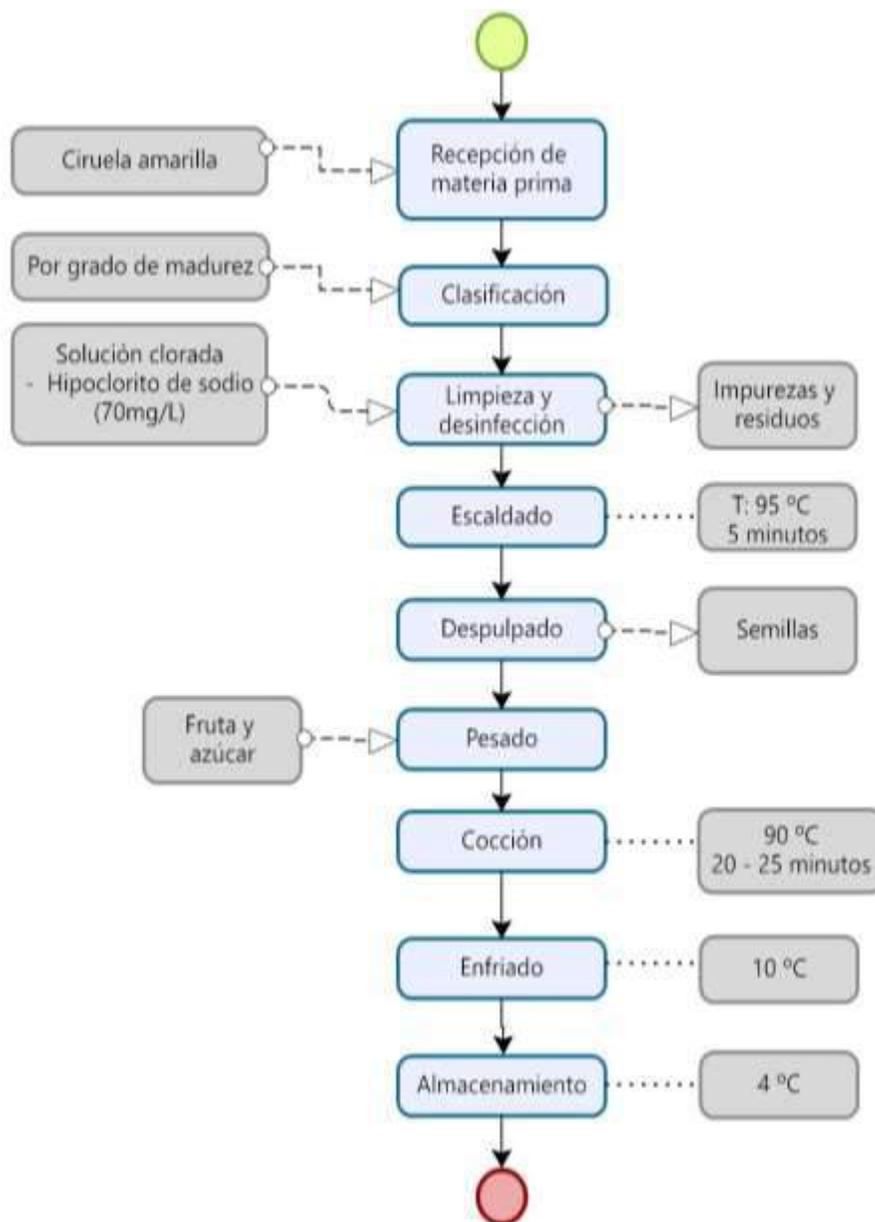
Enfriado: El proceso de enfriado se realizó en un tiempo de 10 minutos a una temperatura en agua helada.

Envasado: Se envasó el producto obtenido en recipientes de vidrio con tapa rosca.

Almacenamiento: El almacenado de la jalea de ciruela se efectuó a una temperatura de 4 °C.

Figura 1.

Diagrama de flujo para la obtención de jalea de ciruela amarilla (Spondias mombin L.).

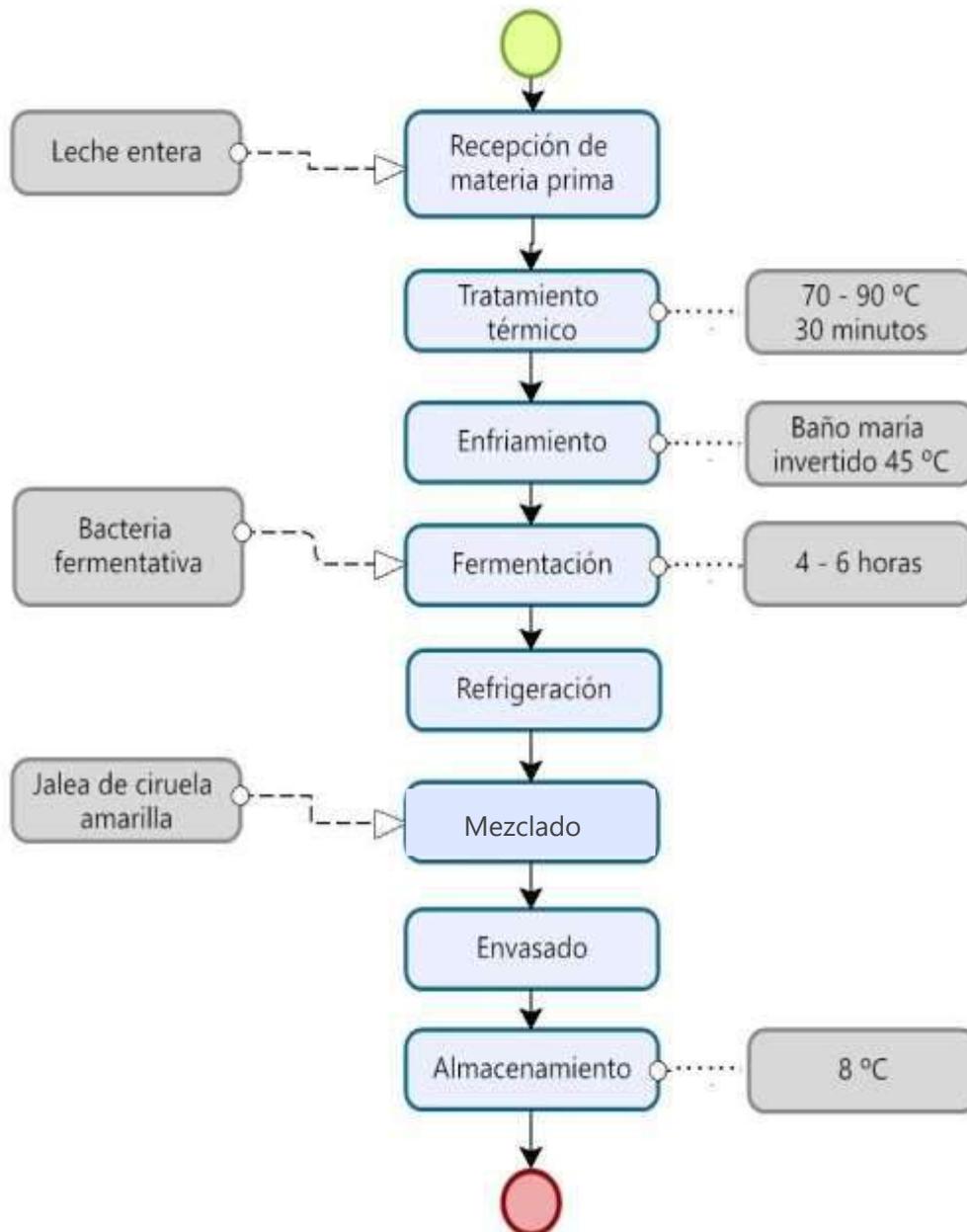


Elaborado por: La Autora, 2024.

3.2.5.2.2. Elaboración de yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin*).

Figura 2.

Diagrama de flujo de la obtención de yogur de ciruela amarilla (Spondias mombin L.).



Elaborado: La Autora, 2024.

Descripción de diagrama de flujo de la elaboración de yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*).

Recepción de materia prima: Se revisó la materia prima, y se los mantuvo en óptimas condiciones para esa forma evitar alteraciones en las características organolépticas como color, sabor, olor y textura.

Tratamiento térmico: Se calentó la leche hasta llegar a 70 °C sin sobrepasar los 90 °C por 30 minutos. Una vez alcanzada la temperatura, se evidenció las primeras burbujas en el borde de la olla y se procedió a retirar del calor.

Enfriamiento: Se dejó enfriar hasta llegar a 45 °C. Una forma de realizar es con baño maría invertido, es decir en agua con hielos e ir mezclando para ayudar a que se enfríe más rápido. Luego, se verificó con termómetro la temperatura deseada.

Fermentación: Se agregó fermento láctico, según indicación de la marca comercial.

Refrigeración: Se continuó con un proceso de refrigeración de por lo menos 2 horas para que tome una textura más espesa.

Mezclado: Cuando el yogur alcanzó una textura firme, en el fondo se adicionó la jalea de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*), teniendo en cuenta las formulaciones acordes al estado de maduración.

Envasado: Se colocó en un recipiente de plástico hermético la jalea de ciruela amarilla y posteriormente el yogur que deberá tener una textura óptima de firmeza.

Almacenamiento: Se llevó a cabo ingresando el producto terminado a un refrigerador o frigorífico a temperatura de 8 °C.

3.2.5.2.3. Determinación de sólidos solubles (°Brix) en ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*)

Para el procedimiento de determinación de sólidos solubles se empleó un refractómetro manual acorde a lo establecido por la Norma Mexicana (NMX-F-103, 1982)

- Primero, se limpió y secó la tapa y el prisma.
- Después, con ayuda de un gotero se colocaron 2 gotas de las muestras y se usó directamente en el prisma del refractómetro manual, el cual constaba dentro de un rango Brix/ATC 28 – 62 %.
- Se cerró ligeramente la tapa del prisma con el fin de que la muestra ingresada se reparta de manera homogénea.

- Para la lectura se debió sostener el refractómetro frente a una fuente de luz natural o artificial para de esa forma observar la línea que indica el valor de la escala, en ciertos casos se giró el ocular cuidadosamente a fin de precisar la lectura.
- Se movió el brazo giratorio para alcanzar un campo visual que permitió observar una parte oscura y otra luminosa, la cual se conoce como “línea margen”
- El prisma se limpió y secó adecuadamente para retirar los residuos que pudieran influir en las mediciones posteriores.

3.2.5.2.4. Determinación de pH en ciruela amarilla (*Spondias mombin*).

Para la determinación de pH de la ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) en diferentes estados de maduración se llevó a cabo los siguientes pasos:

- Se calibró el electrodo del pH metro “Eutech Pocket Tester-Ecoph Test 2” con solución “Buffer Solution” de pH 7.00, 4.0, 7.0 y 10.0 sumergiéndolo y ajustando el potenciómetro.
- Luego, se enjuagó el electrodo con agua destilada y se secó.
- Se insertó el electrodo en las muestras designadas hasta que la lectura se estabilice para registrar el valor de pH.

3.2.5.2.5. Determinación de colorimetría con CIELab pH en ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*).

Para la determinación según el color de la fruta se expresó en parámetros CIELab madurez, para lo cual se seleccionaron diferentes estados de maduración de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*). De acuerdo con Zaccari et al., (2017), explicaron la metodología de realización de determinación de colorimetría el espacio de color CIELab

- Se utilizó un Colorímetro Konica Minolta CR-400, y un iluminante D65, empleando el espacio de color L^*a^*b , en donde se determinaron los parámetros de luminosidad (L^*), coloración de rojo a verde (a^*) y coloración de amarillo a celeste (b^*).
- Se calculó los parámetros de color con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Ángulo de tono } (^{\circ}\text{h}_{ab}) = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \times \frac{180}{\pi}$$

$$\text{Saturación } C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$\text{Diferencia de color } (\Delta E_{ab}) = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

3.2.5.2.6. Determinación de proteína.

La cuantificación de proteínas se realizó por medio de espectrofotometría, el cual conllevó los siguientes procedimientos:

- En 3 tubos de ensayo se agregaron 9 mL de agua destilada y luego 1 mL de cada tratamiento en estudio respectivamente para posteriormente agitarlos para alcanzar una solución homogénea.
- Luego, considerando la ficha técnica se preparó la solución Bradford Dye Reagent, Ready-to-Use soln.
- Se utilizaron 3 tubos Eppendorf por tratamiento, en donde cada uno contenía 300 μl por muestra y 1 mL de solución Bradford.
- Los tubos fueron mezclados de forma adecuada para llevarlos a incubación en un tiempo de entre 5 a 10 minutos.
- Por último, las soluciones obtenidas se colocaron en cubetas espectrofotométricas para la respectiva lectura de absorbancia por triplicado de cada una de las muestras.

3.2.5.2.7. Determinación de grasa.

El procedimiento para la cuantificación de lípidos se detalla a continuación:

- Se utilizó 1 mL de muestra por tratamiento y éstos se trasladaron a un tubo de ensayo, en donde se le incorporó a cada tubo 2 mL de metanol y 3 mL de cloroformo.
- Las muestras se dejaron en reposo a temperatura ambiente.
- De los tubos de ensayo se retiró 1 mL de la mezcla realizada para enseguida trasladarlo a otro tubo de ensayo. Posteriormente, los tubos se introdujeron a una mufla a 160 $^{\circ}\text{C}$, con el fin de que el solvente contenido se evaporara y finalizado el proceso se dejó enfriar cada tubo.

- Después, se agregaron 3 mL de ácido sulfúrico a los tubos con cada muestra y se llevaron al proceso de calcinación por medio de la mufla a 160 °C por 15 minutos.
- Cuando se enfriaron los tubos de ensayo la solución obtenida se trasladó una pequeña muestra a las cubetas espectrofotométricas para las mediciones y lecturas de absorbancia.

3.2.5.2.8. Determinación de fibra.

El procedimiento para la determinación de fibra se describe de acuerdo a la Norma Mexicana (NMX-F-090-S, 1978).

- A 2 gramos de muestra se le extrajo la grasa, y si era menor del 1 %, se podía omitir la extracción.
- Se transfieren 2 gramos de la muestra a un vaso de 600 mL, evitando la contaminación con la fibra de papel. Luego, se adicionó 1 gramo de asbesto preparado y 200 mL de ácido sulfúrico al 1,25 % en ebullición.
- El vaso se colocó en el aparato sobre una placa caliente preajustada para que hirviera exactamente durante 30 minutos. Se giró el vaso constantemente para impedir que se adhirieran los sólidos a las paredes.
- Se retiró el vaso y se filtró por medio de papel. El vaso se enjuagó con 50-70 mL de agua hirviendo, la cual se vertió sobre el papel,
- Se lavó el residuo hasta que el agua de lavado alcanzara un pH igual al del agua destilada.
- El residuo se transfirió a un vaso con 200 mL de NaOH al 1.25 % en ebullición durante 30 minutos.
- Se retiró el vaso y se filtró en un Buckner con papel filtro de masa cocida y cenizas conocidas. Se lavó con agua hasta que las aguas de lavado alcanzaron un pH igual al del agua destilada. El residuo se transfirió a un crisol de masa constante y se secó a 130 °C por 2 horas. Se enfrió y se determinó su masa.
- Se calcinó nuevamente a 600 °C por 30 minutos. Finalmente, se enfrió y se determinó nuevamente su masa.

3.2.5.2.9. Determinación de pH.

Para la determinación de pH del yogur de ciruela amarilla se realizaron los siguientes procedimientos:

- Se utilizó un vaso precipitado con un 50 mL de las muestras de cada tratamiento.
- Previo al uso del pH metro debe calibrarse, para ello utilizó un buffer de pH 4.0, 7.0 y 10.0.
- Posteriormente, se introdujo el electrodo del pH metro, más específicamente el bulbo de vidrio.
- Por último, se procedió a realizar la lectura.

3.2.5.2.10. Determinación de pigmentos.

Para la cuantificación de pigmentos se utilizó una mezcla de acetona:metanol 2:1 para posteriormente calcular por espectrofotometría, para ello, se continuó el proceso con lo siguiente:

- Se centrifugó 2 mL de las muestras de cada tratamiento para descartar el sobrenadante y seguidamente, se añadieron 2 mL de solvente al pellet resultante.
- En 3 tubos de ensayo se agregaron 9 mL de agua destilada y luego 1 mL de cada tratamiento en estudio para posteriormente agitarlos para alcanzar una solución homogénea.
- De la solución obtenida se extrajeron 2 mL de muestra que deben estar muy bien agitadas para luego añadir 3 mL de acetona.
- Una vez que los tubos de ensayo se enfriaron, se tomó una pequeña porción de la solución y se transfirieron a las cubetas espectrofotométricas para las mediciones y lecturas de absorbancia, se consideró que el espectrofotómetro tuviera una longitud de onda de 480 nm para carotenos y 664 nm para clorofila.

Para expresar los resultados se utilizarán las fórmulas establecidas por Strickland y Parsons (1972) para carotenos y por Jeffrey y Humphrey (1975) para clorofila a.

$$\text{Carotenoides } (\mu\text{g/mL}) \frac{A_{480} \cdot 4}{\text{volumen de la muestra}} * \text{volumen de extracto}$$

$$\text{Clorofila a } (\mu\text{g/mL}) \frac{A_{664} \cdot 11.93 - A_{647} \cdot 1.93}{\text{volumen de la muestra}} * \text{volumen de extracto}$$

3.2.5.2.11. Determinación de actividad antioxidante.

La prueba de actividad antioxidante se realizó por el método propuesto por Williams, Cuvelier y Berset (1995), el cual se basa en la técnica DPPH empleando como blanco positivo el ácido ascórbico.

En la preparación de soluciones se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Solución stock DPPH (A): 6×10^{-5} M (metanol).
- Solución de trabajo (B): Se tomaron 5 mL de solución stock de DPPH y posteriormente se aforó a 50 mL con metanol.
- Solución de ácido ascórbico (C): Se preparó una solución de ácido ascórbico 1 mM: 17.6 mg en 100 mL de metanol.
- Solución stock de muestra (D): Se pesó en tubo Eppendorff 4 mg de extracto y se aforará a 1 mL.

3.2.5.2.12. Determinación de Coliformes totales.

Las muestras se preparan según los procedimientos especificados en la Norma Técnica Ecuatoriana 1529-7:2013 (INEN, 2013).

- Se utilizó una pipeta estéril para trasladar por duplicado alícuotas de 1 cm^3 cada dilución decimal en placas Petri, las cuales deben ir identificadas. Se inició con la dilución que presentó una concentración baja.
- Cuidadosamente, se mezcló el inóculo de siembra con el respectivo medio de cultivo, imprimiendo a la placa movimientos de vaivén, 5 veces en dirección; de tal forma que gire en sentido de las agujas del reloj 5 veces. Dicho proceso se replicó, pero en sentido contrario.
- Se vertió la cantidad de agar en la placa sin inóculo, esto como control de esterilidad del medio.

- Las placas se dejaron reposar para que puedan solidificar el agar. Consecutivamente se vertió en la superficie otra cantidad de 6 cm^3 de agar todavía fundido para dejarlo solidificar.
- Se invirtieron las placas y se incubaron a una temperatura de $30 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ para productos refrigerados $35 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, mientras que para productos que se mantienen en temperaturas ambientes, por solo $24 \pm 2 \text{ h}$.
- Cumplido el tiempo de incubación se seleccionaron las placas que presentaron 30 – 150 colonias y se examinó con una luz transmitida. Es importante contar todas las colonias de 1 – 2 mm de diámetro y como mínimo de 0.5 mm de color rojo amoratado rodeadas por halo rojizo.
- De manera general el control de rutina en plata, los ensayos confirmatorios no son necesarios. No obstante, en algunos se requieren sobre todo cuando son productos que contienen otros azúcares además de la lactosa, en dicho caso se debe proceder con lo que se indica a continuación:
- Se seleccionaron el número de colonias equivalentes a la raíz cuadrada de total de colonias típicas para inocularlas cada una en tubos que contengan 10 cm^3 de caldo BGBL de concentración simple y un tubo Durhan.
- En el caso de productos refrigerados se debieron de incubar a $30 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, y para productos que se mantienen a temperatura ambiente, durante $24 \text{ h} - 48 \text{ h}$.

3.2.5.2.13. Recuento de *Escherichia coli*.

Para este análisis de recuento de *Escherichia coli* se consideraron los procedimientos indicados en la Normativa Técnica Ecuatoriana 1529-8: 2016 (INEN, 2016).

- Inicialmente, se diluyeron los componentes del medio completo deshidratado en agua o en algunos casos por calentamiento.
- Si es necesario de ajusta el pH, de modo, que la esterilización sea $6,8 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ a $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Los reactivos que se añadieron para ajustar el pH se utilizaron de acuerdo a la especificación del fabricante, es recomendable usar hidróxido

de sodio (NaOH) o ácido clorhídrico (HCl) de concentración 0,1 mol/L, según sea el caso.

- Para el medio de concentración simple, se dispensó el medio en cantidades de 9 mL dentro de tubos de 16 mm x 160 mm que contengan tubos Durham. Mientras que, en un medio de concentración doble, se dispensó el medio en cantidades de 10 mL dentro de tubos de 18 mm x 180 mm que contengan tubos Durham.
- Se esterilizó por 15 min en una autoclave a 121 °C, con una presión de 103 421,3 Pa (15 PSI). Dentro de este proceso se procuró evitar tener burbujas de aire en los tubos Durham después de la esterilización.

3.2.5.2.14. Recuentos de mohos y levaduras.

El proceso de preparación de muestras para el recuento de mohos y levaduras se lo describe en función de lo expuesto en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1529-10:1998 (INEN, 1998).

- Se empleó una pipeta estéril para pipetear por duplicado, alícuotas de 1 cm³ de cada disolución decimales en placas Petri identificadas y se empezó por la dilución que tuvo una menor concentración.
- En seguida, en cada placa inoculada se vertieron 20 cm³ de agar sal levadura de Davis (SLD) fundido y templado a 45 ± 2 °C. A partir de la preparación de la primera dilución, la adición del medio de cultivo no superó el tiempo permitido, el cual fue de 15 minutos.
- Delicadamente, se mezcla el inóculo de siembra con el medio de cultivo, imprimiendo a la placa movimientos de vaivén, 5 veces en una dirección; de tal modo que gire cinco veces en sentido de las agujas del reloj. Se volvió a imprimir movimientos de vaivén en una dirección que forme ángulo recto con la primera y hacerla girar cinco veces en sentido contrario a las agujas de reloj.
- Se utilizó una placa de control para la carga microbiana del ambiente, la cual no deberá exceder de 15 colonias/ placa, durante 15 minutos de exposición. Dicho límite se mantuvo mediante prácticas adecuadas de limpieza y desinfección.

- En una placa sin inóculo se vierte 20 cm³ de agar como prueba de esterilidad del medio.
- Se dejaron las placas en reposo hasta que el agar se haya solidificado. Posteriormente, se invirtieron las placas y se incubaron entre 22 °C y 25 °C durante cinco días.
- Se comprobó si a los dos días de incubación se formaron micelios aéreos. Las primeras colonias que se presentaron fueron de levaduras distinguidas por ser redondas, cóncavas, estrelladas. Gran parte de las colonias de levaduras son húmedas y algo mucosas, incluso pueden ser harinosas, blanquecinas y otras cremosas y rosadas. En ocasiones, apenas cambian al envejecer o se desecan y encogen. En cambio, las colonias de mohos tienen un aspecto algodonoso característico.
- Cuando la superficie de la placa sea cubierta por el micelio aéreo de los mohos, dificultando las lecturas posteriores, pasados dos días, se efectuó recuentos preliminares en aquellas placas que presentaron las colonias formadas.

3.2.5.2.15. Prueba de aceptabilidad.

La aceptación del yogur se evaluó por grupo de 100 catadores no entrenados, para lo cual, previamente se colocó en un recipiente plástico desechable a cada panelista individualmente, se indicó a su vez la importancia de beber agua antes a cada tratamiento con el fin de eliminar residuos de sabores de los tratamientos anteriores. Posteriormente, se entregó una ficha con escala hedónica a los panelistas, el que constó con un puntaje desde el 1 definido como “me disgusta mucho”, hasta el cinco “me gusta mucho” para los atributos de color, olor, sabor y textura, donde se debe marcar con una X en su juicio hacia cero o cinco en la escala como se observa en el anexo 1. Una vez efectuado el procedimiento, los resultados se tabularon para proceder al análisis con un programa estadístico.

3.2.6 Análisis estadístico

Para la evaluación de los análisis de contenido de proteínas, lípidos, fibra, pH, pigmentos y actividad antioxidante del yogur de ciruela amarilla, se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), puesto que cada tratamiento presentó tres repeticiones para cada parámetro fisicoquímico a valorar. Para ello, se realizó un análisis de varianza ANOVA para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos y el test de Tukey al 5 % de significancia para la comparación de medias aritméticas con la finalidad de determinar el tratamiento con mejores resultados. El esquema de varianza se detalla en la tabla 9.

Tabla 9.

Análisis de varianza ANOVA para contenido de proteínas, lípidos, fibra, pH, pigmentos y actividad antioxidante.

| Fuente de varianza | Grados de Libertad (n-1) |
|---------------------------|---------------------------------|
| Tratamientos | $(3-1) = 2$ |
| Error | $(9-3) = 6$ |
| Total | $(9-1) = 8$ |

Elaborado por: La Autora, 2024

H0: Ninguna de las combinaciones a base de tres grados de madurez de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) tuvo un efecto significativo sobre las propiedades nutricionales y físico-químicas evaluadas.

H1: Al menos una de las combinaciones a base de tres grados de madurez de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) tuvo un efecto significativo sobre las propiedades nutricionales y físico-químicas evaluadas.

Con relación, al análisis sensorial se evaluaron las características sensoriales tales como textura, color, sabor, olor y aceptabilidad de los tres tratamientos de yogur con ayuda de una escala hedónica de cinco puntos, siendo el uno (1) "me disgusta mucho", y cinco (5) "me gusta mucho". Los datos obtenidos se analizaron mediante la prueba de Kruskal Wallis y la comparación entre tratamientos mediante Dunn-Bonferroni. El esquema de varianza correspondiente al análisis sensorial se describe en la tabla 10.

Tabla 10.
Esquema de varianza ANOVA.

| Fuente de varianza | Grados de Libertad (n-1) |
|---------------------------|---------------------------------|
| Tratamientos | $(3-1) = 2$ |
| Error | $(300-3) = 297$ |
| Total | $(300-1) = 299$ |

Elaborado por: La Autora, 2024.

H0: Al menos una de las combinaciones a base de tres grados de madurez de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) tuvo un efecto significativo sobre las características sensoriales.

H1: Al menos una de las combinaciones a base de tres grados de madurez de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) tuvo un efecto significativo sobre las características sensoriales.

4. RESULTADOS

4.1 Determinación de los grados Brix, pH y colorimetría por método CIELab en ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) para la elaboración de yogur artesanal.

Conforme a los tres grados de madurez seleccionados por color, acorde a la clasificación establecida por Garcia-Pacheco y Cabrera (2023) en la variedad *Spondias purpurea L.* (Grado 1 – verde; Grado 3 – amarillo; Grado 5 – rojizo) se obtuvieron los siguientes resultados acerca de la determinación de grados Brix, pH y colorimetría de la fruta de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) que se detallan en la tabla 11.

Tabla 11.

Resultados de las mediciones de características fisicoquímicas de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*).

| Grados de madurez | ° Brix | pH | Colorimetría | | |
|-------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | L* | a* | b* |
| Grado 1(T1) | 5,17 ± 0,29 a | 0,67 ± 0,06 a | 51,86 ± 0,23 c | -2,49 ± 0,17 a | 27,23 ± 0,17 a |
| Grado 3(T2) | 7,17 ± 0,29 b | 3,07 ± 0,06 b | 54,99 ± 0,17 b | 3,22 ± 0,11 b | 34,66 ± 0,24 b |
| Grado 5(T3) | 8,83 ± 0,29 c | 2,86 ± 0,06 b | 65,31 ± 0,17 a | 9,05 ± 0,11 c | 41,85 ± 0,11 c |

Nota: Medias distintas en la columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey (p<0.05).

Elaborado por: La Autora, 2024.

Las mediciones del contenido de sólidos solubles totales (°Brix) de los diferentes grados de madurez de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) mostraron un aumento constante de sus medias estadísticas que se denotaron con diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tres grados de madurez estudiados, obteniendo los siguientes valores, para el Grado 1 (T1) $5,17 \pm 0,29$ °Brix, para el Grado 3 (T2) fue de $7,17 \pm 0,29$ °Brix, mientras que para el Grado 5 fue de $8,83 \pm 0,29$ °Brix existiendo así un incremento porcentual del 70,7 % desde el Grado 1 (T1) al Grado 5 (T2).

Por otra parte, se presentan los resultados de las mediciones de pH de la ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) que dentro de sus variaciones se observaron valores entre de 0,67 (Grado 1) y 3,07 (Grado 3) resultando en un aumento importante demostrando amplia diferencia debido a los ácidos orgánicos en su mayoría presentes en los primeros estados de maduración, es decir en frutos

verdes, mientras que entre grado 3 al grado 5 existe una disminución de 6,84 % en el valor de pH. Sin embargo, luego de efectuar una prueba Test de Tukey los tratamientos T2 y T3 no presentaron diferencias significativas entre sí, lo cual se denota al compartir la misma letra del grupo homogéneo (b).

La colorimetría de la ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) mostró cambios significativos en los valores L^* a^* b^* con respecto al grado de madurez del fruto. En términos de luminosidad (L^*), se observó una disminución de $51,86 \pm 0,23$ en el Grado 1 a $65,31 \pm 0,17$ en el Grado 5, indicando un oscurecimiento del fruto a medida que madura. Asimismo, el componente a^* alcanzó valores negativos ($-2,49 \pm 0,17$) en Grado 1, lo que indica tonalidades verdes, a valores positivos $1(9,05 \pm 0,11)$ en el Grado 5, reflejando una transición hacia tonos rojizos. Por su parte, el componente b^* , relacionado con el color amarillo, incrementó de $27,23 \pm 0,17$ (Grado 1) a $41,85 \pm 0,11$ (Grado 5), sugiriendo un aumento de pigmentos carotenoides asociados con la madurez.

4.2 Análisis de los parámetros microbiológicos (coliformes totales, recuento de *E. coli* y recuento de mohos y levaduras) en las tres formulaciones según Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2395: 2011.

Con relación al análisis de los requisitos microbiológicos de las formulaciones planteadas de yogur de ciruela amarilla, se puede presentar los siguientes resultados descritos en la siguiente tabla 12:

Tabla 12.

Resultados del análisis de parámetros microbiológicos en las formulaciones de yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*).

| Requisitos | Método de ensayo | Índices min-máx | Unidad | Observación | | |
|-------------------------------|---------------------|-----------------|--------|-------------|----------|----------|
| | | | | T1 | T2 | T3 |
| Coliformes total | NTE INEN 2395 | 10 100 | UFC/g | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| Recuento de <i>E. coli</i> , | NTE INEN 2395 | <1 - | UFC/g | Ausencia | Ausencia | Ausencia |
| Recuento de mohos y levaduras | NTE INEN 2395 | 200 500 | UFC/g | Ausencia | Ausencia | Ausencia |

Nota: Medias distintas en la columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Elaborado por: La Autora, 2024.

Conforme a lo observado dentro del tiempo estimado de estudio microbiológico de las muestras en sus respectivas placas, no se encontraron crecimiento de colonias positivas para coliformes totales, recuento de *E. coli*, mohos y levaduras, es por ello que se indica que no hubo presencia de contaminación microbiológica en las muestras con los diferentes tratamientos de yogur de ciruela amarilla, esto acorde a lo establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana 2395: 2011.

4.3 Caracterización la composición del yogur en cuanto a proteína, lípidos, fibra, pH, pigmentos (clorofila y carotenoides) y actividad antioxidante de cada formulación de yogur artesanal de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*).

Para la realización del presente objetivo, se desarrollaron tres tratamientos de yogur natural con jalea de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) con diferentes estados de maduración, los cuales fueron expuestos a análisis y sus resultados de composición química y pH se encuentra en la tabla 13.

Tabla 13.

Resultados de composición química y pH de yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*).

| Tratamiento | N | Proteína (g/L) | Lípidos (g/L) | Fibra (%) | pH |
|-------------|---|-------------------|-----------------------------------|----------------|---------------|
| T1 | 3 | 0,457 ± 0,006 a | 0,025 ± 0,002 a | 0,07 ± 0,021 a | 4,667 ± 0,208 |
| T2 | 3 | 0,387 ± 0,090 a | 0,027 ± 5,774x10 ⁻⁴ ab | 0,05 ± 0,006 b | 4,433 ± 0,153 |
| T3 | 3 | 0,967 ± 0,158 b | 0,028 ± 0,001 a | 0,09 ± 0,015 c | 4,267 ± 0,115 |

Nota: Medias distintas en la columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p < 0.05$).

Elaborado por: La Autora, 2024.

En los análisis fisicoquímicos efectuados al yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) se obtuvo que el tratamiento T3 presentó un contenido superior en proteínas (0,967 g/L) frente a los tratamientos T1 y T2, pese aquello, tuvo variabilidad en los datos lo cual se denota en su desviación estándar. Mientras que

el Test de Tukey mostró que únicamente en T3 existe una diferencia significativa entre los demás tratamientos.

También, se expone que en cuanto a lípidos el tratamiento T3 obtuvo un valor más alto (0,028 g/L) a diferencia de T1 (0,025) y T2 (0,027), cabe mencionar que el Test de Tukey indicó que las diferencias no son significativas. Es decir, desde un punto de vista estadístico, no se puede concluir que haya una diferencia consistente en el contenido de lípidos entre los tratamientos a pesar de las diferencias en las medias.

En la determinación de fibra se obtuvo que los tratamientos T1, T2 y T3 muestran diferencias crecientes en el contenido de fibra con cada etapa de maduración. El tratamiento T1 tiene el contenido de fibra más bajo (0,07 g/L) y T3 el más alto (0,09 %). De la misma forma, los datos estadísticos respecto al análisis de pH indican que las diferencias entre los tratamientos (T1, T2 y T3), las cuales oscilaron entre 4,246 y 4,667 no son estadísticamente significativas.

Por otra parte, se estableció las diferencias en el contenido de clorofila, carotenoides y actividad antioxidante entre los tres tratamientos y se muestran en la Tabla 14.

Tabla 14.

Resultados de contenido de pigmentos (clorofila, carotenoides y actividad antioxidante).

| Tratamientos | N | Clorofila ($\mu\text{g/mL}$) | Carotenoides ($\mu\text{g/mL}$) | Actividad antioxidante (g/L) |
|--------------|---|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| T1 | 3 | 4,010 \pm 0,503 | 1,820 \pm 0,710 | 0,072 \pm 0,003 a |
| T2 | 3 | 3,900 \pm 0,340 | 1,610 \pm 0,382 | 0,192 \pm 0,145 ab |
| T3 | 3 | 3,230 \pm 0,200 | 1,400 \pm 0,270 | 0,380 \pm 0,006 b |

Nota: Medias distintas en la columna indican diferencia significativa según la prueba de Tukey($p < 0.05$).

Elaborado por: La Autora, 2024.

El p-valor extremadamente bajo (< 0.0001) y las diferencias observadas en el test de Tukey confirman que los tratamientos producen efectos distintos sobre el contenido de clorofila en el yogur con ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*). Es

decir, que las diferencias en el contenido de clorofila podrían afectar la coloración, propiedades antioxidantes o características sensoriales del yogur.

En contenido de carotenoides se muestra que los tratamientos están etiquetados con una misma letra. Esto significa que no existen diferencias estadísticamente significativas en el contenido de carotenoides entre los tratamientos, lo que implica que los diferentes tratamientos influyen en el nivel de carotenoides en el yogur con ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*). Además, las desviaciones estándar son pequeñas, lo que indica que las mediciones fueron consistentes entre las repeticiones, con una variación baja.

Por otra parte, en el análisis de actividad antioxidante se denotó que dependiendo del grado de maduración de la ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) va a influir en la actividad antioxidante como se presentó en el Tratamiento T3 con 0,380 g/L.

4.4 Aceptabilidad sensorial de las formulaciones de yogur artesanal por medio de una escala hedónica y panel sensorial no entrenado.

Se efectuó una evaluación sensorial de un yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin*), en donde se presentaron tres formulaciones, cada muestra contenía 5 mL de jalea y 10 mL de yogur natural. Para ello, en estudio se consideró un panel de 100 panelistas no entrenados, quienes emplearon una escala hedónica de 5 niveles para calificar características sensoriales tales como color, olor, sabor, textura y dulzor. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 15.

Resultados estadísticos de cada atributo sensorial evaluado.

| Tratamientos | Medias | | | | |
|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
| T1 | 3,49 ± 1,00 a | 3,78 ± 0,85 a | 3,69 ± 1,14 a | 3,58 ± 1,05 a | 3,60 ± 1,07 a |
| T2 | 3,53 ± 0,93 a | 3,70 ± 0,96 a | 3,70 ± 0,85 a | 3,34 ± 0,98 a | 3,32 ± 1,09 a |
| T3 | 4,11 ± 1,03 b | 4,10 ± 0,89 b | 4,13 ± 0,89 b | 3,97 ± 0,88 b | 4,48 ± 0,85 b |

Nota: Medias distintas en la columna indican diferencia significativa según la prueba de Dunn-Bonferroni ($p < 0.05$).

Elaborador por: La Autora, 2024.

Por medio de un análisis de varianza en el parámetro de color se obtuvo que dentro de los tratamientos de yogur de ciruela (*Spondias mombin L.*), el T3 (Grado 5) presenta una diferencia significativa con una media mayor $4,11 \pm 1,03$, dicho valor es representado dentro de la categoría de escala hedónica como “Me gusta moderadamente”, con relación al tratamiento T1 y T2 con medias de $3,49 \pm 1,00$ (29,78 %) y $3,53 \pm 0,93$ (32,44 %) respectivamente, en ambos tratamientos según escala hedónica se los cataloga como “No me gusta ni me disgusta” siendo estas no significativamente diferentes según la comparación con la Prueba de Kruskal Wallis. A pesar de esto, es necesario exponer el tratamiento T3 tuvo una mayor dispersión de los datos en base a los valores promedio obtenidos.

Como resultado del parámetro de olor se estableció que T3 fue la formulación más preferida con un valor promedio de $4,10 \pm 0,89$ equivalente al 35,45 %, lo que corresponde a la categoría “Me gusta moderadamente” en la escala hedónica. Esto sugiere que tiene una mayor tendencia en las evaluaciones realizadas por los panelistas. Además, que presenta una diferencia significativa ($p > 0.05$) respecto a T1 y T2.

Por otro lado, en el aspecto sensorial de sabor se observó que el tratamiento T1 mostró una media de $3,69 \pm 1,14$ (32,19 %), situándose en la categoría “No me gusta ni me disgusta”, reflejando así una preferencia menor y una tendencia moderada según las opiniones de los panelistas. El tratamiento T3, por su parte, presentó una media de $4,13 \pm 0,89$ (36,51 %) también en la categoría “Me gusta moderadamente”, revelando la mayor preferencia y una inclinación moderada en las percepciones de sabor entre los jueces. La prueba Kruskal-Wallis y el Test Dunn-Bonferroni han confirmado que hay diferencias significativas ($p > 0.05$) en las preferencias de las formulaciones con T3 sobre T1 y T2.

En cuanto a la textura, el tratamiento 3 obtuvo la media más alta de 3,97 como valor promedio constituyendo el 36,51 %, destacándose en la categoría “Me gusta moderadamente” por su valor próximo al 4, y que según los jueces mostró una textura muy satisfactoria y consistente. Mientras que, el tratamiento 1 reflejó una media de $3,56 \pm 1,05$ (32,76 %), y el tratamiento 2 presentó una media de 3,34

$\pm 0,98$ (30,73 %) en ambos casos corresponden a la categoría “No me gusta ni me disgusta” indicando una preferencia menor por la textura de dichas formulaciones junto con una consistencia moderada en las percepciones de los jueces.

Finalmente, en el dulzor el tratamiento con mayor aceptabilidad fue el T3, el cual destacó con un valor promedio de $4,48 \pm 0.85$ (39,26 %), correspondiente a la categoría “Me gusta moderadamente”, lo que indica que las opiniones por parte de los panelistas tuvieron una mayor tendencia, así mismo muestra una preferencia alta por el sabor de esta formulación. De acuerdo al Test Dunn-Bonferroni T1 y T2 no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

5. DISCUSIÓN

De acuerdo a las mediciones de Grados Brix realizados de la ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.) mostraron un aumento progresivo conforme avanzaba el estado de maduración. Específicamente, se observó un incremento del 70,7% en los sólidos solubles totales desde el Grado 1 ($5,17 \pm 0,29$ °Brix) hasta el Grado 5 ($8,83 \pm 0,29$ °Brix). Este incremento en los grados Brix es un indicativo del aumento de azúcares o sólidos solubles en la fruta, lo cual es un factor clave en la percepción del sabor dulce y la aceptabilidad del yogur. Este incremento se justifica con estudios previos efectuados por los investigadores Garcia-Pacheco y Cabrera (2023), quienes obtuvieron en ciruela *Spondias purpurea* Grado 1 ($7,00 \pm 0,18$ °Brix) y Grado 5 ($13,00 \pm 0,08$ °Brix), siendo este último el más adecuados para la cosecha debido a su mayor contenido de sólidos solubles, lo cual es crucial para la selección de frutas en procesos agroindustriales.

En cuanto al pH, se observó un aumento significativo desde el Grado 1 ($0,67 \pm 0,06$) hasta el Grado 5 ($3,07 \pm 0,06$), lo cual es muestra de una disminución en la acidez de la fruta a medida que madura. Este aspecto es característico de la disminución de los ácidos orgánicos durante el proceso de maduración, lo que coincide con lo obtenido por Torres, et al., (2013) que estudiaron las propiedades fisicoquímicas como el pH en frutas tropicales entre ellos el mango, en donde observaron que en el estado de maduración 1 fue de $3,42 \pm 0,11$ y para el estado de maduración 5 era de $3,89 \pm 0,04$ representando un aumento de aproximadamente 15 %, denotando así que al avanzar en el estado de madurez, el pH incrementa mientras que la acidez disminuye, reflejando una tendencia común en frutas climatéricas.

Los cambios colorimétricos conforme a los resultados mostraron que los parámetros de color (L^* , a^* , b^*) son indicadores confiables del estado de madurez y calidad del fruto, puesto que reflejan cambios fisiológicos clave, como la degradación de clorofilas y el incremento de carotenoides. En la ciruela, el descenso de luminosidad L^* desde 65,12 a 53,30 y el cambio de a^* de valores negativos a positivos, es comparable con el estudio de San Martín (2021) que observó disminuciones en L^* de las mandarinas 68,1 a 55,5. Además, el incremento de b^*

asociado a tonos amarillos en la ciruela es consistente con los resultados de la mandarina, donde este parámetro desciende al madurar, pero se mantiene en altos valores relativos al amarillo. Ambos, estudios resaltan la utilidad del espacio de color CIELab como herramienta objetiva para evaluar el estado de madurez y calidad del fruto.

En este estudio, se realizó un análisis de los parámetros microbiológicos en tres formulaciones de yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*), evaluando coliformes totales, recuento de *Escherichia coli* y recuento de mohos y levaduras según la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2395: 2011. En cuanto al análisis de Coliformes totales se mostró una ausencia con valores inferiores a los límites establecidos (10-100 UFC/g). Este hallazgo es semejante con los resultados de Ferreira et al. (2021), quienes evaluaron parámetros microbiológicos en yogures funcionales y encontraron que las formulaciones cumplían con los estándares microbiológicos, asegurando así la inocuidad del producto. De la misma manera con el estudio de Díaz (2019), se evaluó la inocuidad microbiológica de colorantes extraídos de frutas y se determinó la ausencia de *E. coli* en los productos finales. Esto respalda la idea de que los productos derivados de frutas, como los yogures o colorantes naturales, pueden alcanzar estándares de inocuidad microbiológica si se llevan a cabo procedimientos adecuados de procesamiento.

El recuento de mohos y levaduras también resultó en ausencia de crecimiento en las formulaciones de yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*). La ausencia de mohos y levaduras es crucial para la estabilidad del producto durante su almacenamiento y distribución, ya que estos microorganismos pueden deteriorar la calidad sensorial y reducir la vida útil del yogur. En comparación a esto, Cueva (2003) en su investigación sobre producción de yogur firme sabor a fresa, realizó un análisis microbiológico para determinar la presencia de mohos y levaduras. Los resultados indicaron que los recuentos de estos microorganismos en los diferentes tratamientos fueron de cero, cumpliendo con los estándares que establecen un máximo de 200 UFC/g, lo cual coincide con el rango permitido de 200-500 UFC/g según normativa INEN 2395: 2011.

Los resultados obtenidos de la composición nutricional de yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*), resaltaron aquellos que se obtuvieron del tratamiento T3, correspondiente a ciruelas amarillas en un grado avanzado de maduración, destacando por su contenido de proteínas ($0,97 \pm 0,15$ g/L) y lípidos ($0,10$ g/L), además de presentar un pH óptimo de $4,267 \pm 0,115$ para la elaboración de yogur. Estos hallazgos son especialmente importantes, ya que muestran que el grado de maduración puede ser un factor determinante en la optimización de las propiedades nutricionales y sensoriales del yogur.

Con relación a esto, en un estudio de yogures con aronia negra (*Aronia melanocarpa*) estudiados por Paduret et al. (2024) mostraron mayores contenidos de proteínas ($4,52 \pm 0,16$ mg/L) y lípidos ($3,51 \pm 0,14$ mg/L), pese a estos hallazgos no se consideraron las variaciones relacionadas con el estado de maduración de la fruta. Esto limita la capacidad de dicho estudio para determinar cómo este factor podría influir en los resultados obtenidos. En comparación a esto, el presente estudio tuvo un enfoque que permite identificar que un grado avanzado de maduración de la ciruela amarilla puede ser favorable para obtener un pH más estable y adecuado, lo que es crucial para la calidad y estabilidad del yogur.

En cuanto, al análisis realizado para los yogures de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*), se evidenció que el estado de maduración de la fruta tiene un impacto significativo en el pH del producto final T1 ($4,667 \pm 0,208$), T2 ($4,433 \pm 0,153$) y T3 ($4,267 \pm 0,115$). Esto contrasta con el estudio de Ferreira et al., (2021) sobre yogur de cajá (*Spondias mombin L.*), aunque los valores de pH obtenidos (I1 $4,50 \pm 0,02$ y D1 $4,48 \pm 0,01$) se consideran óptimos para un yogur debido a su adecuada acidez, es importante destacar que dicho estudio no contempló diferentes estados de maduración de la fruta como variable experimental. Por ello, la ausencia de tratamientos basados en la maduración en el estudio de yogur de cajá limita la capacidad de evaluar cómo este factor puede influir en las propiedades fisicoquímicas del yogur, lo cual deja abierta la posibilidad de realizar investigaciones más específicas que indaguen este tipo de variables con el fin de equilibrar la acidez y garantizar la calidad sensorial del yogur.

Por otro lado, se analizaron el contenido de fibra en el yogur elaborado con pulpa de ciruela amarilla madura (*Spondias mombin* L.), correspondiente al tratamiento T3, que presentó un contenido de fibra de $0,09 \pm 0,015$ %. También existieron cambios en el contenido de clorofila y carotenoides en función del estado de maduración de las frutas. En el tratamiento T3, se observó el mayor contenido de clorofila ($3,230 \pm 0,200$ $\mu\text{g/mL}$), mientras que T1 presentó $4,010 \pm 0,503$ $\mu\text{g/mL}$. En cuanto a los carotenoides, los valores fueron de $1,820 \pm 0,710$ $\mu\text{g/mL}$ en el estado de maduración verde (T1), $1,610 \pm 0,382$ $\mu\text{g/mL}$ en el estado maduro (T3) y $1,400 \pm 0,270$ $\mu\text{g/mL}$ en el estado de sobremadurez. Estos resultados evidencian cómo el estado de maduración puede influir en la composición química como en la estabilidad de los componentes bioactivos al ser incorporados en productos como el yogur.

En comparación con los datos reportados por Villegas (2020) sobre mangos de la variedad 'Ataúlfo', se observa que el contenido de fibra en el yogur es significativamente menor que el contenido de fibra en el mango 'Ataúlfo' maduro alcanzando $2,5 \pm 0,1$ % en estado maduro. Los carotenoides también aumentaron significativamente en el estado de sobremadurez, con valores de $8,7 \pm 0,5$ mg/100 g (equivalente a 87 ± 5 $\mu\text{g/mL}$). Por otro lado, la clorofila disminuyó de $2,1 \pm 0,3$ mg/100 g (21 ± 3 $\mu\text{g/mL}$) en el estado verde a niveles indetectables en la sobremadurez. Cabe mencionar que este estudio se centró exclusivamente en el comportamiento de estos compuestos en la fruta, sin evaluar su estabilidad o influencia al emplearlos en productos procesados como el yogur, por tanto, no se puede asumir que este nivel se mantendrá al utilizar la fruta en la elaboración de productos como el yogur, lo que resalta la importancia de los experimentos realizados con ciruela amarilla en esta investigación.

En los resultados de actividad antioxidante obtenidos para el yogur con ciruela amarilla en diferentes estados de maduración, se observó un incremento progresivo en los valores conforme la fruta avanza de estado verde ($0,072 \pm 0,003$ g/L) a madura ($0,192 \pm 0,145$ g/L) y finalmente a sobremadura ($0,380 \pm 0,006$ g/L). Este comportamiento sugiere que los compuestos antioxidantes presentes en la ciruela amarilla, medidos por el método de DPPH, aumentan en concentración o

efectividad conforme la fruta madura, alcanzando su máxima capacidad antioxidante en el estado sobremaduro. Es importante destacar que, dado que el método de DPPH evalúa la capacidad de neutralización de radicales libres, y que valores más cercanos a 1 indican una mayor capacidad antioxidante, el estado sobremaduro muestra una actividad significativamente superior en comparación con los estados verde y maduro. Con relación a estos resultados Alvarado et al. (2011), obtuvo que la incorporación de la mermelada de tomate de árbol en la elaboración de un yogurt permitió incrementar su capacidad antioxidante con un valor de $0,500 \pm 0,049$ g/L e incluso tuvo una buena aceptabilidad sensorial. Sin embargo, es relevante señalar que, a diferencia del estudio realizado con ciruela amarilla, este último no experimentó con frutos en estados verdes o semimaduros, por lo que no se puede determinar si la capacidad antioxidante hubiese presentado un comportamiento similar durante las etapas iniciales de maduración. Esta diferencia metodológica limita la comparación directa entre ambos productos, aunque resalta el potencial del tomate de árbol para aportar compuestos bioactivos al yogurt.

Por ello, sería relevante estudiar esta dinámica en otros frutos para determinar si la incorporación de frutas en distintas etapas de madurez puede optimizar las propiedades funcionales de los alimentos procesados. Además, evaluar el impacto de estos compuestos sobre la estabilidad y las propiedades sensoriales del producto podría aportar información valiosa para el desarrollo de alimentos funcionales que combinen beneficios para la salud con alta aceptación del consumidor.

En el estudio sobre el yogurt de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*), se evaluaron varios atributos sensoriales como color, olor, sabor, textura y dulzor, utilizando un panel de 100 panelistas no entrenados. Los resultados mostraron que el tratamiento T3 tuvo mayor representación de aceptabilidad con 39.26 %, alcanzando medias significativamente más altas. Esto apunta que la formulación T3 presentó características sensoriales que fueron más atractivas para los panelistas, especialmente en términos de color ($4,11 \pm 1,03$), olor ($4,10 \pm 0,89$), sabor ($4,13 \pm 0,89$), textura ($3,97 \pm 0,88$) y dulzor ($4,48 \pm 0,85$). Dichos valores aproximados se ubicarían en un puntaje de 4 situándolo dentro de la escala hedónica en una

categoría de “Me gusta moderadamente”. En otros estudios, Bermeo (2020) analizó cómo el estado de maduración de la gulupa (*Passiflora edulis*) afecta la aceptación sensorial de productos como el yogur. Los resultados indicaron que el 56,44 % de los 101 panelistas prefirieron el yogur elaborado con gulupas en estados avanzados de maduración, y según la escala hedónica de 5 puntos utilizada, el Tratamiento 4 correspondiente a jalea de gulupa al 100 % de madurez obtuvo como media 4,38 situándolo en la categoría de “Me gustó”. Mientras que, el Tratamiento 1 con el uso de gulupa al 30 % de maduración alcanzó una media de 3,64, ubicándolo en la categoría definida como “Indiferente”. Esto sugiere que utilizar frutas maduras, que suelen ser más dulces y menos ácidas, pueden mejorar la aceptación del yogur.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El aumento de los grados Brix y el pH en la ciruela amarilla conforme avanza su maduración indica que los frutos más maduros (Grado 5) son más adecuados para la elaboración de yogur artesanal debido a su mayor dulzura y menor acidez, características deseables en productos lácteos en específico para el yogur. Por ello, estudios previos en otras especies de frutas, enfatizan la importancia de seleccionar adecuadamente el grado de madurez para optimizar la calidad del producto final.

Los resultados microbiológicos obtenidos en este estudio demuestran que las formulaciones de yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) cumplen con los requisitos de inocuidad establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2395: 2011. La ausencia de coliformes totales, *E. coli*, y mohos y levaduras en todas las formulaciones asegura que el producto es seguro para el consumo y apto para su comercialización.

La maduración de la ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) juega un papel crucial en la determinación de diversos parámetros fisicoquímicos y funcionales del yogur artesanal. Los tratamientos con ciruelas amarillas (*Spondias mombin L.*) más maduras (T3) demostraron proporciones significativas en cuanto a proteínas, fibra, pigmentos y actividad antioxidante, alineándose con estudios previos que resaltan la importancia de la madurez de las frutas en la calidad de productos lácteos fermentados como el yogur.

En el estudio el tratamiento con mayor aceptación sensorial fue el T3, en el cual se destaca en formulación la incorporación de jalea de ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*) en un estado de maduración denominado Grado 5 (por color: rojizo) que tiene como características mayor cantidad de sólidos solubles que influyen en la percepción sensorial en los panelistas no entrenados.

6.2 Recomendaciones

. Se recomienda que la cosecha de ciruela amarilla *Spondias mombin L.* se realice preferentemente en el grado de madurez 5 (amarillo-rojizo), ya que en dicho estado las ciruelas alcanzan un tamaño, peso y firmeza ideales, además de un mayor contenido de sólidos solubles y carotenoides, menor acidez y un máximo índice de maduración. Esta información es crucial para la selección de la fruta como materia prima en procesos agroindustriales alimentarios, asegurando así la calidad y eficiencia en la producción de productos derivados.

Se sugiere realizar estudios adicionales que evalúen la vida útil del producto en diferentes condiciones de almacenamiento, así como explorar la posibilidad de mejorar la formulación con aditivos naturales, que no solo podrían mejorar el perfil nutricional del yogur, sino también su estabilidad y aceptación sensorial.

Se propone promover y estudiar los cuidados postcosecha de la ciruela amarilla (*Spondias mombin L.*), para evitar la pérdida de calidad durante su manejo, debido a que es una fruta tropical y por tanto el control de maduración sería vital. Además, de que al efectuar investigaciones se mejoraría la competitividad y el consumo de dicha fruta creando interés en la industria de alimentos para su uso potencial en productos procesados.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdi-Moghadam, Z., Darroudi, M., Mahmoudzadeh, M., Mohtashami, M., Jamal, A., ShamLoo, E., y Rezaei, Z. (2023). Functional yogurt, enriched and probiotic: A focus on human health. *Clinical Nutrition ESPEN*, 57, 575-586. doi:10.1016/j.clnesp.2023.08.005
- Ahmad, I., Hao, M., Li, Y., Zhang, J., Ding, Y., y Lyu, F. (2022). Fortification of yogurt with bioactive functional foods and ingredients and associated challenges - A review. *Trends in Food Science y Technology*, 129, 558-580. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.11.003>
- Ahmed, W., Khan, S., Parven, A., Rashid, H., y Meftaul, I. (2023). Vitamin-A enriched yogurt through fortification of pumpkin (*Cucurbita maxima*): A potential alternative for preventing blindness in children. *Heliyon*, 9(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15039>
- Alvarado, C., Coronado, M., Prósperi, F y Guerra, M. (2011). Desarrollo de yogurt con capacidad antioxidante elaborado con leche de cabra (*Capra hircus*) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea Sendtn.*). *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2(2) 293-312
- Arranz, L. (2019). Come bien. Juega mejor: Alimentación para niños y jóvenes que hacen deporte. *Profi. Profit*.
- Arredondo, B., Voltolina, D., y Esquivel, B. (2007). Determinación de proteínas por métodos espectrofotométricos. *Métodos y herramientas analíticas en la evaluación de la biomasa microalgal*, 27-34.
- Babio, N., Mena, G., y Salas, J. (2017). Más allá del valor nutricional del yogur: ¿un indicador de la calidad de la dieta? *Nutrición Hospitalaria*, 34(4), 26-30. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=309253480006>
- Clúster Alimentario de Galicia. (2020). Tendencias globales sector lácteo 2020. <https://www.clusteralimentariodegalicia.org/wp-content/uploads/2020/07/informe-tendencias-globales-sector-lacteo-clusaga.pdf>
- Constante, A. (2010). Aplicación de la tecnología para elaborar yogur tipo II con la finalidad de mejorar la rentabilidad de la Finca Píllaro [Tesis de pregrado,

- Universidad Técnica de Ambato].
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3962>
- Cueva, O. (2003). Elaboración de yogur firme sabor fresa. [Tesis de pregrado, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana].
<https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/1875>
- Díaz, M. (2019). Extracción de colorantes naturales del mango (*Manguifera Indica L*), mandarina (*Citrus reticulata*), piña (*Ananas comosus*), para el uso en la industria de alimentos [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.esepoch.edu.ec/handle/123456789/10571>
- Díaz, M., y Villa, D. (2021). Formulación de un producto lácteo (yogurt) a partir de la pitahaya amarilla y sus subproductos (semillas y cáscara) [Tesis de pregrado, Universidad De Los Andes].
<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/538f12d0-0317-4795-abfa-a13342>
- Durazzo, A., Carocho, M., Heleno, S., Barros, L., Souto, E., Santini, A., y Lucarini, M. (2022). Food dyes and health: Literature quantitative research analysis. *Measurement: Food*. <https://doi.org/10.1016/j.meafao.2022.100050>
- Elean, M., Hebert, E., Saavedra, L., Kitazawa, H., y Albarracín, L. (2023). In Silico Comparative Genomic Analysis Revealed a Highly Conserved Proteolytic System in *Lactobacillus delbrueckii*. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(14). <https://doi.org/10.3390/ijms241411309>
- Ferreira, L., Coimbra, L., Sousa, N. M., Souza, L., y Silva, C. (2021). Iogurte simbiótico sabor cajá (*Spondias mombin L.*): características físico-químicas, microbiológicas e de aceitabilidade. *Brazilian Journal of Food Technology*. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11119>
- Gálvez, P., y Molina, P. (2020). Recomendaciones de consumo de lácteos en el mundo: ¿Qué dicen las guías alimentarias? *Valenzuela. Lácteos: Nutrición y Salud*, 329-353.
- García-Pacheco, Y., y Cabrera, D. (2023). Determinación de los grados de maduración de la ciruela (*Spondias purpurea L.*) cultivada en Baranoa-Colombia. *Prospectiva*, 21(1), 7-13. <http://doi.org/10.15665/rp.v21i1.2971>

- Gaviria, C., Hernández, J., Lobo, M., Medina, C., Rojano, B. (2012). *Cambios en la actividad antioxidante en frutos de mortiño (Vaccinium meridionale Sw.) durante su desarrollo y maduración*. Revista Facultad de Agronomía. vol.65, pp. 6487-6495.
- Golmakan, M.-T., Eskandari, M. H., Kooshesh, S., y Pishan, M. (2021). Investigation of the effects of pomegranate juice addition on physicochemical, microbiological, and functional properties of set and stirred yogurts. *Food Science y Nutrition*, 9(12). <https://doi.org/10.1002/fsn3.2615>
- Guavita-Vargas, J., Avellaneda-Torres, L., Solarte, M., y Melgarejo, L. (2018). Carotenoides, clorofilas y pectinas durante la maduración de variedades de guayaba (*Psidium guajava L.*) de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de ciencias hortícolas*, 12(2), 379-389. <http://doi.org/10.17584/rcch.2018v12i2.7713>
- Hasegawa, Y., y Bolling, B. (2023). Yogurt consumption for improving immune health. *Current Opinion in Food Science*, 51. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2023.101017>
- Hernández, G. (2022). Caracterización fisicoquímica y alternativas de aprovechamiento agroindustrial de Jobo (*Spondias mombin*) en la Región Huasteca del Estado de Veracruz [Tesis de pregrado, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. <https://hdl.handle.net/20.500.12371/17875>
- INEN. (1998). Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuento en placa por siembra en profundidad.
- INEN. (2013). Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias.
- INEN. (2016). Control microbiológico de los alimentos. Detección y recuento de *Escherichia coli* presuntiva por la técnica del número más probable.
- INEN 2395. (2011). Leches fermentadas. Requisitos.
- Kumar, A., y Kumar, D. (2016). Development of antioxidant rich fruit supplemented probiotic yogurts using free and microencapsulated *Lactobacillus rhamnosus*

- culture. *Food Science Technology*, 53(1), 667-675. doi:10.1007/s13197-015-1997-7
- Lisko, D., Johnston, P., y Johnston, C. (2017). Effects of Dietary yogurt on the healthy human gastrointestinal (GI) microbiome. *Microorganisms*, 5(1). <https://doi.org/10.3390/microorganisms5010006>
- Marquínez, L., y Rizzo, O. (2015). Análisis del proceso de distribución de la ciruela en la Parroquia Petrillo y propuesta para mejorar su comercialización [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/13345>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Acuerdo Interinstitucional No. 036*. Reglamento de Control y Regulación de la cadena de producción de la leche y sus derivados incluido el suero de leche. <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2018/03/Acuerdo-Interinstitucional-No.-036.pdf>
- Montigue, F., y Pérez, K. (2017). Análisis Gastronómico del Jobo (*Spondias mombin*) en el Recinto Petrillo Cantón Nobol. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20790?mode=full>
- Najgebauer-Lejko, D., Liszka, K., Tabaszewska, M., y Domagala, J. (2021). Probiotic Yoghurts with Sea Buckthorn, Elderberry, and Sloe Fruit Purees. *Molecules*, 26(8). <https://doi.org/10.3390/molecules26082345>
- Nigg, J., Lewis, K., y Falk, M. (2012). Meta-Analysis of Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder or Attention-Deficit/Hyperactivity disorder symptoms, restriction diet, and synthetic food color additives. *Journal of the American Academy of Child y Adolescent Psychiatry*, 51(1), 86-97. doi:10.1016/j.jaac.2011.10.015
- NMX-F-090-S. (1978). Determinación de Fibra Cruda en alimentos.
- NMX-F-103. (1982). Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de Grados Brix.
- Novais, C., Molina, A., Abreu, R., Santo-Buelga, C., Ferreira, I., Pereira, C., y Barros, L. (2022). Natural Food Colorants and Preservatives: A Review, a Demand, and a Challenge. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 70(9), 2789-2805. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.1c07533>

- Paduret, S., Ghinea, C., Prisacaru, A y Leahu, A. (2024). Physicochemical, Textural, and Antioxidant Attributes of Yogurts Supplemented with Black Chokeberry: Fruit, Juice, and Pomace. *Foods*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/foods13203231>
- Pino, M., y Vergara, C. (2022). *Colorantes y antioxidantes naturales en la industria de alimentos: tecnologías de extracción y materias primas dedicadas* (455 ed.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias. doi:ISSN 0717 - 4829
- Pinto, J. (2006). Uso de almidón de yuca para el mejoramiento de la viscosidad del yogur con frutas secas [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3348/3/P85.pdf>
- Quinzo, K. (2019). Desarrollo de una fórmula para elaborar yogur artesanal de dos sabores: aguacate (*Persea americana Mill*) y ciruela (*Spondias purpurea L.*) [Tesis de pregrado, Universidad Católica Santiago de Guayaquil]. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12537>
- Rathee, P., Sehrawat, R., Rathee, P., Khatkar, A., Küpeli, E., Khatkar, S., . . . Sobarzo-Sánchez, E. (2023). Polyphenols: Natural Preservatives with Promising Applications in Food, Cosmetics and Pharma Industries; Problems and Toxicity Associated with Synthetic Preservatives; Impact of Misleading Advertisements; Recent Trends in Preservation and Legislation. *Materials (Basel)*, 16(13). <https://doi.org/10.3390/ma16134793>
- Raturi, M., Bose, D., Mehta, J., y Saraf, D. (2023). *Rhododendron arboreum* as a sustainable food-grade natural flavouring and colouring agent. *Food and Humanity*, 1610-1618. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.11.005>
- Revista Líderes. (2017). Yogures y quesos son la apuesta para ganar mercado. <https://www.revistalideres.ec/lideres/yogures-quesos-apuesta-lacteos-alpina.html>
- Ruiting, Z., Zouquan, C., Jie, L., Jiabin, D., Fangyu, G., Zhenshang, X., y Ting, W. (2023). Advances in Genetic Tools and Their Application in *Streptococcus thermophilus*. *Foods*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/foods12163119>
- San Martín, Á. (2021). Medición de color de frutas (manzana verde, limón y mandarina) en distinto grado de madurez.

- Saeedd, M., Waseenm, S., y Ramzan, S. (2021). Physicochemical analysis of mango flavored yogurt supplemented with *Moringa oleifera* leaf powder. *Journal of Food Science and Technology*, 58(12), 4805-4814. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8479005/>
- SENASA. (2015). *Reglamento de la leche y productos lácteos*.
- Szołtysik, M., Kucharska, A., Dąbrowska, A., Zięba, T., Bobak, Ł., y Chrzanowska, J. (2021). Effect of Two Combined Functional Additives on Yoghurt Properties. *Foods*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/foods10061159>
- Torres, R., Montes, E., Pérez, O y Andrade, R. (2013). Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Fisicoquímicas de Frutas Tropicales. *Información tecnológica*, 24 (5). <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642013000300007>
- Valenzuela, R. (2020). *Lácteos: Nutrición y Salud*. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181877>
- Vega, M. (2018). Bacterias del ácido láctico un potencial para la producción de alimentos probióticos fermentados en la industria láctea de Panamá. *Kne Engineering*, 3(1), 38-47. doi:10.18502/keg.v3i1.1411
- Zaccari, F., Del Puerto, M., Vignale, B., y Pritsch. (2017). Parámetros colorimétricos y contenido de pigmentos en cinco colores de cáscara de fruto de guayabo [*Acca sellowiana* (Berg) Burret]. *Agrociencias Uruguay*. 21(2), 23 - 30. <http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=arttext&pid=S2301-15482017000200023>
- Zhou, Y., Gao, Y., y Giusti, M. (2020). Accumulation of Anthocyanins and Other Phytochemicals in American Elderberry Cultivars during Fruit Ripening and its Impact on Color Expression. *Plants (Basel)*, 9(12). <https://www.mdpi.com/2223-7747/9/12/1721>

ANEXOS

Anexo N° 1: Grados de madurez de la ciruela (*Spondias purpurea* L.).



Fuente: Garcia-Pacheco y Cabrera, 2023.

Anexo N° 2: Ciruelas amarillas (*Spondias mombin* L.) en sus tres estados de maduración.



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 3: Etiqueta del fermento láctico de marca comercial.



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 4: Etiqueta de indicaciones técnicas del fermento láctico (YO – MIX 300 L LYO 10 DCU).



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 5: Prueba de aceptabilidad sensorial con estudiantes (panelistas no entrenados) de yogur con jalea de ciruela amarilla (Spondias mombin L.).



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 6: Toma de muestras de ciruelas amarillas (*Spondias mombin* L.) para análisis de pH.



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 7: Obtención de muestras de ciruelas amarillas para análisis de sólidos solubles.



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 8: Medición de °Brix en muestra de ciruela amarilla en refractómetro.



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 9: Preparación de las muestras en cubetas para análisis de proteína en espectrofotómetro.



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 10: Colocación de muestras en cubetas para análisis de lípidos en espectrofotómetro.



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 11: Uso de espectrofotómetro para lectura de lípidos.



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo 12: Medición de pH en muestra de yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.)



Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo N° 13: Resultados de análisis de pigmentos en yogur de ciruela amarilla en espectrofotómetro.

| Instrument: Cary 60 | | |
|---------------------|--------|-------|
| Ave Time (sec) | 1.0000 | |
| Read | Abs | nm |
| 1 | 0.0818 | 664.0 |
| 2 | 0.0923 | 480.0 |
| 3 | 0.0867 | 647.0 |
| 4 | 0.0789 | 647.0 |
| 5 | 0.0785 | 664.0 |
| 6 | 0.0829 | 480.0 |

Elaborado por: La Autora, 2024

Anexo 14: Resultados de análisis de fibra en yogur de ciruela amarilla (Spondias mombin L.).



EMPRESA PÚBLICA DE SERVICIOS ESPOL-TECH E.P.



R01-PG23-PO02-7.8

Informe: 03-09/0031-M001

Datos del Cliente

| | | | |
|------------|-------------------------|-----------|------------|
| Nombre: | QUIMI REYES MARIA CLARA | Teléfono: | 0998019741 |
| Dirección: | Av.46 y Chambers | | |

Identificación de la muestra / etiqueta

| | | | |
|------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| Nombre: | Yogurt de ciruela amarilla (spondias mombin L.) - T1 Jalea de maduración - Grado 1 | Código muestra: | 03-09/0031-M001 |
| Marca comercial: | N/A | Lote: | N/A |
| Normativa de Referencia: | N/A | Fecha elaboración: | N/A |
| Envase: | Tarimas plásticas | Fecha expiración: | N/A |
| Conservación de la muestra: | Refrigeración 0°C - 4 °C | Fecha recepción: | 2024-08-26 |
| Fecha análisis: | 2024-09-03 | Realización de ensayos: | LABORATORIO EDIFICIO 3K |
| Contenido neto declarado: | 400 ml | | |
| Presentaciones: | N/A | | |
| Cond. climáticas del ensayo: | Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C y Humedad Relativa 55% ± 15% | | |

Análisis Físico - Químicos

| Ensayos realizados | Unidad | Resultado | Requisitos | Métodos/Ref. |
|--------------------|--------|-----------|------------|--------------------|
| Fibra Cruda * | % | 0.07 | --- | AOAC 21st 978.10 * |

Identificación de la muestra / etiqueta

| | | | |
|------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| Nombre: | Yogurt de ciruela amarilla (spondias mombin L.) - T2 Jalea de maduración - Grado 1 | Código muestra: | 03-09/0031-M002 |
| Marca comercial: | N/A | Lote: | N/A |
| Normativa de Referencia: | N/A | Fecha elaboración: | N/A |
| Envase: | Tarimas plásticas | Fecha expiración: | N/A |
| Conservación de la muestra: | Refrigeración 0°C - 4 °C | Fecha recepción: | 2024-08-26 |
| Fecha análisis: | 2024-09-03 | Realización de ensayos: | LABORATORIO EDIFICIO 3K |
| Contenido neto declarado: | 400 ml | | |
| Presentaciones: | N/A | | |
| Cond. climáticas del ensayo: | Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C y Humedad Relativa 55% ± 15% | | |

Análisis Físico - Químicos

| Ensayos realizados | Unidad | Resultado | Requisitos | Métodos/Ref. |
|--------------------|--------|-----------|------------|--------------------|
| Fibra Cruda * | % | 0.66 | --- | AOAC 21st 978.10 * |

Identificación de la muestra / etiqueta

| | | | |
|-------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|
| Nombre: | Yogurt de queso amargo (sordito-membal) - T3 (leche de maduración Grado B) | Código muestra: | 03-0910021-0002 |
| Marca comercial: | N/A | Lote: | N/A |
| Normativa de referencia: | N/A | Fecha elaboración: | N/A |
| Envase: | Tarros plásticos | Fecha extracción: | N/A |
| Conservación de la muestra: | Refrigeración 0°C - 4°C | Fecha recepción: | 2024-09-26 |
| Fecha análisis: | 2024-09-03 | Realización de ensayos: | LABORATORIO EDIFICIO 3K |
| Contenido neto declarado: | 400 ml | | |
| Presentaciones: | N/A | | |
| Cond. ambientales del ensayo: | Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C y Humedad Relativa 55% ± 15% | | |

Análisis Físico - Químico

| Ensayo realizado | Unidad | Resultado | Requisitos | Método/Ref. |
|------------------|--------|-----------|------------|--------------------|
| Fibra Cruda * | % | 0.00 | — | AOAC 21st 979.10 * |

El laboratorio descargó la responsabilidad sobre la información proporcionada por el cliente que pueda afectar a la validez de sus resultados. Los resultados obtenidos aplican exclusivamente a la(s) muestra(s) recibida(s) en las condiciones entregadas por el cliente.

Anexo N° 15: Ficha de análisis sensorial.

**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
"DR. JACOBO BUCARAM ORTIZ"
CARRERA AGROINDUSTRIA**

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Producto: Yogur de ciruela amarilla

Género: Hombre Mujer Edad:

A continuación, se presentan tres formulaciones, evalúe cada muestra colocando el puntaje (1 a 5) de acuerdo a la categoría que describa cada atributo.

Recuerde tomar agua entre cada muestra.

| Categoría | Puntaje |
|----------------------------|---------|
| Me gusta mucho | 5 |
| Me gusta moderadamente | 4 |
| No me gusta ni me disgusta | 3 |
| Me disgusta moderadamente | 2 |
| Me disgusta mucho | 1 |

| Atributos | Tratamientos | | |
|-----------|--------------|------|------|
| | 017V | 230A | 104S |
| Color | | | |
| Olor | | | |
| Sabor | | | |
| Textura | | | |
| Dulzor | | | |

Anexo N° 16: Información recopilada de análisis sensorial Tratamiento 1.

| Panelistas | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
|------------|-------|------|-------|---------|--------|
| 1 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 |
| 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 7 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| 9 | 2 | 5 | 3 | 1 | 4 |
| 10 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 11 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 12 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 |
| 13 | 4 | 4 | 5 | 4 | 1 |
| 14 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 15 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| 16 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 17 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 18 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 19 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 20 | 2 | 3 | 2 | 1 | 3 |
| 21 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 |
| 22 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 23 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 24 | 3 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| 26 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| 27 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| 28 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 |
| 29 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 30 | 4 | 4 | 5 | 2 | 5 |
| 31 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| 32 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 33 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| 34 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 35 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 |
| 36 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 37 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 38 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 39 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 |

| Panelistas | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 40 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| 41 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 42 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 43 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 44 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 45 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 46 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 47 | 3 | 4 | 2 | 4 | 3 |
| 48 | 5 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 49 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| 50 | 3 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 51 | 4 | 5 | 3 | 3 | 4 |
| 52 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 53 | 3 | 5 | 4 | 2 | 5 |
| 54 | 5 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 55 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| 56 | 2 | 5 | 3 | 3 | 3 |
| 57 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 58 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 |
| 59 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 |
| 60 | 1 | 3 | 5 | 4 | 5 |
| 61 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| 62 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| 63 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 64 | 4 | 4 | 1 | 2 | 2 |
| 65 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| 66 | 5 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 67 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 68 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 |
| 69 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 70 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 71 | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| 72 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 73 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| 74 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| 75 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 |
| 76 | 4 | 3 | 3 | 2 | 4 |
| 77 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| 78 | 4 | 3 | 5 | 4 | 3 |
| 79 | 3 | 4 | 3 | 5 | 4 |
| 80 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 |
| 81 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 |

| Panelistas | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 82 | 5 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| 83 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 |
| 84 | 3 | 5 | 4 | 2 | 5 |
| 85 | 5 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 86 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 |
| 87 | 1 | 3 | 5 | 4 | 5 |
| 88 | 4 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 89 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 |
| 90 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 |
| 91 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 |
| 92 | 1 | 3 | 5 | 4 | 5 |
| 93 | 2 | 3 | 1 | 3 | 2 |
| 94 | 4 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 95 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| 96 | 4 | 4 | 3 | 4 | 2 |
| 97 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 98 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 99 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 100 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 |

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 17: Datos de los parámetros sensoriales en estudio correspondiente al Tratamiento 2.

| Panelistas | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 1 | 4 | 4 | 3 | 4 | 1 |
| 2 | 4 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 3 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 5 |
| 5 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 6 | 3 | 5 | 3 | 4 | 3 |
| 7 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 9 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| 10 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 11 | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| 12 | 3 | 4 | 4 | 3 | 2 |
| 13 | 3 | 4 | 4 | 3 | 1 |
| 14 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 |
| 15 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 |
| 16 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 17 | 2 | 2 | 3 | 3 | 1 |
| 18 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 |
| 19 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 20 | 3 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| 21 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 |
| 22 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 23 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 24 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 25 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 26 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 27 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 28 | 5 | 4 | 3 | 3 | 5 |
| 29 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 30 | 4 | 5 | 4 | 3 | 5 |
| 31 | 3 | 5 | 4 | 3 | 4 |
| 32 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 33 | 5 | 4 | 5 | 5 | 3 |
| 34 | 4 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| 35 | 2 | 3 | 3 | 4 | 3 |
| 36 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 |
| 37 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 38 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 39 | 3 | 4 | 3 | 2 | 3 |

| Panelistas | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 40 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 |
| 41 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 42 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 43 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 44 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 45 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| 46 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 47 | 4 | 4 | 2 | 4 | 3 |
| 48 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 49 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 |
| 50 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 51 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 52 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 53 | 3 | 5 | 3 | 1 | 2 |
| 54 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 55 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 56 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 57 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 58 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 59 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| 60 | 1 | 3 | 3 | 4 | 2 |
| 61 | 5 | 3 | 4 | 5 | 3 |
| 62 | 5 | 3 | 4 | 5 | 3 |
| 63 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 64 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 65 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 66 | 5 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 67 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 68 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 69 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 70 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 71 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 72 | 4 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| 73 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 74 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 75 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 76 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 77 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 78 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 79 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 |
| 80 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 81 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 |

| Panelistas | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 82 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 83 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 84 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 |
| 85 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 86 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 87 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| 88 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 89 | 3 | 5 | 3 | 1 | 2 |
| 90 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 |
| 91 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| 92 | 5 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 93 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 94 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 95 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 96 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 97 | 3 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 98 | 4 | 3 | 4 | 3 | 3 |
| 99 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 100 | 4 | 4 | 4 | 3 | 4 |

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 18: Datos de los parámetros sensoriales en estudio correspondiente al Tratamiento 3.

| Panelistas | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 1 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| 2 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 6 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 7 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 10 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 11 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 12 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 13 | 3 | 4 | 4 | 3 | 1 |
| 14 | 4 | 3 | 2 | 4 | 2 |
| 15 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 16 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 17 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 18 | 5 | 2 | 3 | 3 | 5 |
| 19 | 4 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| 20 | 4 | 5 | 5 | 3 | 4 |
| 21 | 5 | 5 | 4 | 4 | 5 |
| 22 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 23 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 24 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 26 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 27 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 28 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| 29 | 3 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| 30 | 5 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| 31 | 4 | 4 | 5 | 3 | 5 |
| 32 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 33 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 34 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| 35 | 3 | 2 | 2 | 3 | 5 |
| 36 | 3 | 4 | 3 | 4 | 5 |
| 37 | 5 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| 38 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |

| Panelistas | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 39 | 3 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| 40 | 4 | 5 | 5 | 3 | 5 |
| 41 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 42 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 43 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 44 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 45 | 3 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| 46 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| 47 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| 48 | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 |
| 49 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| 50 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 51 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 52 | 4 | 4 | 4 | 3 | 5 |
| 53 | 5 | 5 | 5 | 2 | 5 |
| 54 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 55 | 4 | 3 | 5 | 4 | 4 |
| 56 | 5 | 2 | 4 | 3 | 4 |
| 57 | 5 | 4 | 3 | 3 | 5 |
| 58 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 59 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 60 | 1 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 61 | 2 | 3 | 2 | 3 | 5 |
| 62 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 63 | 4 | 5 | 3 | 4 | 3 |
| 64 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 65 | 4 | 3 | 5 | 5 | 4 |
| 66 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 67 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 68 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 69 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 |
| 70 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 71 | 5 | 5 | 3 | 4 | 5 |
| 72 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 73 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 74 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 75 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 76 | 2 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| 77 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 78 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 79 | 4 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| 80 | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 |

| Panelistas | Color | Olor | Sabor | Textura | Dulzor |
|-------------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|
| 81 | 5 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 82 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 83 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 84 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 |
| 85 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 86 | 5 | 4 | 3 | 3 | 5 |
| 87 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 88 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 89 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| 90 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 91 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 92 | 3 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| 93 | 5 | 5 | 3 | 4 | 4 |
| 94 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 95 | 5 | 5 | 4 | 4 | 3 |
| 96 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 97 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| 98 | 5 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 99 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 100 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 19: Análisis estadístico de medición de Grados Brix de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).

Descriptives - ° Brix

| Grado de maduración | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|---------------------|---|-------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | 5.167 | 0.289 | 0.167 | 0.056 |
| T2 | 3 | 7.167 | 0.289 | 0.167 | 0.040 |
| T3 | 3 | 8.833 | 0.289 | 0.167 | 0.033 |

Standard (LSD)

Post Hoc Comparisons - Grado de maduración

| | | Mean Difference | SE | t | Pukey |
|----|----|-----------------|-------|---------|--------|
| T1 | T2 | -2.000 | 0.236 | -8.485 | < .001 |
| | T3 | -3.667 | 0.236 | -15.556 | < .001 |
| T2 | T3 | -1.667 | 0.236 | -7.071 | < .001 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3.

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 20: Análisis estadístico de medición de pH de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).

Descriptives

Descriptives - pH

| Grado de maduración | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|---------------------|---|-------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | 0.633 | 0.058 | 0.033 | 0.091 |
| T2 | 3 | 3.067 | 0.058 | 0.033 | 0.019 |
| T3 | 3 | 2.867 | 0.058 | 0.033 | 0.020 |

Post Hoc Tests

Standard (LSD)

Post Hoc Comparisons - Grado de maduración

| | | Mean Difference | SE | t | Pukey |
|----|----|-----------------|-------|---------|--------|
| T1 | T2 | -2.433 | 0.047 | -51.619 | < .001 |
| | T3 | -2.233 | 0.047 | -47.376 | < .001 |
| T2 | T3 | 0.200 | 0.047 | 4.243 | 0.013 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3.

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 21: Análisis estadístico de medición de Colorimetría de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).

Descriptives

Descriptives - L*

| Grado de maduración | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|---------------------|---|--------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | 65.117 | 0.225 | 0.130 | 0.003 |
| T2 | 3 | 58.633 | 0.168 | 0.097 | 0.003 |
| T3 | 3 | 53.303 | 0.168 | 0.097 | 0.003 |

Post Hoc Comparisons - Grado de maduración

| | | Mean Difference | SE | t | Ptukey |
|----|----|-----------------|-------|--------|--------|
| T1 | T2 | 6.483 | 0.154 | 42.025 | < .001 |
| | T3 | 11.813 | 0.154 | 76.574 | < .001 |
| T2 | T3 | 5.330 | 0.154 | 34.549 | < .001 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3.

Descriptives

Descriptives - a*

| Grado de maduración | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|---------------------|---|---------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | -12.487 | 0.168 | 0.097 | -0.013 |
| T2 | 3 | 5.450 | 0.110 | 0.064 | 0.020 |
| T3 | 3 | 18.560 | 0.110 | 0.064 | 0.006 |

Post Hoc Tests

Standard (LSD)

Post Hoc Comparisons - Grado de maduración

| | | Mean Difference | SE | t | Ptukey |
|----|----|-----------------|-------|----------|--------|
| T1 | T2 | -17.937 | 0.108 | -166.167 | < .001 |
| | T3 | -31.047 | 0.108 | -287.619 | < .001 |
| T2 | T3 | -13.110 | 0.108 | -121.452 | < .001 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3.

Descriptives

Descriptives - b^a

| Grado de maduración | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|---------------------|---|--------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | 25.633 | 0.168 | 0.097 | 0.007 |
| T2 | 3 | 30.353 | 0.240 | 0.139 | 0.008 |
| T3 | 3 | 34.780 | 0.111 | 0.064 | 0.003 |

Post Hoc Tests

Standard (LSD)

Post Hoc Comparisons - Grado de maduración

| | | Mean Difference | SE | t | P _{tukey} |
|----|----|-----------------|-------|---------|--------------------|
| T1 | T2 | -4.720 | 0.148 | -31.925 | < .001 |
| | T3 | -9.147 | 0.148 | -61.865 | < .001 |
| T2 | T3 | -4.427 | 0.148 | -29.941 | < .001 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 22: Análisis de varianza de proteína en yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).
Descriptives

Descriptives - Proteina (g/L)

| Tratamientos | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|--------------|---|-------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | 0.457 | 0.006 | 0.003 | 0.013 |
| T2 | 3 | 0.387 | 0.090 | 0.052 | 0.233 |
| T3 | 3 | 0.967 | 0.148 | 0.086 | 0.154 |

Post Hoc Comparisons - Tratamientos

| | | Mean Difference | SE | t | Ptukey |
|----|----|-----------------|-------|--------|--------|
| T1 | T2 | 0.070 | 0.082 | 0.854 | 0.686 |
| | T3 | -0.510 | 0.082 | -6.225 | 0.002 |
| T2 | T3 | -0.580 | 0.082 | -7.080 | < .001 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 23: Análisis de varianza de lípidos en yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).

Descriptives

Descriptives - Lípidos (g/L)

| Tratamientos | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|--------------|---|-------|------------------------|------------------------|--------------------------|
| T1 | 3 | 0.025 | 0.002 | 8.819×10^{-4} | 0.062 |
| T2 | 3 | 0.027 | 5.774×10^{-4} | 3.333×10^{-4} | 0.022 |
| T3 | 3 | 0.028 | 0.001 | 8.667×10^{-4} | 0.041 |

Standard (LSD)

Post Hoc Comparisons - Tratamientos

| | | Mean Difference | SE | t | Ptukey |
|----|----|-----------------|------------------------|--------|--------|
| T1 | T2 | -0.002 | 8.428×10^{-4} | -2.121 | 0.165 |
| | T3 | -0.004 | 9.428×10^{-4} | -3.889 | 0.019 |
| T2 | T3 | -0.002 | 9.428×10^{-4} | -1.768 | 0.258 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 24: Análisis de varianza de pH en yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).

Descriptives

Descriptives - pH

| Tratamientos | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|--------------|---|-------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | 4.667 | 0.208 | 0.120 | 0.045 |
| T2 | 3 | 4.433 | 0.153 | 0.088 | 0.034 |
| T3 | 3 | 4.267 | 0.115 | 0.067 | 0.027 |

Post Hoc Tests

Standard (LSD)

Post Hoc Comparisons - Tratamientos

| | | Mean Difference | SE | t | Ptukey |
|----|----|-----------------|-------|-------|--------|
| T1 | T2 | 0.233 | 0.133 | 1.750 | 0.263 |
| | T3 | 0.400 | 0.133 | 3.000 | 0.054 |
| T2 | T3 | 0.167 | 0.133 | 1.250 | 0.470 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 25: Análisis de varianza de pigmentos (clorofila) en yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).

Descriptives

Descriptives - Clorofila ($\mu\text{g/mL}$)

| Tratamientos | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|--------------|---|-------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | 4.010 | 0.503 | 0.290 | 0.125 |
| T2 | 3 | 3.900 | 0.340 | 0.197 | 0.087 |
| T3 | 3 | 3.230 | 0.200 | 0.115 | 0.062 |

Post Hoc Tests

Standard (LSD)

Post Hoc Comparisons - Tratamientos

| | | Mean Difference | SE | t | Ptukey |
|----|----|-----------------|-------|-------|--------|
| T1 | T2 | 0.110 | 0.301 | 0.365 | 0.930 |
| | T3 | 0.780 | 0.301 | 2.589 | 0.091 |
| T2 | T3 | 0.670 | 0.301 | 2.223 | 0.145 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 26: Análisis de varianza de pigmentos (carotenoides) en yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).

Descriptives

Descriptives - Carotenoides ($\mu\text{g/mL}$)

| Tratamientos | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|--------------|---|-------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | 1.820 | 0.710 | 0.410 | 0.390 |
| T2 | 3 | 1.610 | 0.382 | 0.221 | 0.237 |
| T3 | 3 | 1.400 | 0.270 | 0.156 | 0.193 |

Post Hoc Tests

Standard (LSD)

Post Hoc Comparisons - Tratamientos

| | | Mean Difference | SE | t | Ptukey |
|----|----|-----------------|-------|-------|--------|
| T1 | T2 | 0.210 | 0.401 | 0.524 | 0.863 |
| | T3 | 0.420 | 0.401 | 1.048 | 0.577 |
| T2 | T3 | 0.210 | 0.401 | 0.524 | 0.863 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 27: Análisis de varianza de actividad antioxidante en yogur de ciruela amarilla (*Spondias mombin* L.).

Descriptives

Descriptives - Actividad Antioxidante (g/L)

| Tratamientos | N | Mean | SD | SE | Coefficient of variation |
|--------------|---|-------|-------|-------|--------------------------|
| T1 | 3 | 0.072 | 0.003 | 0.001 | 0.035 |
| T2 | 3 | 0.192 | 0.145 | 0.084 | 0.755 |
| T3 | 3 | 0.380 | 0.006 | 0.003 | 0.015 |

Standard (LSD)

Post Hoc Comparisons - Tratamientos

| | | Mean Difference | SE | t | Ptukey |
|----|----|-----------------|-------|--------|--------|
| T1 | T2 | -0.120 | 0.069 | -1.751 | 0.263 |
| | T3 | -0.307 | 0.069 | -4.485 | 0.010 |
| T2 | T3 | -0.187 | 0.069 | -2.734 | 0.076 |

Note. P-value adjusted for comparing a family of 3

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 28: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de estudio sensorial de color.

Kruskal-Wallis Test

Kruskal-Wallis Test

| Factor | Statistic | df | p |
|-------------|-----------|----|--------|
| TRATAMIENTO | 25.647 | 2 | < .001 |

Dunn

Dunn's Post Hoc Comparisons - TRATAMIENTO

| Comparison | z | W _i | W _j | r _{rb} | p | P _{bonf} | P _{holm} |
|------------|--------|----------------|----------------|------------------------|--------|-------------------|-------------------|
| T1 - T2 | -0.029 | 133.115 | 133.460 | 5.000×10 ⁻⁴ | 0.977 | 1.000 | 0.977 |
| T1 - T3 | -4.400 | 133.115 | 184.925 | 0.348 | < .001 | < .001 | < .001 |
| T2 - T3 | -4.371 | 133.460 | 184.925 | 0.340 | < .001 | < .001 | < .001 |

Note. Rank-biserial correlation based on individual Mann-Whitney tests.

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 29: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de análisis sensorial de olor.

Kruskal-Wallis Test ▼

Kruskal-Wallis Test ▼

| Factor | Statistic | df | p |
|-------------|-----------|----|-------|
| TRATAMIENTO | 11.534 | 2 | 0.003 |

Dunn

Dunn's Post Hoc Comparisons - TRATAMIENTO

| Comparison | z | W _i | W _j | r _{rb} | p | P _{bonf} | P _{holm} |
|------------|--------|----------------|----------------|-----------------|-------|-------------------|-------------------|
| T1 - T2 | 0.193 | 140.220 | 137.975 | 0.013 | 0.847 | 1.000 | 0.847 |
| T1 - T3 | -2.840 | 140.220 | 173.305 | 0.219 | 0.005 | 0.014 | 0.009 |
| T2 - T3 | -3.033 | 137.975 | 173.305 | 0.238 | 0.002 | 0.007 | 0.007 |

Note. Rank-biserial correlation based on individual Mann-Whitney tests.

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 30: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de estudio sensorial de textura.

Kruskal-Wallis Test ▼

Kruskal-Wallis Test

| Factor | Statistic | df | p |
|-------------|-----------|----|--------|
| TRATAMIENTO | 19.421 | 2 | < .001 |

Dunn ▼

Dunn's Post Hoc Comparisons - TRATAMIENTO ▼

| Comparison | z | W _i | W _j | r _{rb} | p | P _{bonf} | P _{holm} |
|------------|--------|----------------|----------------|-----------------|--------|-------------------|-------------------|
| T1 - T2 | 1.884 | 148.055 | 125.910 | 0.145 | 0.060 | 0.179 | 0.060 |
| T1 - T3 | -2.508 | 148.055 | 177.535 | 0.194 | 0.012 | 0.036 | 0.024 |
| T2 - T3 | -4.392 | 125.910 | 177.535 | 0.346 | < .001 | < .001 | < .001 |

Note. Rank-biserial correlation based on individual Mann-Whitney tests.

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 31: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de estudio sensorial de sabor.

Kruskal-Wallis Test ▼

Kruskal-Wallis Test

| Factor | Statistic | df | p |
|-------------|-----------|----|-------|
| TRATAMIENTO | 13.470 | 2 | 0.001 |

Dunn ▼

Dunn's Post Hoc Comparisons - TRATAMIENTO ▼

| Comparison | z | W _i | W _j | r _{rb} | p | P _{bonf} | P _{holm} |
|------------|--------|----------------|----------------|-----------------|--------|-------------------|-------------------|
| T1 - T2 | 0.586 | 141.680 | 134.810 | 0.032 | 0.558 | 1.000 | 0.558 |
| T1 - T3 | -2.844 | 141.680 | 175.010 | 0.209 | 0.004 | 0.013 | 0.009 |
| T2 - T3 | -3.431 | 134.810 | 175.010 | 0.281 | < .001 | 0.002 | 0.002 |

Note. Rank-biserial correlation based on individual Mann-Whitney tests.

Elaborado por: La Autora, 2024.

Anexo N° 32: Análisis de estadístico por Test Dunn-Bonferroni de estudio sensorial de dulzor.

Kruskal-Wallis Test

Kruskal-Wallis Test

| Factor | Statistic | df | p |
|-------------|-----------|----|--------|
| TRATAMIENTO | 68.216 | 2 | < .001 |

Dunn

Dunn's Post Hoc Comparisons - TRATAMIENTO

| Comparison | z | W_i | W_j | r_{rb} | p | Pboot | Pholm |
|------------|--------|---------|---------|----------|--------|--------|--------|
| T1 - T2 | 1.705 | 133.070 | 113.000 | 0.139 | 0.088 | 0.265 | 0.088 |
| T1 - T3 | -8.148 | 133.070 | 205.430 | 0.488 | < .001 | < .001 | < .001 |
| T2 - T3 | -7.851 | 113.000 | 205.430 | 0.611 | < .001 | < .001 | < .001 |

Note. Rank-biserial correlation based on individual Mann-Whitney tests.

Elaborado por: La Autora, 2024.