

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS:

**Elaboración y evaluación fisicoquímica y sensorial de
gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*)
y estevia (*Stevia rebaudiana*)**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:

Bach. Karen Rosario TORRE MARTINEZ

ASESOR:

Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA

AYACUCHO - PERÚ

2025

DEDICATORIA

A mis padres por influir con su sabiduría y formación hasta ser la persona que soy ahora, a mi hermano por ser mi compañía en todo este proceso.

AGRADECIMIENTOS

A mi alma máter, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, a mis docentes por ser parte de mi formación académica y profesional brindando dedicación perseverancia y compromiso en todo el proceso universitario y post-universitario.

A mi asesor el Dr. Saúl Ricardo Chuqui Diestra por su conocimiento, compromiso y paciencia en el desarrollo de este proyecto.

A mi familia por su apoyo incondicional y a mis amigos por largas jornadas de estudio y momentos vivenciales hicieron más ameno el camino universitario llegando a ser parte de mí.

Karen Rosario Torre Martinez

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general elaborar y evaluar gomitas con adición de espirulina y estevia evaluando las propiedades fisicoquímicas y la aceptabilidad sensorial, Se analizaron parámetros como contenido de proteínas, azúcares reductores, acidez titulable, actividad de agua y sólidos solubles, así como atributos sensoriales: olor, color, sabor y textura. Se diseñaron 27 unidades experimentales mediante un diseño factorial 3×3 (DOE). Para la evaluación sensorial se utilizó una escala hedónica de 9 puntos con la participación de 25 panelistas. Los resultados indicaron un promedio de 11,2478% en proteína, 0,8122 en actividad de agua, 19,7244% de humedad, 0,3914% ácido cítrico en acidez titulable, 4,5867 en pH, 15,6856 °Brix en sólidos solubles y un 0,23% en ceniza estos valores son resultante del análisis fisicoquímico. En el caso del análisis sensorial, el cual fue desarrollado con la prueba Tukey se evidenció al tratamiento siete como mejor resultado reflejando preferencia en olor, color, sabor y textura. Se concluye que la incorporación de espirulina y estevia en la elaboración de gomitas es una alternativa viable para el desarrollo de un producto funcional, nutritivo y sensorialmente aceptable, alineado con las tendencias actuales de alimentación saludable.

Palabras clave: espirulina, estevia, gomitas, evaluación fisicoquímica, análisis sensorial, alimento funcional.

ABSTRAC

The general objective of this study was to formulate and evaluate gummies with the addition of spirulina and stevia, assessing both physicochemical properties and sensory acceptability. Parameters analyzed included protein content, reducing sugars, titratable acidity, water activity, and soluble solids, as well as sensory attributes such as odor, color, flavor, and texture. A total of 27 experimental units were designed using a 3×3 factorial design (DOE). Sensory evaluation was conducted using a 9-point hedonic scale with the participation of 25 panelists.

The results indicated an average of 11.2478% protein, 0.8122 water activity, 19.7244% moisture, 0.3914% citric acid in titratable acidity, pH 4.5867, 15.6856 °Brix in soluble solids, and 0.23% ash, as determined by physicochemical analysis. Sensory analysis, carried out using Tukey's test, showed that treatment seven yielded the best results, reflecting preference in odor, color, flavor, and texture.

It is concluded that the incorporation of spirulina and stevia in gummy production is a viable alternative for developing a functional, nutritious, and sensorially acceptable product, aligned with current healthy eating trends.

Key words: *spirulina, stevia, gummies, physicochemical evaluation, sensory analysis, functional food.*

INDICE

| | |
|--|-----------|
| RESUMEN | iv |
| ABSTRAC | v |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPITULO I | 3 |
| PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.1. Planteamiento del problema | 3 |
| 1.2. Formulación del problema | 4 |
| 1.2.1. Problema General | 4 |
| 1.2.2. Problemas Específicos | 5 |
| 1.3. Objetivos | 5 |
| 1.3.1 Objetivo General | 5 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 5 |
| 1.4. Hipótesis | 5 |
| 1.4.1. Hipótesis general | 5 |
| 1.4.2. Hipótesis específicas | 5 |
| 1.5. Justificación | 6 |
| CAPÍTULO II | 8 |
| MARCO TEORICO | 8 |
| 2.1 ANTECEDENTES | 8 |
| 2.1.1. Antecedentes internacionales | 8 |
| 2.1.2. Antecedentes nacionales | 10 |
| 2.2 ESPIRULINA | 11 |
| 2.2.1. Generalidades | 11 |
| 2.2.2. Ambiente natural y origen | 13 |
| 2.2.3. Composición nutricional | 13 |
| 2.2.4. La espirulina como fuente de alimento | 15 |
| 2.2.5. La producción de espirulina en el Perú | 16 |
| 2.2.6. La producción de espirulina en la región | 16 |

| | | |
|-----------------|---|-----------|
| 2.3 | CONFITERÍA | 17 |
| 2.3.1. | Clasificación de los confites | 17 |
| 2.3.2. | Productos de confitería | 18 |
| 2.3.3. | Gomitas o Gominolas | 19 |
| 2.3.3.1 | Componentes de las gomitas | 20 |
| 2.3.3.2 | Proceso de elaboración de gomitas | 21 |
| 2.3.3.3 | Requisitos fisicoquímicos de las gomitas | 21 |
| 2.3.4. | Gomas Gelificantes | 22 |
| 2.3.4.1. | Aplicaciones de las gomas en los alimentos | 23 |
| 2.3.4.2. | Clasificación de las gomas gelificantes | 23 |
| 2.3.4.3. | Grenetina o gelatina | 24 |
| 2.4 | ESTEVIA | 25 |
| | CAPÍTULO III | 27 |
| | MATERIALES Y MÉTODOS | 27 |
| 3.1. | MATERIALES | 27 |
| 3.1.1 | Materia prima e Insumos | 27 |
| 3.1.2 | Materiales de laboratorio | 27 |
| 3.1.3 | Reactivos | 28 |
| 3.2. | EQUIPOS E INSTRUMENTOS | 28 |
| 3.3. | MÉTODOS DE ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS | 28 |
| 3.3.1. | Análisis fisicoquímico | 28 |
| 3.4. | DISEÑO EXPERIMENTAL | 30 |
| 3.4.1. | Elaboración de las gomitas | 30 |
| 3.5. | DISEÑO METODOLÓGICO | 33 |
| | CAPÍTULO IV | 35 |
| | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 35 |
| 4.1. | CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LAS GOMITAS | 35 |
| 4.1.1. | Evaluación del contenido de proteínas | 35 |
| 4.1.2. | Evaluación de la actividad del agua (Aw) | 40 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1.3. Evaluación de Humedad | 44 |
| 4.1.4. Evaluación de la acidez titulable | 48 |
| 4.1.5. Evaluación de pH | 52 |
| 4.1.6. Evaluación de sólidos solubles | 56 |
| 4.1.7. Evaluación de contenido de ceniza | 60 |
| 4.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS GOMITAS | 65 |
| 4.2.1. Evaluación sensorial para el atributo de sabor | 65 |
| 4.2.2. Evaluación sensorial para el atributo de olor | 67 |
| 4.2.3. Evaluación sensorial para el atributo de color | 68 |
| 4.2.4. Evaluación sensorial para el atributo de textura | 70 |
| CONCLUSIONES | 72 |
| RECOMENDACIONES | 73 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 74 |
| ANEXOS | 77 |

LISTA DE TABLAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 1 | Clasificación taxonómica de la espirulina | 12 |
| Tabla 2 | Contenido de macronutrientes de la espirulina | 14 |
| Tabla 3 | Contenido de micronutrientes de la espirulina | 15 |
| Tabla 4 | Clasificación de confites | 18 |
| Tabla 5 | Requisitos fisicoquímicos de las gomitas..... | 21 |
| Tabla 6 | Requisitos microbiológicos de las gomitas | 22 |
| Tabla 7 | Funciones y aplicaciones de las gomas en los alimentos | 23 |
| Tabla 8 | Composición de estevia (<i>Stevia rebaudiana</i>)..... | 25 |
| Tabla 9 | Formulación del diseño experimental | 34 |
| Tabla 10 | Contenido de proteínas (%) en las gomitas | 36 |
| Tabla 11 | Cuadro ANOVA para la variable proteína | 36 |
| Tabla 12 | <i>Contenido de Actividad de agua (Aw) en las gomitas</i> | 40 |
| Tabla 13 | Cuadro ANOVA para la variable Actividad de agua (Aw)..... | 41 |
| Tabla 14 | Contenido de humedad (%) en las gomitas | 44 |
| Tabla 15 | Cuadro ANOVA para la variable humedad | 45 |
| Tabla 16 | Contenido de acidez titulable (%) en las gomitas | 48 |
| Tabla 17 | Cuadro ANOVA para la variable Acidez Titulable | 49 |
| Tabla 18 | Contenido de pH en las gomitas..... | 52 |
| Tabla 19 | Cuadro ANOVA para la variable pH | 53 |
| Tabla 20 | Contenido de °Brix en las gomitas..... | 56 |
| Tabla 21 | Cuadro ANOVA para la variable °Brix | 57 |
| Tabla 22 | Contenido de ceniza en las gomitas | 60 |
| Tabla 23 | Cuadro ANOVA para la variable ceniza | 61 |
| Tabla 24 | Análisis de varianza para el atributo sabor | 65 |
| Tabla 25 | Comparación Tukey para el atributo sabor | 66 |
| Tabla 26 | Análisis de varianza para el atributo olor | 67 |
| Tabla 27 | Comparación Tukey para el atributo olor | 67 |
| Tabla 28 | Análisis de varianza para el atributo color..... | 68 |
| Tabla 29 | Comparación Tukey para el atributo color | 69 |
| Tabla 30 | Análisis de varianza para el atributo textura..... | 70 |
| Tabla 31 | Comparación Tukey para el atributo textura | 70 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Micrografía óptica de <i>Arthrospira platensis</i> | 12 |
| Figura 2 | Diagrama de flujo para la elaboración de gomitas | 32 |
| Figura 3 | Diagrama de Pareto para la variable de proteína..... | 37 |
| Figura 4 | Gráfica de efectos principales para la variable proteína..... | 38 |
| Figura 5 | Gráfica de interacción para la variable proteína..... | 39 |
| Figura 6 | Diagrama de Pareto para la variable de Actividad de agua (Aw)..... | 41 |
| Figura 7 | Gráfica de efectos principales para la variable Actividad de agua (Aw)..... | 42 |
| Figura 8 | Gráfica de interacción para la variable Actividad de agua (Aw)..... | 43 |
| Figura 9 | Diagrama de Pareto para la variable de humedad..... | 45 |
| Figura 10 | Gráfica de efectos principales para la variable humedad | 46 |
| Figura 11 | Gráfica de interacción para la variable humedad | 47 |
| Figura 12 | Diagrama de Pareto para la variable de acidez titulable | 49 |
| Figura 13 | Gráfica de efectos principales para la variable acidez titulable | 50 |
| Figura 14 | Gráfica de interacción para la variable acidez titulable | 51 |
| Figura 15 | Diagrama de Pareto para la variable de pH | 54 |
| Figura 16 | Gráfica de efectos principales para la variable pH | 54 |
| Figura 17 | Gráfica de interacción para la variable pH | 55 |
| Figura 18 | Diagrama de Pareto para la variable de °Brix | 58 |
| Figura 19 | Gráfica de efectos principales para la variable °Brix | 58 |
| Figura 20 | Gráfica de interacción para la variable °Brix | 59 |
| Figura 21 | Diagrama de Pareto para la variable de ceniza | 62 |
| Figura 22 | Gráfica de efectos principales para la variable ceniza | 63 |
| Figura 23 | Gráfica de interacción para la variable ceniza..... | 64 |

ANEXOS

| | |
|---|----|
| Anexo 1 Determinación de la acidez titulable. | 78 |
| Anexo 2 Determinación de la humedad. | 78 |
| Anexo 3 Determinación de sólidos solubles..... | 79 |
| Anexo 4 Determinación de pH. | 79 |
| Anexo 5 Determinación de Actividad de agua (Aw). | 80 |
| Anexo 6 Muestras de las gomitas. | 80 |
| Anexo 7 Proceso de elaboración de gomitas..... | 81 |
| Anexo 8 Formato de evaluación sensorial para las gomitas con adición de espirulina (<i>Arthrospira platensis</i>) y estevia (<i>Stevia rebaudiana</i>)..... | 82 |
| Anexo 9 Resultados de la evaluación sensorial para el atributo sabor..... | 83 |
| Anexo 10 Resultados de la evaluación sensorial para el atributo olor..... | 84 |
| Anexo 11 Resultados de la evaluación sensorial para el atributo color. | 85 |
| Anexo 12 Resultados de la evaluación sensorial para el atributo color. | 86 |

INTRODUCCIÓN

La desnutrición es un problema de salud pública que afecta a millones de personas en todo el mundo, especialmente en poblaciones con acceso limitado a alimentos nutritivos. La falta de una alimentación equilibrada puede generar deficiencias en el desarrollo físico y cognitivo, así como un mayor riesgo de enfermedades. Ante esta problemática, es fundamental explorar alternativas innovadoras que contribuyan a mejorar la calidad nutricional de los alimentos.

Entre las diferentes microalgas cultivadas actualmente, la espirulina (*Arthrospira platensis*) se destaca por su alto contenido de nutrientes y su potencial como aditivo en productos alimenticios. Esta cianobacteria de color verde azulado es una alternativa en la lucha contra la desnutrición debido a su alta calidad proteica, vitaminas, minerales y antioxidantes. Además, es fácil de digerir, lo que la hace ideal para niños y personas con sistemas digestivos comprometidos (Liestianty, 2019).

Por otro lado, la estevia (*Stevia rebaudiana*) ha ganado popularidad como edulcorante natural que puede sustituir al azúcar en la dieta. Los glucósidos de esteviol en la estevia son mucho más dulces que la sacarosa y no elevan los niveles de glucosa en sangre. Sin embargo, su uso puede estar limitado por su sabor amargo residual, lo que requiere métodos de pretratamiento para mejorar su perfil sensorial

Esta investigación busca contribuir al desarrollo de alimentos funcionales innovadores que puedan ayudar a combatir a promover hábitos alimenticios más saludables. A partir de los resultados obtenidos, se espera generar información útil para la industria agroalimentaria y para el diseño de estrategias nutricionales accesibles y efectivas.

El presente estudio tiene como objetivo general la evaluación de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la elaboración de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*). Como objetivos específicos son: Evaluar el contenido de proteínas, azúcares reductores, acidez titulable, actividad de agua y sólidos solubles de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*). Y realizar un estudio de evaluación sensorial de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*). En cuanto a la metodología, la investigación se desarrollará mediante la elaboración de diferentes

formulaciones de gomitas variando los niveles de espirulina y estevia teniendo como finalidad contribuir y promover al desarrollo de alimentos funcionales innovadores que puedan ser utilizados como herramientas en la mejora de la dieta alimenticia ofreciendo información útil para la industria agroalimentaria y para el diseño de estrategias de alimentación efectiva.

Finalmente, la estructura de este trabajo de tesis se organiza en cuatro capítulos. En el Capítulo I se presenta la problemática de la investigación, describiendo la formulación del problema, los objetivos, hipótesis y justificación. El Capítulo II expone el marco teórico. Capítulo III describe materiales y métodos empleada en la investigación. Capítulo IV contiene los resultados y discusión, seguidas de las referencias bibliográficas y anexos correspondientes.

CAPITULO I

PROBLEMÁTICA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Las gomitas son una confitería ampliamente consumida a nivel global, reconocidas por su textura masticable y sabor dulce. No obstante, su alto contenido de azúcar ha sido vinculado a problemas de salud, como la obesidad, diabetes y las enfermedades cardiovasculares, lo que ha generado preocupación entre los consumidores y profesionales de la salud. La mayoría de las gomitas comerciales están compuestas principalmente de azúcar, colorantes artificiales, jarabes y gelificantes, lo que limita su valor nutricional.

Estos productos carecen de componentes adicionales como macronutrientes (proteínas, grasas saludables) y micronutrientes (vitaminas, minerales), lo que los convierte en una opción poco beneficiosa para el consumidor. Además, su alto contenido calórico y bajo aporte de nutrientes esenciales los hace menos atractivos.

En respuesta a las crecientes preocupaciones sobre los efectos adversos del consumo excesivo de azúcar, se han establecido directrices que recomiendan reducir la ingesta de azúcares libres a menos del 10 % de la ingesta total de energía diaria (Raghavan *et al.* 2023). En este contexto, se ha incrementado el interés en alternativas naturales al azúcar, como la estevia, un edulcorante derivado de las hojas de *Stevia rebaudiana*. Este edulcorante natural ha ganado popularidad debido a su capacidad para proporcionar dulzor sin aportar calorías significativas, lo que lo convierte en una opción atractiva para

quienes buscan mantener un equilibrio energético adecuado y reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con el consumo elevado de azúcar (Raghavan *et al.* 2023).

La estevia no solo ayuda a reducir el consumo de calorías, sino que también tiene efectos positivos sobre la sensibilidad a la insulina y los niveles de glucosa postprandial, lo que la hace adecuada para personas con prediabetes y diabetes (Raghavan *et al.* 2023). Por otro lado, la espirulina, una microalga rica en proteínas, vitaminas, minerales y antioxidantes, ofrece numerosos beneficios para la salud, incluyendo propiedades antiinflamatorias y potenciadoras del sistema inmunológico (Karkos *et al.* 2011).

La sustitución del azúcar por edulcorantes naturales como la estevia ofrece una alternativa saludable, reduciendo el contenido calórico sin comprometer el sabor (Raghavan *et al.* 2023). Además, la inclusión de la espirulina puede aumentar el valor nutricional de las gomitas, proporcionando beneficios adicionales para la salud (Karkos *et al.* 2011).

La elaboración de gomitas con espirulina y estevia, así como la evaluación fisicoquímica y sensorial es crucial para determinar su viabilidad como producto comercial. Es necesario estudiar cómo la incorporación de estos ingredientes afecta la textura, sabor, estabilidad y valor nutricional del producto final. Además, la aceptación sensorial por parte de los consumidores es fundamental para asegurar el éxito en el mercado. Estudios previos han demostrado que la espirulina puede ser utilizada en alimentos sin efectos secundarios significativos, mientras que la estevia ha sido aprobada por diversas agencias regulatorias como un edulcorante seguro (Raghavan *et al.* 2023).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema General

¿Cómo influye la elaboración de la gomita con adición de espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) en las propiedades fisicoquímicas y la evaluación sensorial del producto final?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Cuál es el efecto de la adición de espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) en el contenido de proteína, actividad de agua, humedad, acidez titulable, pH, sólidos solubles y ceniza en la elaboración de gomitas?
- ¿Cómo influye la evaluación sensorial en la adición de espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) en la elaboración de gomitas?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar las propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de gomitas elaboradas con adición de espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*).

1.3.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el contenido de proteínas, actividad de agua, humedad, acidez titulable, pH, sólidos solubles y ceniza de gomitas con adición de espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*).
- Realizar un estudio de evaluación sensorial de gomitas con adición de espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*).

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

La adición de espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) en la elaboración de gomitas mejora sus propiedades fisicoquímicas y mantiene una buena aceptabilidad sensorial.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Las gomitas elaboradas con espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) presentan un mayor contenido proteico y mejora en sus propiedades fisicoquímicas.
- Las gomitas elaboradas con espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*) presentan una aceptación sensorial en los atributos de olor, color, sabor y textura.

1.5. Justificación

La mala alimentación y la desnutrición son problemas interconectados que afectan gravemente la salud y el bienestar de millones de personas tanto en Perú como en el mundo. La falta de alimentos saludables impide el funcionamiento adecuado del cuerpo, causando deficiencias que debilitan el sistema inmunológico, dificultan el crecimiento y el desarrollo, y aumentan el riesgo de enfermedades graves. La falta de acceso a alimentos de valor agregado saludable agrava esta situación preocupante. Es necesario un enfoque integral que incluya la educación alimentaria, la promoción de dietas equilibradas y el desarrollo de productos que satisfagan las necesidades nutricionales (Berg, 1975).

Entre las diferentes microalgas cultivadas actualmente, la espirulina (*Arthrospira platensis*) se destaca por su alto contenido de nutrientes y su potencial como aditivo en productos alimenticios. Esta cianobacteria de color verde azulado es una alternativa en la lucha contra la desnutrición debido a su alta calidad proteica, vitaminas, minerales y antioxidantes. Además, es fácil de digerir, lo que la hace ideal para niños y personas con sistemas digestivos comprometidos (Liestianty *et al.* 2019).

Por otro lado, la estevia (*Stevia rebaudiana*) ha ganado popularidad como edulcorante natural sin calorías que puede sustituir al azúcar en la dieta. Los glucósidos de esteviol en la estevia son mucho más dulces que la sacarosa y no elevan los niveles de glucosa en sangre. Sin embargo, su uso puede estar limitado por su sabor amargo residual, lo que requiere métodos de pretratamiento para mejorar su perfil sensorial (Silva *et al.* 2020).

La combinación de espirulina y estevia en la formulación de gomitas podría ser una solución prometedora para abordar la alimentación “desordenada”. Las gomitas ricas en nutrientes, son populares debido a su facilidad de consumo y capacidad para cubrir las deficiencias nutricionales diarias.

El presente estudio busca evaluar las propiedades fisicoquímicas y la aceptabilidad sensorial de gomitas a base de espirulina y estevia. Se investigará cómo la adición de espirulina afecta el contenido de proteínas, actividad de agua, humedad, acidez titulable, evaluación de pH, sólidos solubles y minerales en las gomitas. Además de la aceptabilidad sensorial de las gomitas evaluando el sabor, olor, color y textura.

La utilidad de esta investigación ofrece una alternativa en la alimentación práctica, así como también de fácil consumo que puede contribuir los problemas derivados del consumo excesivo de azúcar refinada. La información será particularmente útil en el abordaje de la “alimentación desordenada” que tiene como característica dietas poco equilibradas y carentes de funcionalidad.

En cuanto a los beneficios sociales, este trabajo podría impactar positivamente en la promoción de hábitos alimenticios más saludables, en especial poblaciones infantiles, contribuyendo a reducir deficiencias nutricionales. Desde el ámbito científico, el estudio aportará información nueva sobre la viabilidad de la espirulina y la estevia como ingredientes funcionales en productos de confitería.

Por último, los principales beneficiarios serán los consumidores que buscan alternativas saludables, la industria alimentaria interesada en el desarrollo de productos funcionales con mayor aceptación promoviendo programas de nutrición preventiva.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1. Antecedentes internacionales

“Determinación del tiempo mínimo de secado de caramelos de goma en base a sus propiedades mecánicas” El objetivo fue determinar el tiempo mínimo de secado requerido por las gomitas para lograr la resistencia adecuada para su posterior manipulación. Se formaron cuatro dulces de frutas diferentes, que contenían almidón y gelatina como agentes gelificantes, en moldes de almidón en polvo y se secaron a 21 °C y 35 % de humedad relativa durante hasta 24 h. Los cambios en la textura de la gelatina se controlaron mediante el análisis del perfil textural (TPA). También se midieron parámetros físicos relacionados con propiedades reológicas, como humedad, sólidos solubles, actividad del agua y pH. La dureza, gomosidad y masticabilidad aumentaron ($P \leq 0,05$) de 12 a 16 h y luego se estabilizaron, mientras que la cohesividad y la elasticidad no se vieron afectadas ($P > 0,05$) por el tiempo de secado. La textura se estabilizó antes de que el contenido de humedad se volviera constante. Se encontró una correlación modesta entre los datos relativos a la textura, la deshidratación o el pH. Los cambios de textura se predijeron con precisión ($R^2 = 0,96$) utilizando ecuaciones de regresión polinómica. Se consideró que el TPA era una herramienta útil para ajustar el tiempo de secado de las gomitas. (Bañón, 2015).

Bravo (2020), en su trabajo de investigación titulado “Evaluación físico-química y sensorial de una golosina tipo gomita a base de pulpa de parchita (*Passiflora edulis*) endulzada con estevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*)” buscó desarrollar un nuevo producto agroindustrial sin la adición de azúcares refinados, a fin de contribuir a mitigar la necesidad existente de

confitería saludable, a partir de la evaluación físico-química y sensorial de una golosina tipo gomita a base de pulpa de parchita endulzada con estevia. La metodología consistió en la aplicación de un diseño factorial 3^2 para la combinación de gelatina y agar-agar, utilizando además pulpa de parchita, almidón de maíz y edulcorante líquido de estevia, establecidos a través de un “focus group”, para luego mediante pruebas afectivas y utilizando un panel semi-entrenado se evaluó la combinación de la estevia con otros edulcorantes no calóricos como el aspartame y sucralosa, así como el uso de rebaudiósido A, esto con el fin de atenuar el regusto de la estevia. Estas evaluaciones permitieron disminuir la cantidad de muestras a los tres mejores tratamientos, el tratamiento 2 utilizando solo estevia como edulcorante, el tratamiento 3 con 3 g de estevia y 0,5 g de sucralosa y el tratamiento 4 con 3 g de estevia y 0,6 g de sucralosa; estas formulaciones fueron sometidas a una evaluación fisicoquímica para determinar acidez titulable, pH, Aw, sólidos solubles totales, humedad, color y textura. Fueron analizados por un panel de consumidores conformado por 100 niños con edades comprendidas entre 9 y 12 años, en donde se evaluó el color, la textura, el dulzor y la aceptabilidad global, siendo el tratamiento 4 (6 g gelatina, 1 g agar-agar, 3 g estevia y 0,6 g sucralosa) el de mayor nivel de agrado. Delgado (2017), en su trabajo “Efecto de la sustitución de almidón por inulina sobre las características físico-químicas, de textura y sensoriales de los caramelos de goma” analiza la posibilidad de sustituir almidón de maíz por inulina de achicoria como agente co-gelificante en caramelos de goma elaborados con gelatina. A partir de una solución acuosa de inulina (240 g kg⁻¹) se pudo formar un gel cremoso mediante agitación (70 °C /10 min) sin necesidad de cocción previa. La sustitución de almidón por inulina (90 g kg⁻¹ masa cruda) en los caramelos proporcionó una textura ligeramente más blanda, elástica y adhesiva, potenció los sabores a fresa, dulce y ácido, y apenas afectó el color rojo. La inulina añadida no se degradó a azúcares simples tras el procesador (mezclado a 80 °C y pH 3,2 durante 5 min y posterior secado a 30 % HR y 25 °C durante 24 h). Por tanto, la inulina ha resultado ser un ingrediente estable y de sabor neutro que puede ser empleado para desarrollar caramelos de goma enriquecidos en fibra dietética con potencial actividad prebiótica. Lele & Ruzauskas (2018), en su trabajo de investigación titulado “Desarrollo y caracterización de suplementos gomosos enriquecidos con probióticos y prebióticos” este presente estudio tuvo como finalidad desarrollar suplementos gomosos (GS) que incorporan probióticos (*Lactobacillus plantarum* LUHS135 y *Lactobacillus paracasei* LUHS244), prebióticos (cáscara de psilio) y pulpa de

manzana como fuente de pectina. Asimismo, pretendió evaluar el contenido de bacterias lácticas (LAB) viables, el contenido total de compuestos fenólicos (TPC), la actividad antioxidante, las coordenadas de color, los parámetros de textura y la aceptabilidad general de los GS desarrollados. Además, se investigaron las propiedades antimicrobianas de las cepas LAB utilizadas contra *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* y *Streptococcus mutans*. Se comprobó que los GS con gelatina mostraron mayor liviandad, amarillez y aceptabilidad, mientras que los GS con agar exhibieron una textura más dura. Asimismo, se constató que la selección de agar/gelatina incide significativamente en el contenido de TPC de los GS y que la actividad antioxidante de éstos depende de la cepa de LAB y del uso de cáscara de psilio. Todas las cepas patógenas examinadas fueron inhibidas por LUHS244. La fórmula GS desarrollada permitió obtener productos de mayor valor.

2.1.2. Antecedentes nacionales

“Efecto de la sangre de cuy y gomitas de *Physalis peruviana* en la reducción de la anemia en niños de Huánuco Perú”. Este trabajo de investigación tuvo como objetivo comprobar la efectividad de las Gomitas de sangre de cuy y aguaymanto como complemento nutricional en la reducción de la anemia en niños de 2 a 5 años de una zona de alta prevalencia de Huánuco. La investigación, de carácter longitudinal, analítico, prospectivo y experimental, involucró a 33 niños que consumieron estas gomitas durante 21 días consecutivos. Inicialmente, los participantes presentaban anemia leve (39,4 %) o moderada (60,6 %). Tras el tratamiento, se observó una notable mejoría: el 93,9 % de los niños superaron la anemia, con un aumento significativo en los niveles de hemoglobina ($p = 0,000$). Estos resultados subrayan el potencial de las gomitas como vehículo para suplementos nutricionales, especialmente en poblaciones infantiles vulnerables. En el contexto de la presente investigación sobre gomitas de espirulina y estevia, este antecedente resalta la importancia de evaluar no solo las propiedades fisicoquímicas y sensoriales, sino también el impacto nutricional potencial del producto. La combinación de ingredientes funcionales en un formato atractivo para los niños podría ofrecer una estrategia innovadora para abordar deficiencias nutricionales específicas. (Palma *et al.* 2019).

Espinoza Méndez (2022), en su trabajo de investigación titulado “Desarrollo de golosina tipo gomita con mucilago de linaza (*Linum usitatissimum*) y Cushuro (*Nostoc sphaericum*) bajo en calorías” cuyo objetivo fue crear una golosina tipo “gomita” baja en calorías empleando mucílago de linaza (*Linum usitatissimum*) y cushuro (*Nostoc sphaericum*). En una fase preliminar realizada en la Universidad Nacional del Santa, se evaluaron diferentes concentraciones de cushuro (40 % a 60 %) y linaza (20 % a 40 %) para preservar sus propiedades fisicoquímicas, utilizando *Stevia rebaudiana* como edulcorante al 0.5%. Se utilizó un diseño central compuesto rotativo (DCCR) con un arreglo Emplearon un diseño central compuesto rotativo (DCCR) para optimizar las concentraciones de ingredientes, evaluando 11 tratamientos. Las variables de respuesta incluyeron dureza y adhesividad, medidas mediante análisis de perfil de textura (TPA). La aceptabilidad se determinó a través de una prueba hedónica con niños de 5 a 10 años. El tratamiento óptimo (50 % de extracto de cushuro y 20 % de mucílago de linaza) mostró los mejores resultados en textura y aceptabilidad. El análisis fisicoquímico reveló un alto contenido proteico (30 %) y bajo aporte calórico (143,15 Kcal). Este estudio destaca la importancia de optimizar la formulación para lograr propiedades fisicoquímicas deseables y aceptabilidad sensorial en gomitas funcionales. Para la investigación sobre gomitas de espirulina y estevia, es crucial considerar la optimización de ingredientes, evaluar parámetros de textura, realizar pruebas sensoriales con el público objetivo, y analizar la composición nutricional para desarrollar un producto atractivo y nutricionalmente beneficioso.

2.2 ESPIRULINA

2.2.1. Generalidades

La espirulina (*A.platensis*) es un tipo de micro alga verde azulada que es tanto multicelular como filamentoso, con bacterias simbióticas que fijan el nitrógeno del aire. Su clasificación taxonómica se puede observar en la Tabla 1. Los tricomas cilíndricos disponen de una hélice abierto a la izquierda a lo largo del organismo, estos mismos tienen una longitud entre 50-500 μm y un ancho de 3-4 μm , y están rodeados por una fina capa que muestra ligeras constricciones en las paredes transversales, apreciable en la Figura 1. Aunque la forma helicoidal del tricoma suele ser estable en las distintas cepas de espirulina (*A.platensis*), puede haber variaciones significativas en el grado de helicidad. La superficie de la espirulina (*A.platensis*) es lisa y fácilmente digerible, y carece de cualquier tipo de recubrimiento. Es principalmente fotosintética, ya que utiliza el pigmento ficocianina para

realizar la fotosíntesis, pero también contiene otros pigmentos como la clorofila *a* y carotenoides. Algunas cepas también pueden contener otros pigmentos. Como organismo autótrofo, la espirulina es capaz de producir su propio alimento mediante la fotosíntesis (Thanh-Sang *et al.* 2015).

Tabla 1

Clasificación taxonómica de la espirulina

| Dominio | Bacteria |
|----------------|-------------------------------|
| Filo | <i>Cyanobacteria</i> |
| Clase | <i>Cyanophyceae</i> |
| Subclase | <i>Oscillatorioophycideae</i> |
| Orden | <i>Oscillatoriales</i> |
| Familia | <i>Phormidaceae</i> |
| Subfamilia | <i>Phormidioideae</i> |
| Género | <i>Arthrospira</i> |
| Especie | <i>Arthrospira platensis</i> |

Nota: evaluación de la incorporación de espirulina sobre las propiedades nutricionales y sensoriales de una galleta a base de harina de trigo y kiwicha (p.20), por Gutierrez & Tello, 2018.

Figura 1

Micrografía óptica de Arthrospira platensis



Nota. Tomado de Spirulina Platensis (Arthrospira) Physiology, Cell-biology and Biotechnology (p.3), por Vonshak, 1997, Taylor&Francis.

2.2.2. Ambiente natural y origen

Los mayores lagos donde se encuentra la espirulina están situados en África Central, concretamente en torno a los lagos Chad y Níger, así como en el lago Texcoco en México. En África Oriental, el organismo prevalece a lo largo del Gran Valle del Rift, y los lagos Bodou y Rombou, en Chad, existe un monocultivo estable que se remonta a siglos atrás. Los lagos alcalinos son entornos ideales para que prospere la espirulina porque es difícil o imposible que otros microorganismos sobrevivan en esas condiciones (Kebede & Ahlgren, 1996). La población de esta cianobacteria experimenta una fase de crecimiento rápido, alcanza un pico de densidad y acaba muriendo cuando se agotan los nutrientes disponibles. Este proceso inicia un nuevo ciclo estacional, ya sea por la liberación de nutrientes de las algas descompuestas o por la entrada de nuevos nutrientes en el medio de cultivo. La espirulina puede encontrarse en diversos entornos, como el suelo, el agua dulce, agua salobre, el agua de mar y las fuentes termales. Las mejores condiciones para la producción de espirulina se dan en aguas alcalinas y salinas (>30 g/L) con un pH elevado (8,5-11,0) y radiación solar. Como organismo fotoautótrofo, la espirulina necesita luz y no puede crecer en la oscuridad utilizando compuestos de carbono orgánico. Principalmente asimila nitratos y reduce el dióxido de carbono a través de la fotosíntesis, siendo el principal producto de este proceso el glucógeno. Las mejores tasas de crecimiento se obtienen en temperaturas entre 35 y 39°C (Richmond, 1986).

2.2.3. Composición nutricional

Las microalgas son reconocidas como las principales sintetizadoras de una serie de macromoléculas altamente bioactivas que se encuentran en los recursos marinos y que abarcan carotenoides, ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (PUFA), proteínas, clorofilas, vitaminas y pigmentos únicos. Entre estas microalgas, la espirulina es muy prometedora, ya que contiene abundantes cantidades de proteínas, aminoácidos esenciales, PUFAs, vitaminas, minerales y muchos fitonutrientes, como se muestra en la Tabla 2 y 3. La concentración de proteínas en la espirulina es alta, representando el 60-70% de su peso seco, dependiendo de la cepa y medio de cultivo. Esta fuente de proteínas se completa y proporciona todos los aminoácidos esenciales, como leucina, isoleucina, valina, aunque con cantidades relativamente inferiores de metionina, cistina y lisina en comparación con las proteínas estándar de la carne, huevos o la leche (Thanh-Sang, Dai-Hung, & Se-Kwon, 2015). Así mismo, la espirulina contiene una cantidad significativa de ácido g-linolénico, que representa el 36% del total de ácidos grasos

poliinsaturados (PUFAs) presentes en la cianobacteria. Además, la espirulina también aporta ácido alfa-linolénico (ALA), ácido linoleico (LA), ácido estearidónico, ácido eicosapentaenoico, ácido docosahexaenoico y ácido araquidónico (Li & Qi, 1997). La espirulina también es una rica fuente de diversas vitaminas, como la vitamina B1 (tiamina), B2 (riboflavina), B3 (nicotinamida), B6 (piridoxina), B9 (ácido fólico), B12 (cianocobalamina), vitamina C, D y E. También están presentes los minerales esenciales, que constituyen alrededor del 7% de la espirulina. En cuanto a pigmentos es rico en clorofila a, betacaroteno, c-ficocianina y aloficocianina. Finalmente, la espirulina tiene un contenido de hidratos de carbono de aproximadamente el 13,5%, compuesto principalmente por glucosa (Thanh-Sang *et al.* 2015).

Tabla 2

Contenido de macronutrientes de la espirulina

| Contenido | Valor en 100 g | Unidades |
|-------------------------------|----------------|----------|
| Energía * | 335 | kcal |
| Proteínas | 57,5 | g |
| Grasas | 5,4 | g |
| Ácidos grasos saturados | 2,65 | g |
| Ácido mirístico | 0,0075 | g |
| Ácido palmítico | 2,496 | g |
| Ácido esteárico | 0,077 | g |
| Ácidos grasos monoinsaturados | 0,675 | g |
| Ácido palmitoleico | 0,328 | g |
| Ácido oléico | 0,347 | g |
| Ácidos grasos poliinsaturados | 2,08 | g |
| Ácido linoléico | 0,823 | g |
| Ácido gamma-linolénico | 1,254 | g |
| Carbohidratos | 13,9 | g |
| Azúcares | 3,1 | g |
| Fibra | 3,6 | g |

Fuente. La energía expresada en kilocalorías (kcal). De *Evaluación de la incorporación de espirulina sobre las propiedades nutricionales y sensoriales de una galleta a base de harina de trigo y kiwicha* (p.20) (Echevarria, 2018).

Tabla 3*Contenido de micronutrientes de la espirulina*

| Contenido | Unidades | Valor en 100 g |
|------------------|-----------------|-----------------------|
| Vitamina A | IU | 570,00 |
| Vitamina E | mg | 5,00 |
| Vitamina K | µg | 25,50 |
| Tiamina | mg | 2,38 |
| Riboflavina | mg | 3,67 |
| Niacina | mg | 12,82 |
| Vitamina B6 | mg | 0,36 |
| Vitamina B9 | µg | 94,00 |
| Calcio | mg | 120,00 |
| Hierro | mg | 28,50 |
| Fósforo | mg | 118,00 |
| Magnesio | mg | 195,00 |
| Sodio | mg | 1048,00 |
| Zinc | mg | 2,00 |
| Potasio | mg | 1363,00 |

Nota: Evaluación de la incorporación de espirulina sobre las propiedades nutricionales y sensoriales de una galleta a base de harina de trigo y kiwicha (p.20), por Gutierrez & Tello, 2018.

2.2.4. La espirulina como fuente de alimento

La espirulina tiene una larga historia de uso como aditivo alimentario tanto en la dieta humana como en la dieta animal, siendo posible a los avances tradicionales, científicos y tecnológicos, así como la creciente tendencia hacia opciones respetuosas con el medio ambiente. Su uso como alimento se remonta a la civilización Azteca de México, donde se recolectaba en el lago Texcoco y se vendía en los mercados. Hoy en día, la espirulina se cultiva y produce ampliamente en todo el mundo, con una producción comercial de aproximadamente 3,000 toneladas métricas. Se utiliza principalmente para el consumo humano, y más del 70% del mercado es de alimentos saludables debido a su alto

contenido en proteínas, aminoácidos esenciales, minerales, vitaminas y ácidos grasos. *Arthrospira platensis* y *Arthrospira máxima* son las cepas más utilizadas como alimento, suplemento dietético y complemento. El consumo de espirulina como alimento humano ha sido aprobado por muchos gobiernos, organismos sanitarios y asociaciones de todo el mundo (Thanh-Sang *et al.* 2015).

2.2.5. La producción de espirulina en el Perú

La producción de espirulina en el Perú ha sido impulsada por proyectos innovadores especialmente en regiones como Arequipa y Loreto (Iquitos), que han desarrollado cultivos a escala industrial utilizando reactores equipados con sistemas de aireación y control de temperatura y calidad del agua.

- Arequipa: Desde su inicio en 2011 el proyecto La Joya, Arequipa se ha convertido en un referente esencial como precursor en la investigación de la prefactibilidad de cultivos al aire libre. Este emprendimiento ha dejado una marca indeleble en la región, señalando un hito distintivo al resaltar la viabilidad de la agricultura en un entorno propicio caracterizado por una radiación solar abundante durante todo el año (Algatex, s.f.)
- Loreto: proyecto iniciado en el año 2019 representando un hito en la investigación de la factibilidad el cultivo en zonas calidad de la región, sino que también ha alcanzado un logro destacado la creación de la Galleta Huambrilla, una innovadora delicia nutritiva basada en espirulina (Algatex s.f.)

2.2.6. La producción de espirulina en la región

En la región de Ayacucho, provincia de Huamanga, se ubica una planta piloto de producción de espirulina en el distrito de San Juan Bautista, Este emprendimiento, fundado en el año 2021 por egresados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, tiene como actividad principal el cultivo de la espirulina (*Arthrospira platensis*) y la elaboración de productos derivados, Su objetivo es desarrollar alimentos saludables y artesanales que aporten compuestos nutricionales de interés, contribuyendo a mejorar la calidad de la alimentación de la población. La empresa se denomina Agroindustrias Musuq Kawsay S.A.C.

2.3 CONFITERÍA

Es un campo dentro de la tecnología de alimentos dedicado a la producción de productos en los que el edulcorante, principalmente la sacarosa, juega un papel fundamental. Aunque en la actualidad existe una amplia variedad de edulcorantes disponibles para la tecnología de confites, la elaboración de estos productos típicamente implica la preparación de jarabes de azúcar concentrados. Estos jarabes se cocinan de manera lenta, constante y meticulosa hasta obtener una masa con las características específicas deseadas para cada tipo de confite (Noriega & Cuba, 2003).

El término "confite" abarca una gran variedad de golosinas elaboradas a base de azúcar, como caramelos duros, toffees, caramelos blandos, marshmallows, pastillas y gomitas. La producción de confites se fundamenta en dos principios de procesamiento clave: la solubilidad del azúcar en agua y el punto de ebullición de las soluciones saturadas de azúcar, los cuales determinan la textura final del producto. Sin embargo, a menudo es necesario añadir un componente adicional para lograr una consistencia más firme (Jara, Kong, & Carlos, 2022).

Estos productos se obtienen al recubrir diversos núcleos de alimentos y preparaciones de confitería con azúcar, chocolate, harinas y almidones, variando en formas y tamaños para satisfacer las preferencias de distintos consumidores (Riofrío, 2015).

2.3.1. Clasificación de los confites

Se dividen en productos amorfos, si el azúcar no es un cristal, y cristalinos si el azúcar se encuentra cristalizada (Chota, 2019).

En la tabla 4 se muestra la clasificación de los confites según su textura.

Tabla 4

Clasificación de confites

| Amorfos (no cristalinos) | No amorfos (cristalinos) |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Caramelos | Chocolates |
| Malezas | Cremas |
| Chiclosos | Fudge |
| Palanquetas | Nougats |
| Dulce duro | Lozenges |
| Orozuz | Centros suaves |
| Gelatinas | Mazapán y pastas |
| Gomitas | Pralinés |
| Paletas | Tabletas de azúcar Comprimida |

Nota: Tomado de (Chota, 2019) Clasificación de confites cristalinos y no cristalinos.

2.3.2. Productos de confitería

Se consideran productos de confitería aquellos que contienen azúcares combinados con otros aditivos autorizados y que son sometidos a procesos térmicos específicos. Entre estos productos se incluyen los caramelos duros, caramelos blandos, grageas, turroneos y gomitas (Riofrío, 2015).

✓ Caramelos

Es un alimento a base de azúcares, se obtiene mediante la cocción de agua y azúcar, pasa por un estado líquido por el cual se deja enfriar hasta solidificarse, también se le agregan aromatizantes y colores para hacerlo más atractivo al consumidor (Riofrío, 2015).

✓ Caramelos duros

Es un alimento elaborado a base de azúcares, obtenido mediante la cocción de agua y azúcar. La mezcla pasa por un estado líquido y luego se deja enfriar hasta solidificarse. Además, se añaden aromatizantes y colorantes para hacerlo más atractivo para el consumidor (Alex, 2015).

✓ **Caramelos blandos**

Su textura es suave y gomosa, lo que facilita su masticación. Para lograr esta consistencia, se utilizan azúcares, glucosa líquida, leche y grasas calentadas. Este proceso permite desarrollar una consistencia semisólida y gelatinosa. Entre estos productos se encuentran los toffees y las pastillas blandas (Alex, 2015).

✓ **Grageas**

Es un dulce que tiene un interior compuesto de chocolate, avellana o almendra, y está recubierto por una capa brillante de azúcar y colorantes. También se pueden encontrar grageas hechas de almidón y jaleas, que a veces son muy pequeñas y pueden ser duras y sin relleno (Bustamante, 2020).

✓ **Turrone**s

Es un alimento compuesto de azúcares, miel de abeja, huevo y gelatina, formando una masa a la que se añaden frutos secos. Puede estar recubierto de chocolate y otras sustancias permitidas. Su textura varía de sólida a semisólida, pudiendo ser quebradiza (Pérez, 2015).

✓ **Gomitas**

Es un dulce de textura suave elaborado con gomas naturales, almidón, azúcares y aditivos alimentarios. Estos ingredientes se moldean en forma de muñecos para atraer a los consumidores, convirtiéndolo en un alimento ideal para disfrutar en cualquier momento del día (Camacho, 2019).

2.3.3. Gomitas o Gominolas

Es un confite elaborado a partir de una mezcla de gomas naturales, gelatinas, pectina, agar-agar, glucosa, almidón, azúcares y otros aditivos alimentarios permitidos". Según García (2000), las gomitas deben estar hechas principalmente de gelatina, ya que los consumidores valoran su excelente textura, claridad y brillo. Este criterio se estableció comparando gomitas de gelatina con aquellas hechas de otras gomas, como la goma arábica, el agar-agar, la pectina y otros almidones especiales. Las gomitas de gelatina son muy populares a nivel mundial y vienen en una variedad de formas, colores y sabores (Jara, Kong, & Carlos, 2022).

Para mejorar la calidad tanto en la estructura como en la textura de las gomitas, es esencial utilizar grenetina y azúcar como ingredientes principales, junto con la

implementación de diversas variables de proceso óptimas. Es crucial que las gomitas tengan una textura elástica que les permita recuperar rápidamente su forma cuando se comprimen, además de mantener su transparencia y estabilidad, lo cual se logra cuando su nivel de humedad está equilibrado con el entorno (Jara, Kong, & Carlos, 2022).

2.3.3.1 Componentes de las gomitas

✓ Ácido cítrico

Se trata de un ácido orgánico tricarboxílico que se encuentra en la mayoría de las frutas, especialmente en cítricos como el limón. Destaca por su capacidad como conservante y antioxidante natural, siendo empleado en la industria alimentaria como acidulante y saborizante de productos envasados. Además, posee una toxicidad reducida.

✓ Gomas naturales

Estos compuestos vegetales tienen la capacidad de crear geles con una textura delicada. Provenientes de cortes en las plantas, generan sustancias viscosas y elásticas que se disuelven en agua una vez secas. Su función principal es ayudar a los alimentos a mantener su integridad durante el almacenamiento, transporte y manipulación, lo que reduce la separación de líquidos, conocida como sinéresis (Chota, 2019).

✓ Azúcar

Experimenta un proceso químico en el cual se eliminan la fibra y las proteínas, resultando en sacarosa refinada compuesta por una molécula de fructosa y otra de glucosa. Proveniente de la caña de azúcar, este azúcar, que forma parte de los carbohidratos, es soluble en agua y se distingue por su dulzura. Aunque aporta calorías, carece de vitaminas y minerales, por lo que se considera que contiene calorías vacías (Riofrío, 2015).

✓ Colorante

Los aditivos alimentarios se incorporan en distintas fases de la producción de alimentos con dos objetivos principales. Uno es garantizar la seguridad alimentaria al prevenir el desarrollo de bacterias, la oxidación y otros cambios químicos. El otro propósito es mejorar la experiencia sensorial del consumidor al optimizar características como el color, la textura, el sabor y el aroma de los alimentos. Algunos de estos aditivos se derivan de fuentes naturales como el maíz, la remolacha y la soja, mientras que otros son de origen artificial o sintético (Bustamante, 2020).

✓ Saborizante

Son un conjunto de sustancias que contienen los principios sápidos aromáticos, los cuales son obtenidos de la naturaleza o de sustancias artificiales, capaces de actuar sobre los sentidos del gusto y del olfato, cuyo objetivo es hacer más atractivo a los alimentos (Noriega & Cuba, 2003).

2.3.3.2 Proceso de elaboración de gomitas

La elaboración de las gomitas implica principalmente la preparación de una solución de gelatina, que se combina con jarabe de glucosa y sacarosa antes o después del proceso de cocción, según la técnica y el equipo disponibles. Se elimina el aire mediante vacío, luego se incorpora ácido cítrico, saborizantes y colorantes. Posteriormente, la mezcla se vierte en moldes de almidón y se seca hasta alcanzar la humedad y la textura deseadas (Camacho, 2019).

2.3.3.3 Requisitos fisicoquímicos de las gomitas

Las gomitas deben cumplir con los requisitos especificados en la tabla 5.

Tabla 5

Requisitos fisicoquímicos de las gomitas

| Requisito | Mínimo | Máximo |
|--------------------|--------|--------|
| Humedad (g/100 g) | - | 25,0 |
| Glucosa (g/100 g) | - | 34,0 |
| Sacarosa (g/100 g) | - | 50,0 |

Nota: Norma Técnica. NTP 107.650:2024. CONFITERÍA. Gomas y marshmelows.

Según lo indicado en la tabla 5, las gomitas no están sujetas a restricciones significativas en su elaboración; sin embargo, la normativa NTE INEN 2217:2012 sobre Productos de confitería establece que deben mantener un nivel de humedad entre el 10% y el 25%, y que el contenido de sacarosa no debe exceder el 50%. Al fabricar gomitas de remolacha (*Beta vulgaris* L.), es crucial prestar atención al contenido de azúcar, dado que la remolacha contiene un nivel de azúcar relativamente elevado.

En la tabla 6 se muestra los requisitos microbiológicos que deben cumplir las gomitas.

Tabla 6

Requisitos microbiológicos de las gomitas

| Requisito | N | C | Límite por g | |
|----------------------------|---|---|-----------------|--------------------|
| | | | M | M |
| Aerobios mesófilos (UFC/g) | 5 | 2 | 10 ² | 10 ⁴ |
| Mohos (UFC/g) | 5 | 2 | 5 x 10 | 3 x10 ² |

Nota: Norma Técnica. NTP 107.650:2024. CONFITERÍA. Gomas y marshmelows.

2.3.4. Gomas Gelificantes

Es un confite elaborado a partir de una mezcla de gomas naturales, gelatinas, pectina, agar-agar, glucosa,

Son un grupo muy amplio de polisacáridos de alto peso molecular, estas tienen un uso especial como espesantes o gelificantes, emulsificantes, estabilización y crioprotección (Bustamante, 2020).

Estas sustancias están compuestas por carbono, hidrógeno y oxígeno, y tienen la capacidad de disolverse en agua, formando soluciones coloidales. Además, pueden ser emulsionadas con aceites secantes o saponificadas mediante la cocción en álcalis. Por lo general, las gomas se obtienen a través de procesos microbiológicos. El término "goma" se basa en sus propiedades físicas y en la procedencia de los materiales. En muchas definiciones contenidas en libros, se excluyen las proteínas y los polímeros sintéticos que también pueden clasificarse como gomas (Chota, 2019).

2.3.4.1. Aplicaciones de las gomas en los alimentos

En la tabla 7 se muestra las funciones y aplicaciones de las gomas en los alimentos.

Tabla 7

Funciones y aplicaciones de las gomas en los alimentos

| Función | Aplicación |
|----------------------------------|-------------------|
| Inhibidor de la cristalización | Helados |
| Emulsificante | Bebidas |
| Encapsulante | Saores |
| Formador de películas | Confitería |
| Agente floculante o clarificante | Cerveza, vino |
| Estabilizador de espumas | cervezas |
| Agente gelificante | postres |
| Estabilizador | cervezas |
| Agente espesante | salsas |
| Texturizante y ligante | Postres |
| fijador | Cosmética |

Nota: (Delgado, 2014) aplicación de las gomitas en diferentes alimentos

2.3.4.2. Clasificación de las gomas gelificantes

Se distinguen tres tipos de gomas: naturales, semisintéticas y sintéticas. Las gomas naturales se obtienen de manera natural a través de diversos procesos físicos, químicos o microbiológicos. Estas pueden ser de origen animal, como la gelatina, o vegetal, como los alginatos. Las gomas semisintéticas se derivan de polímeros naturales que experimentan alguna modificación física o química, incluyendo almidones modificados y derivados celulósicos. Por último, las gomas sintéticas son polímeros vinílicos y acrílicos que, a pesar de poseer muchas propiedades similares a las gomas naturales, han enfrentado dificultades para su aprobación en consumo humano (Alex, 2015).

2.3.4.3. Grenetina o gelatina

Se obtiene mediante la extracción de tendones, huesos y cartílagos de animales, y su composición química está basada en aminoácidos. La gelatina desempeña dos funciones principales en la producción de dulces: actúa como agente de gelificación o espesante. Por esta razón, en la fabricación de gomitas, este ingrediente es esencial, ya que proporciona la textura característica que define a este tipo de confitería (Noriega & Cuba, 2003).

Proviene de la hidrólisis selectiva del colágeno y encuentra aplicaciones en alimentos, farmacia y adhesivos, requiriendo diversos niveles de calidad y pureza según su aplicación. Puede obtenerse a partir de desechos de pollo, ganado porcino o bovino. Según Marfil, Anhe y Telis (2012), las gomas de gelatina preparadas con almidón de maíz modificado con ácido y formuladas con jarabe de maltitol y xilitol representan una opción viable en la creación de dulces gomosos, siempre y cuando se manejen las proporciones adecuadas. Es comúnmente utilizada en la producción de golosinas gelificadas como jubes, malvaviscos, gomitas y otros productos similares. Esta sustancia desempeña múltiples funciones, especialmente en la mejora de las texturas y estructuras del producto final (Riofrío, 2015).

El avance en la producción de biopelículas se ha incrementado debido a la búsqueda de alternativas a los plásticos no biodegradables. La grenetina se emplea para fabricar películas con excelentes propiedades mecánicas. Se han llevado a cabo estudios para identificar componentes que, combinados con la gelatina, mejoren la resistencia al agua y aseguren una distribución uniforme en estas películas (Chota, 2019).

La combinación de grenetina con metilcelulosa, glucomanano y pectina da lugar a películas que son impermeables al vapor de agua. Estas películas son altamente eficientes, ya que presentan una alta resistencia a la tracción y a la elongación. La grenetina, junto con el ácido esteárico, ha sido empleada como recubrimiento en pasteles, y esta asociación ha contribuido a minimizar cambios en la actividad de agua y ha mejorado la textura a lo largo del tiempo (Jara, Kong, & Carlos, 2022).

2.4 ESTEVIA

La *Stevia rebaudiana* es una planta originaria de Sudamérica, conocida por sus hojas dulces, que se utilizan como edulcorante natural. La estevia ha ganado popularidad como alternativa al azúcar debido a su bajo contenido calórico y su capacidad para endulzar sin causar picos en los niveles de glucosa en sangre.

La estevia contiene compuestos activos conocidos como esteviósidos y rebaudiósidos, que son responsables de su sabor dulce. Estos glucósidos de esteviol son entre 50 y 300 veces más dulces que el azúcar, dependiendo de su concentración (Rodríguez-Cravero, 2023). Los principales compuestos por su seguridad y eficacia como edulcorantes naturales.

Tabla 8

Composición de estevia (Stevia rebaudiana)

| Contenido | Concentración (% p/p) de materia seca | Descripción |
|-----------------|---------------------------------------|---|
| Carbohidratos | 30-50 % | Incluyen fibras dietéticas y otros carbohidratos no digeribles. |
| Esteviósido | 5–10 % | regusto amargo |
| Rebaudiósido A | 2– 4 % | Similar al esteviósido, pero con un sabor más dulce y menos amargo. |
| Rebaudiósido C | 1 % | dulzor inferior, amargor persistente |
| Esteviolbiosido | 0,1 % | – |
| Proteínas | 15 – 25 % | Proteínas vegetales presentes en las hojas de Stevia. |
| Fibra | 30- 40 % | – |
| Lípidos | 1 – 4 % | Grasas naturales presentes en la planta. |

Nota: Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Zura-Bravo, L., & Ah-Hen, K. (2012). Stevia rebaudiana Bertoni, source of a high-potency natural sweetener: A comprehensive review on the biochemical, nutritional and functional aspects.

La estevia se ha utilizado en una amplia gama de productos alimenticios, como bebidas, productos lácteos y productos de panadería, debido a su capacidad para reducir el contenido calórico sin comprometer el sabor (Roberto Lemus-Mondaca, 2012).

Además, su capacidad para resistir altas temperaturas la convierte en un edulcorante ideal para productos horneados.

El uso de estevia como edulcorante ha sido objeto de numerosos estudios que evalúan su impacto en la salud, particularmente en el control de la glucosa y la presión arterial (Barriocanal, 2008). Algunos estudios han sugerido que la estevia puede tener efectos beneficiosos en la reducción de la glucosa en sangre y la presión arterial en pacientes hipertensos y diabéticos.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Procesos Agroindustriales, de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.1. MATERIALES

3.1.1 Materia prima e Insumos

- Espirulina en polvo (*Arthrospira platensis*).
- Estevia en polvo (*Stevia rebaudiana*, grado de dulzor 150).
- Ácido cítrico.
- Gel base 280 bloom (colapiz).
- Grenetina en polvo sin sabor.
- Saborizante (té verde en polvo y menta en polvo).
- Agua tratada.

3.1.2 Materiales de laboratorio

- Matraz Erlenmeyer de 250 mL.
- Bureta de 50mL.
- Placas Petri.
- Soporte universal.
- Vasos de precipitado de 10 mL, 25 mL, 50 mL, 100 mL.
- Pinzas.
- Moldes.
- Utensilios (cuchara, cuchillo, tabla de picar, tenedor, espátula de silicona, etc).

3.1.3 Reactivos

- Hidróxido de sodio 0.1 N.
- Fenolftaleína.
- Agua destilada.

3.2. EQUIPOS E INSTRUMENTOS

- Horno de secado marca Cornelius OR 97113.
- Balanza Analítica modelo HR-200 marca A&D.
- Refractómetro portátil modelo HT119.
- pH-metro de sobremesa modelo Orion 3 estrellas Thermo Scientific.
- Medidor de actividad de agua portátil Sonda Rotronic HYGROPALM-23- AW.
- Recipiente de muestra (vial WA-40).
- Digestor Kjeldahl modelo UDK 149 VELP SCIENTIFICA.
- Termómetro digital para alimentos sonda de 15cm TP101.

3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS

3.3.1. Análisis fisicoquímico

✓ Evaluación del contenido de proteínas

Se utilizó el método Kjeldahl, que nos permitió cuantificar el contenido total de nitrógeno en las gomitas enriquecidas con espirulina (*Arthrospira platensis*), y a partir de este dato, se calculó el contenido de proteínas.

✓ Evaluación de la actividad del agua (A_w)

La actividad de agua (A_w) en el estudio se determinó utilizando una sonda Rotronic HYGROPALM-23-AW, un instrumento portátil que mide la actividad de agua (A_w), humedad relativa de equilibrio (HRE), y temperatura de la muestra. El procedimiento incluyó los siguientes pasos clave:

Se colocó una porción de muestra triturada en un recipiente de muestra (vial WA-40), asegurándose de cubrir bien las paredes. Una vez encendido el equipo insertar la sonda en el recipiente de muestra para la lectura respectiva el cual toma de 5 a 10 minutos, lo que permitió obtener resultados más precisos. La sonda midió la actividad de agua a través del equilibrio entre el agua libre en la muestra y

la humedad relativa del ambiente, manteniendo una temperatura constante durante la medición (para Aw).

✓ **Evaluación de humedad**

La determinación de la humedad de las muestras fue realizada por el método de secado en estufa (AOAC 930.15 / 934.01), consiste llevar en placas Petri una muestra de gomitas trituradas (peso húmedo) a la estufa a una temperatura controlada (110°C) por un tiempo de dos horas dando como resultado un nuevo peso (peso seco) los cuales al ser aplicados en la fórmula global de cálculo del contenido de humedad dan como resultado el porcentaje de humedad

✓ **Evaluación de la acidez titulable**

La acidez titulable se determinó usando el método 942.15 del AOAC (1996). Este procedimiento consiste en la titulación con una solución de NaOH 0,1 N valorada previamente. La titulación se llevó a cabo hasta alcanzar el punto de viraje de la fenolftaleína como indicador ácido-base.

✓ **Evaluación del pH**

Para la evaluación del pH de las muestras fue determinada por el pH-metro de sobremesa el cual estuvo previamente calibrado con los electrodos limpios e hidratados. Preparación de la muestra: se pesó 10 gramos de la muestra, la cuál fue acondicionada en baño con agua destilada hasta la disolución completa del material.

✓ **Evaluación de sólidos solubles**

Método AOAC 932.12 modificado, en un vaso de precipitado de 50 mL se coloca 10 gramos de muestra el cual fue acondicionada en baño con agua destilada hasta la obtención del líquido de muestra, usando el refractómetro manual se realizó la medición.

3.3.2. Evaluación Sensorial:

Diseño de la Prueba Sensorial: Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos para medir la aceptabilidad sensorial de las gomitas, evaluando atributos como sabor, textura, color y olor.

Realización de la Prueba Sensorial: Se llevó a cabo la prueba sensorial con un panel de evaluadores, quienes calificaron cada atributo de las gomitas utilizando la escala hedónica. Los datos recolectados reflejaron las percepciones de los evaluadores respecto a los atributos sensoriales.

Organización y Análisis de Datos: Los datos sensoriales recolectados se ingresaron en una hoja de cálculo (Excel), donde cada columna representa una variable sensorial (sabor, textura, color, olor) y cada fila corresponde a una muestra evaluada. Posteriormente, se realizó los análisis estadísticos para interpretar los resultados y determinar la aceptabilidad global de las gomitas.

3.4. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.4.1. Elaboración de las gomitas

Preparación de la solución tampón:

Disolver ácido cítrico en agua y calentar la mezcla hasta alcanzar una temperatura de 80 °C. Una vez disuelto completamente, reducir la temperatura a 65 °C e incorporar el colapiz con agitación constante, favoreciendo su disolución completa y la formación de una solución tampón homogénea.

Elaboración del jarabe base de grenetina:

Preparar una solución de grenetina hidratándola en partes iguales con agua. Incorporar la solución tampón obtenida en el paso anterior y calentar la mezcla hasta alcanzar los 100 °C, manteniendo esta temperatura durante 5 minutos con agitación constante para garantizar una mezcla uniforme.

Incorporación de espirulina:

Reducir la temperatura de la mezcla a 90 °C e incorporar la espirulina (*A.platensis*) en polvo mediante agitación continua, asegurando una dispersión homogénea sin formación de grumos.

Adición de aditivos organolépticos:

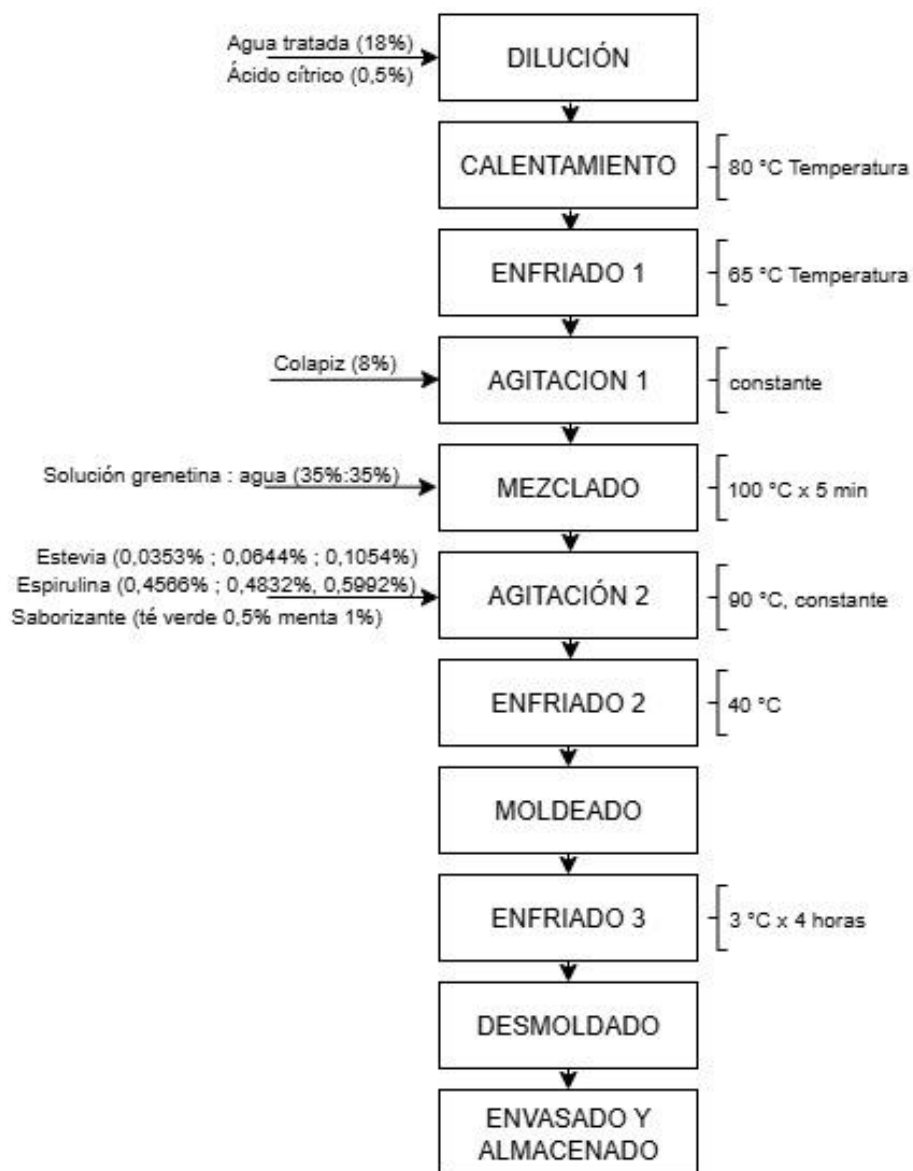
Añadir la endulzante estevia (*Stevia rebaudiana*) y el saborizante seleccionado, manteniendo la agitación para asegurar una distribución uniforme de los componentes.

Moldeo y enfriamiento:

Continuar la agitación hasta que la mezcla alcance una temperatura de 40 °C. Verter inmediatamente en moldes de diseño específico. Refrigerar hasta lograr la solidificación completa del producto y proceder al desmolde.

Figura 2

Diagrama de flujo para la elaboración de gomitas



Nota: los valores mostrados corresponden a formulaciones calculadas considerando un total de 300 gramos

3.5. DISEÑO METODOLÓGICO

El trabajo de investigación se enmarcará tanto en la investigación aplicada, según la definición de Hernández (2014), este autor sostiene que “las investigaciones adquieren mayor valor si sus resultados ofrecen soluciones a problemas y contribuyen al enriquecimiento del conocimiento científico”, tal es el caso de este trabajo de investigación, que es una alternativa para abordar problemas alimentarios y contribuye a futuras investigaciones en el área.

El nivel de investigación viene a ser de nivel explicativo porque busca encontrar las causas que provocan fenómenos que se estudian (Ñaupás & Valvidia, 2018) y de diseño experimental debido a que “se manipularán variables independientes para como la adición de espirulina y la adición de estevia analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependiente” (Hernández 2014).

Para la evaluación de la investigación se utilizó el Diseño Factorial (DOE), con un arreglo factorial de 3 x 3, donde se formuló 9 tratamientos por triplicado, resultando 27 unidades experimentales, para determinar si existe o no de diferencias estadísticas entre tratamientos.

Para evaluar el efecto de las variables independientes, se utilizó el software estadístico MNITAB V.18, donde se determinó el análisis de varianza (ANOVA) para evaluar si existe o no diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$).

Tabla 9
Formulación del diseño experimental

| Tratamiento | Factores | |
|-------------|----------------|-------------|
| | Espirulina (%) | Estevia (%) |
| 1 | 0,4566 | 0,0353 |
| 2 | 0,4566 | 0,0644 |
| 3 | 0,4566 | 0,1054 |
| 4 | 0,4832 | 0,0353 |
| 5 | 0,4832 | 0,0644 |
| 6 | 0,4832 | 0,1054 |
| 7 | 0,5999 | 0,0353 |
| 8 | 0,5999 | 0,0644 |
| 9 | 0,5999 | 0,1054 |

Se procesó los resultados provenientes de la evaluación sensorial de las gomitas con adición de espirulina y estevia, en los atributos de olor, color, sabor y textura, utilizándose el diseño de bloque completo al azar (DBCA).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS GOMITAS

4.1.1. Evaluación del contenido de proteínas

En contenido de proteínas en las gomitas varía entre los valores de 9,17 % hasta 12,62 % sometidos a los diferentes tratamientos, de acuerdo a la tabla 10 se observa que existe un ligero aumento a medida que se incrementa la adición de espirulina en los diversos tratamientos, los tratamientos 1, 2 y 3 corresponden a la adición de 0,4566 % de espirulina; los tratamientos 4, 5 y 6, a 0,4832 % de espirulina y los tratamientos 7, 8 y 9 corresponden a la adición de 0,5999 % de espirulina, en estos últimos tratamientos se observa que se obtuvo hasta 12,62 % de proteína en las gomitas.

Tafur Medina y Obregón Dionicio (2019), elaboraron gomitas de cushuro enriquecidas con aceite de sacha inchi y espirulina, donde obtuvieron gomitas con 12,31% de proteína comparando con lo obtenido en las gomitas con mayor porcentaje de proteína fue de 12,43%, siendo superior lo obtenido. Estas golosinas comerciales son consumidas mayormente por los niños, con estos resultados se podría reemplazar las gomitas comerciales que tienen altos valores de azúcares, y por lo general no tienen proteínas, de acuerdo Norma Técnica Peruana - NTP 107.650:2024. CONFITERÍA. Gomas y marshmelows. Requisitos, exigen mínimamente la regulación de la humedad, glucosa y sacarosa.

Tabla 10*Contenido de proteínas (%) en las gomitas*

| Tratamiento | Espirulina (%) | Estevia (%) | Proteína Promedio (%) |
|-------------|----------------|-------------|-----------------------|
| T1 | 0,4566 | 0,0353 | 9,17 ± 0,0265 |
| T2 | 0,4566 | 0,0644 | 9,23 ± 0,0231 |
| T3 | 0,4566 | 0,1054 | 9,37 ± 0,0404 |
| T4 | 0,4832 | 0,0353 | 11,83 ± 0,0624 |
| T5 | 0,4832 | 0,0644 | 11,95 ± 0,0306 |
| T6 | 0,4832 | 0,1054 | 12,11 ± 0,0603 |
| T7 | 0,5999 | 0,0353 | 12,43 ± 0,0252 |
| T8 | 0,5999 | 0,0644 | 12,52 ± 0,0346 |
| T9 | 0,5999 | 0,1054 | 12,62 ± 0,0529 |

En la Tabla 11 tenemos los resultados del análisis ANOVA para la variable proteína de las gomitas.

Tabla 11*ANOVA para la variable proteína*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|----------|---------|
| Modelo | 8 | 55,1107 | 6,8888 | 3883,06 | 0,000 |
| Lineal | 4 | 55,1028 | 13,7757 | 7765,01 | 0,000 |
| Espirulina (%) | 2 | 54,8782 | 27,4391 | 15466,70 | 0,000 |
| Estevia (%) | 2 | 0,2246 | 0,1123 | 63,31 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 4 | 0,0080 | 0,0020 | 1,12 | 0,377 |
| Espirulina (%)*Estevia (%) | 4 | 0,0080 | 0,0020 | 1,12 | 0,377 |
| Error | 18 | 0,0319 | 0,0018 | | |
| Total | 26 | 55,1427 | | | |

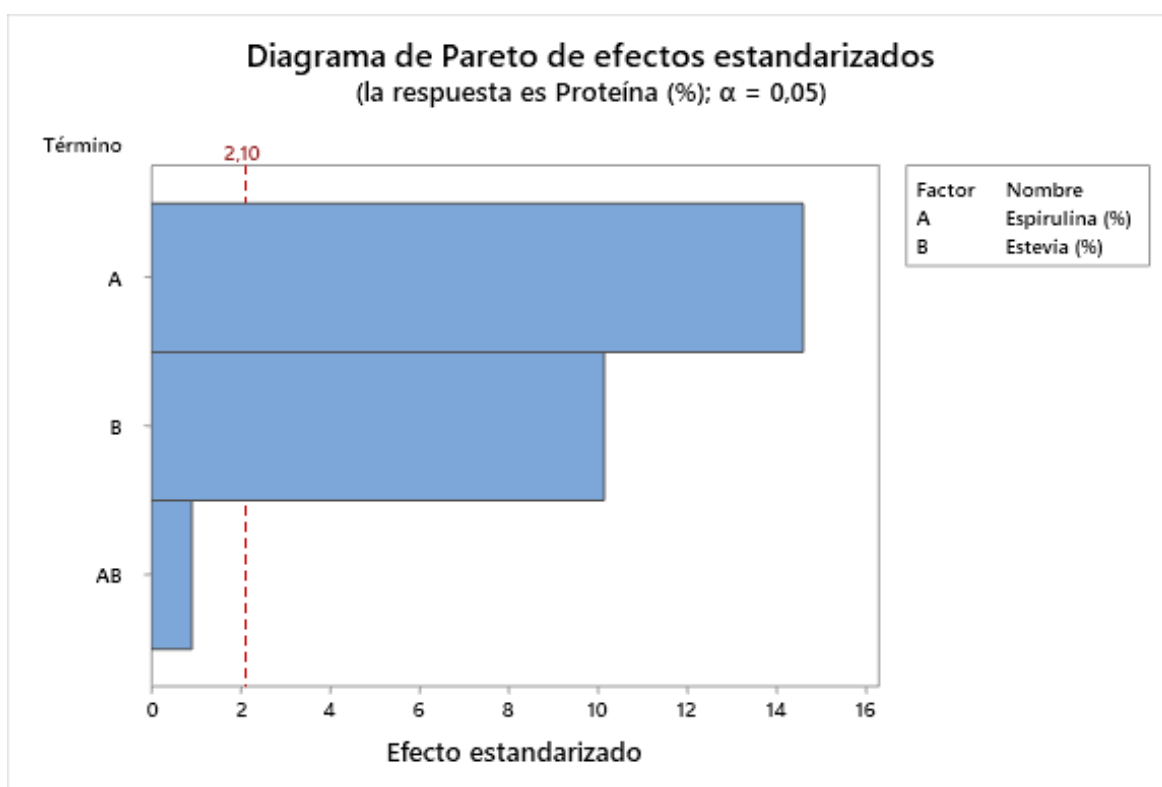
De la Tabla 11, se deduce que existe diferencias significativas ($p < 0,05$), es decir que la adición de espirulina y estevia tienen incidencia en el contenido de proteína en las gomitas. De acuerdo al Valor p la espirulina como la estevia son factores altamente significativos teniendo en cuenta que la espirulina es la variable dominante, la interacción

de ambos no tiene un efecto significativo adicional dando a entender que actúan de manera independiente.

Estos resultados se corroboran con la Figura 3 (Diagrama de Pareto) donde los factores de espirulina y estevia sobrepasan la línea de referencia de manera independiente en cambio la interacción de ambos factores no sobrepasa la línea de referencia comprobando que no tiene significancia.

Figura 3

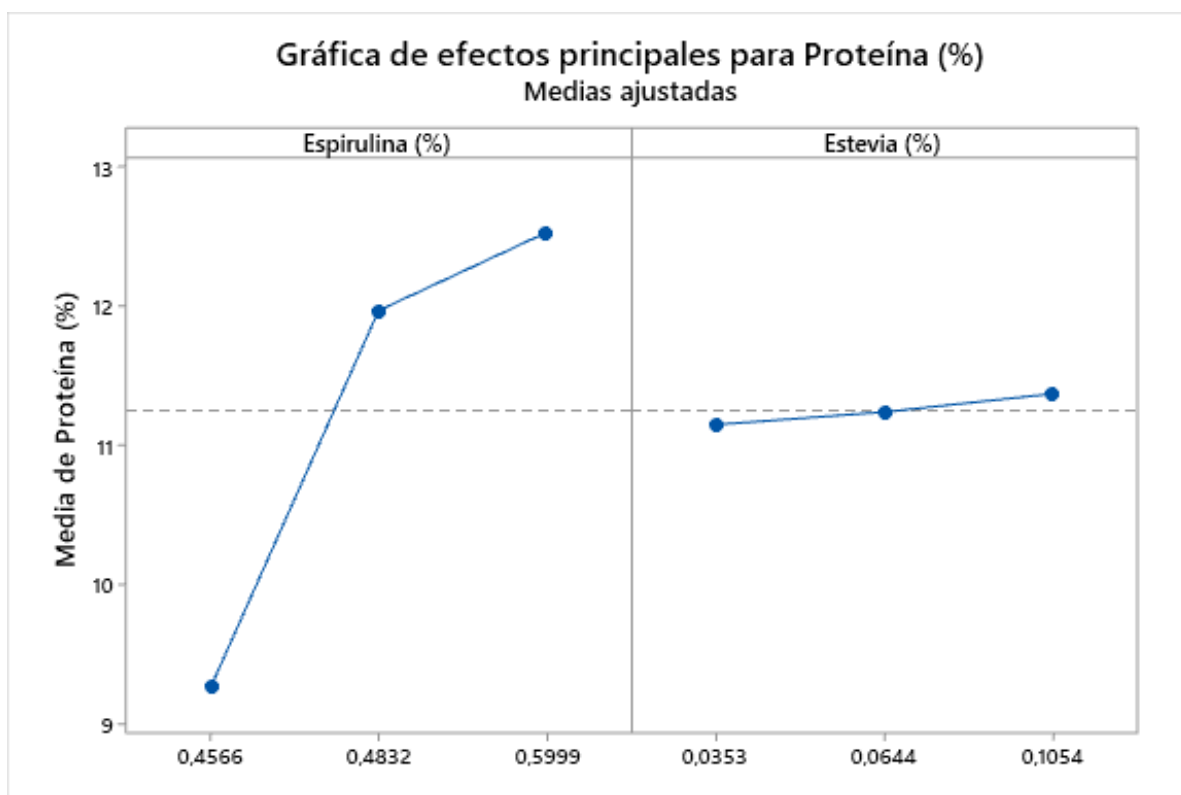
Diagrama de Pareto para la variable de proteína



En la Figura 4 se muestra que la proteína media de las gomitas presenta un incremento a medida que se aumenta la concentración de espirulina, a 0,4832% y 0,5999 % de espirulina se tienen mayores concentraciones de proteína, sucediendo lo mismo con la estevia.

Figura 4

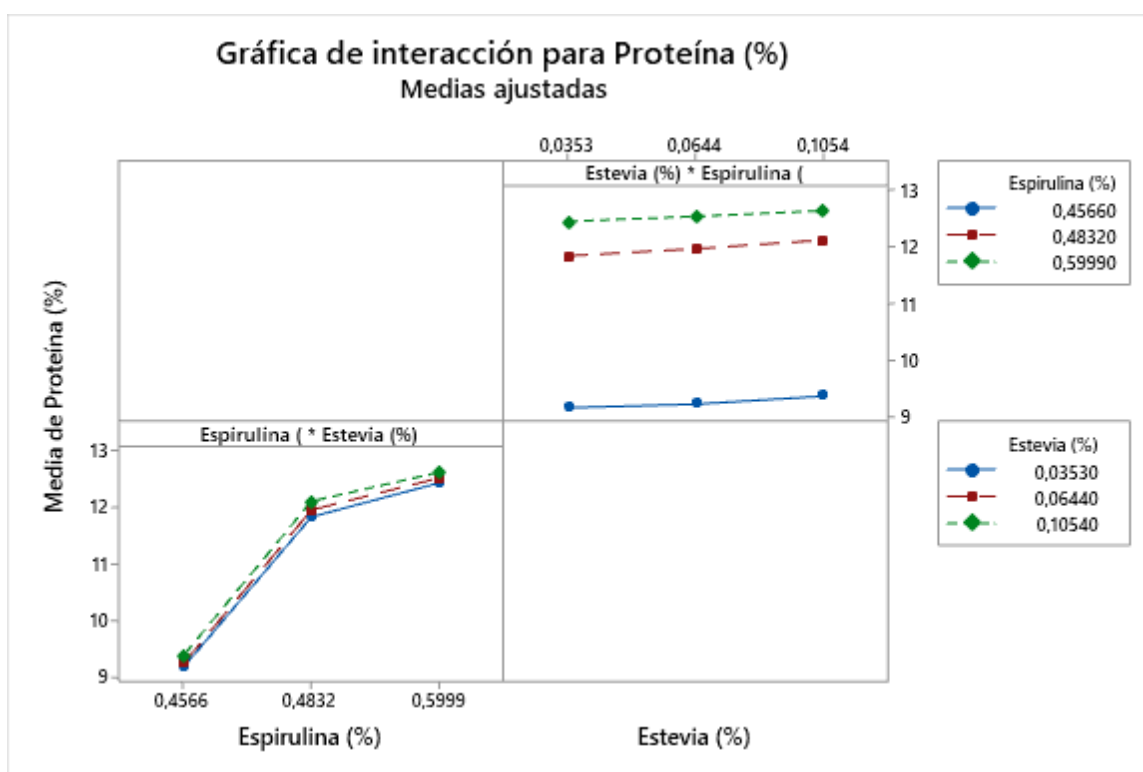
Gráfica de efectos principales para la variable proteína



En la figura 5 se tiene la interacción entre los factores, la gráfica superior muestra la media de la proteína cuando los porcentajes de espirulina son constantes, se observa que tiende a incrementar el porcentaje de proteínas en las gomitas, siendo mínimas estas diferencias. En la gráfica inferior tenemos la media de las proteínas, donde a medida que se incrementa el porcentaje de espirulina también se incrementa el contenido de proteínas.

Figura 5

Gráfica de interacción para la variable proteína



4.1.2. Evaluación de la actividad del agua (Aw)

La actividad de agua se encarga de determinar la cantidad de agua libre disponible para los microorganismos, de los distintos tratamientos lo podemos observar en la tabla 12, los valores fluctúan entre 0,79 y 0,84, estos resultados son mayores a los resultados adquiridos por Amagua Lasso y Cscó Toapanta (2015), quienes obtuvieron gomita con propóleo con una actividad de agua de 0,66, por otro lado, Harlet (2018) citado por San Agustín Fragoso *et al.* (2024), afirma que las gomitas tienen una actividad de agua de 0,5 – 0,75; estos productos por tener una actividad de agua baja, no tienen problemas microbiológicos.

De acuerdo a Amagua Lasso y Cscó Toapanta (2015) la actividad de agua de los alimentos que poseen una textura jugosa, blanda y masticable son los que presentan mayor actividad de agua, es decir, está relacionada directamente con la textura de los alimentos.

Tabla 12

Contenido de Actividad de agua (Aw) en las gomitas

| Tratamiento | Espirulina (%) | Estevia (%) | Actividad de agua Promedio (Aw) |
|-------------|----------------|-------------|---------------------------------|
| T1 | 0,4566 | 0,0353 | 0,79 ± 0,0262 |
| T2 | 0,4566 | 0,0644 | 0,80 ± 0,0390 |
| T3 | 0,4566 | 0,1054 | 0,81 ± 0,0238 |
| T4 | 0,4832 | 0,0353 | 0,81 ± 0,0103 |
| T5 | 0,4832 | 0,0644 | 0,83 ± 0,0059 |
| T6 | 0,4832 | 0,1054 | 0,84 ± 0,0026 |
| T7 | 0,5999 | 0,0353 | 0,80 ± 0,0237 |
| T8 | 0,5999 | 0,0644 | 0,81 ± 0,0242 |
| T9 | 0,5999 | 0,1054 | 0,82 ± 0,0240 |

En la Tabla 13, se observa que el factor espirulina influye estadísticamente en la actividad de agua de las gomitas ($p < 0,05$), el factor espirulina resultó estadísticamente significativo el factor estevia resultó mayor al Valor p siendo no significativo, no existe una interacción de ambos factores. Estos resultados influyen directamente en las propiedades que tienen nuestros componentes la espirulina por la cantidad elevada de proteína, gran capacidad de interacción con el agua, debido a su aporte proteico en contraste a la estevia al ser un endulzante sin aporte nutricional relevante. Esto se corrobora con la Figura 6 (diagrama de Pareto) donde el factor espirulina sobrepasa la línea de referencia.

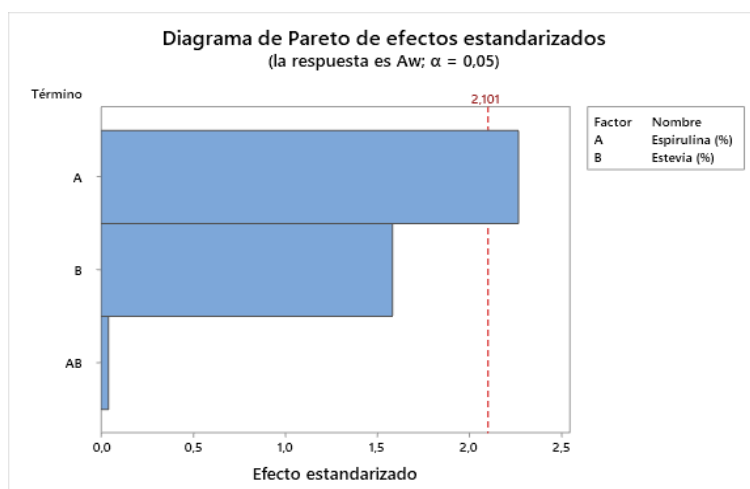
Tabla 13

ANOVA para la variable Actividad de agua (Aw)

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 8 | 0,006791 | 0,000849 | 1,64 | 0,181 |
| Lineal | 4 | 0,006516 | 0,001629 | 3,15 | 0,040 |
| Espirulina (%) | 2 | 0,004157 | 0,002078 | 4,02 | 0,036 |
| Estevia (%) | 2 | 0,002359 | 0,001179 | 2,28 | 0,131 |
| Interacciones de 2 términos | 4 | 0,000275 | 0,000069 | 0,13 | 0,968 |
| Espirulina (%)*Estevia (%) | 4 | 0,000275 | 0,000069 | 0,13 | 0,968 |
| Error | 18 | 0,009297 | 0,000516 | | |
| Total | 26 | 0,016087 | | | |

Figura 6

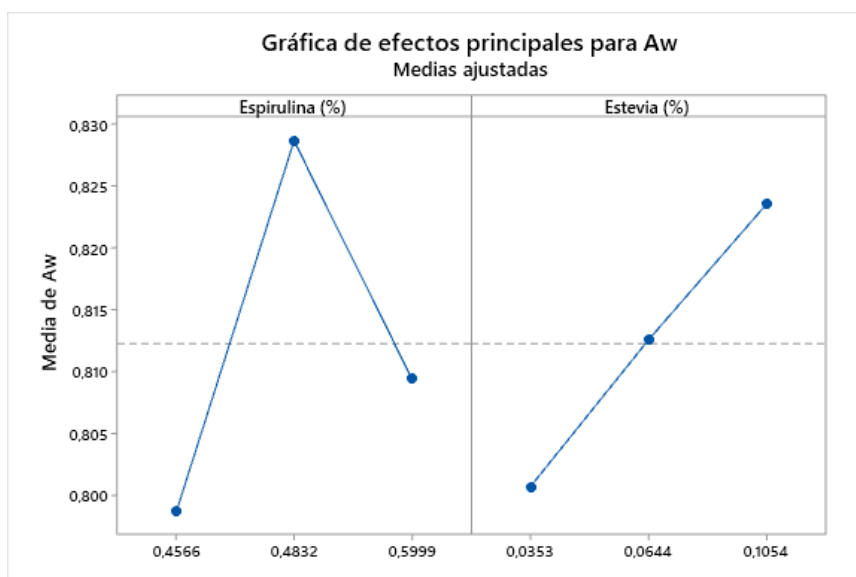
Diagrama de Pareto para la variable de Actividad de agua (Aw)



En la Figura 7 se muestra que la media de la actividad de agua de las gomitas a una concentración de espirulina de 0,4832% se tiene mayores concentraciones de proteína. Por otro lado, con el factor estevia a medida que se incrementa la concentración, le media de la actividad de agua también incrementa.

Figura 7

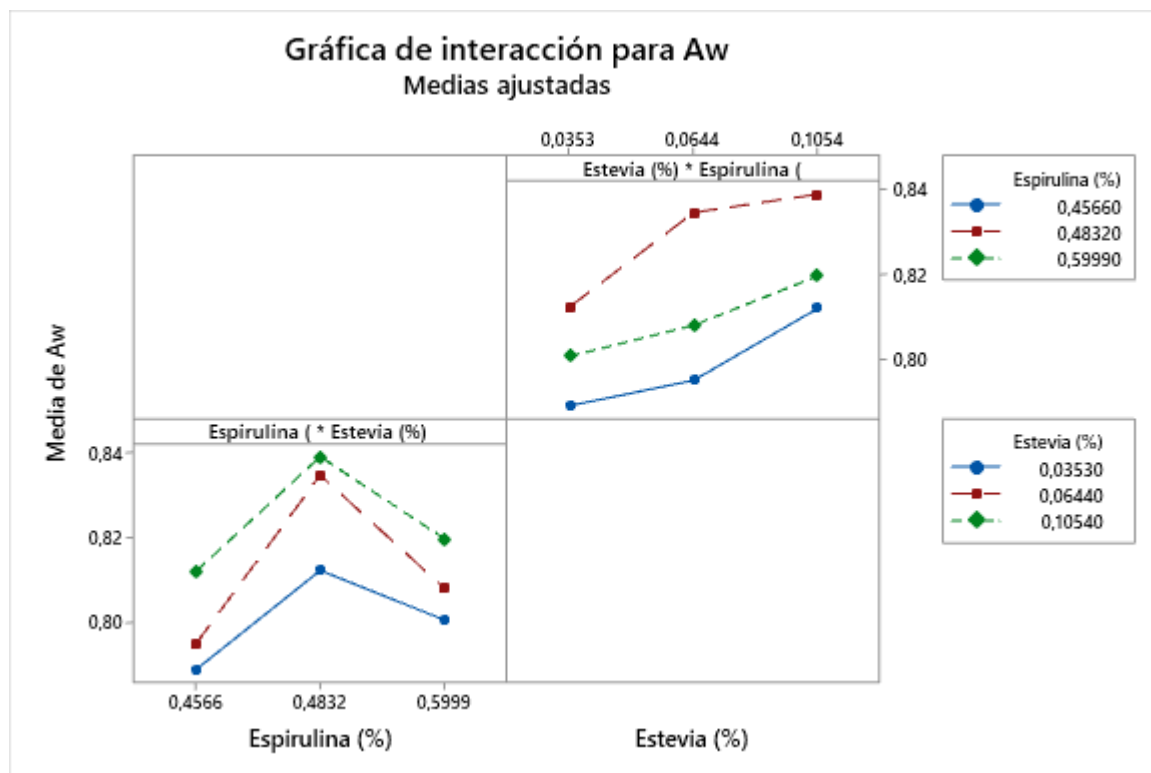
Gráfica de efectos principales para la variable Actividad de agua (Aw)



En la Figura 8 se tiene la interacción entre los factores, la gráfica superior muestra la media de la actividad de agua cuando los porcentajes de espirulina son constantes, se observa que tiende a incrementar la actividad de agua en las gomitas, siendo mínimas estas diferencias. En la gráfica inferior se observa la tendencia que tiene la media de la actividad de agua cuando los porcentajes de estevia son constantes, existe un pico cuando se trabaja a una concentración de 0,4832% de espirulina.

Figura 8

Gráfica de interacción para la variable Actividad de agua (Aw)



4.1.3. Evaluación de Humedad

En la Tabla 14 tenemos el contenido de humedad de las gomitas, se observa que los valores de humedad difieren de acuerdo al incremento de espirulina, en los tratamientos 4, 5 y 6, que corresponde a la adición de 0,4832 % de espirulina se tienen mayores contenidos de humedad, en los tratamientos 1, 2 y 3 que corresponden a la adición de 0,4566 % de espirulina; y en los tratamientos 7, 8 y 9 corresponden a la adición de 0,5999 % de espirulina poseen contenidos menores de humedad.

De acuerdo a la *Norma Técnica. NTP 107.650:2024. CONFITERÍA. Gomas y marshmelows. Requisitos.*, indica que el contenido máximo de humedad en gomas es de 25%, al igual que la NTE INEN 2217:2012 sobre Productos de confitería establece que las gomitas deben mantener una humedad entre el 10% y el 25% comparado con los resultados que se han obtenido, estos se encuentran dentro del rango que están especificadas en las normas técnicas.

Tabla 14

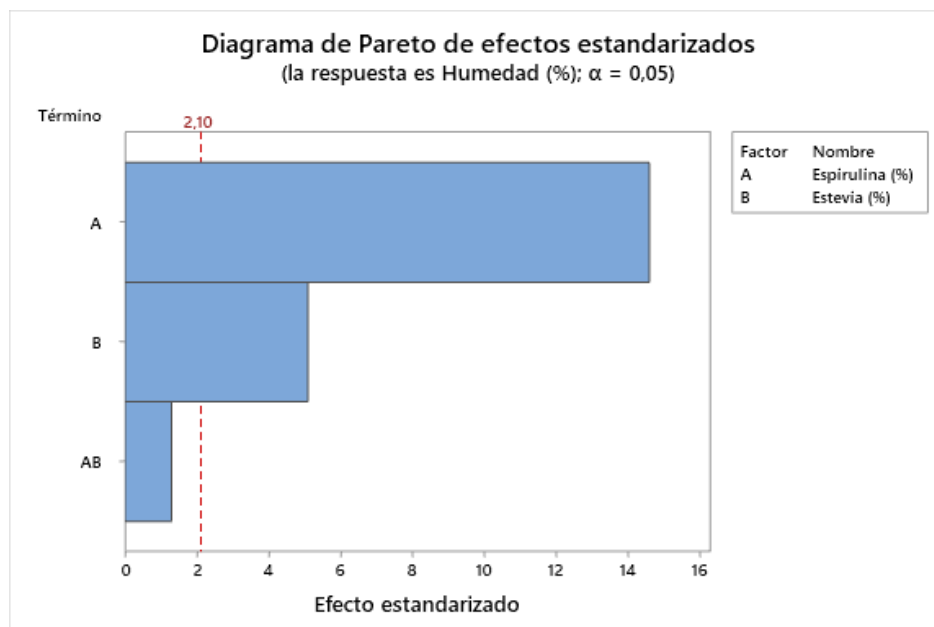
Contenido de humedad (%) en las gomitas

| Tratamiento | Espirulina (%) | Estevia (%) | Humedad promedio (%) |
|-------------|----------------|-------------|----------------------|
| T1 | 0,4566 | 0,0353 | 17,52 ± 0,3504 |
| T2 | 0,4566 | 0,0644 | 17,98 ± 0,3011 |
| T3 | 0,4566 | 0,1054 | 18,32 ± 0,0316 |
| T4 | 0,4832 | 0,0353 | 22,90 ± 0,5984 |
| T5 | 0,4832 | 0,0644 | 24,46 ± 0,0060 |
| T6 | 0,4832 | 0,1054 | 24,76 ± 0,9431 |
| T7 | 0,5999 | 0,0353 | 16,66 ± 0,0801 |
| T8 | 0,5999 | 0,0644 | 17,25 ± 0,3718 |
| T9 | 0,5999 | 0,1054 | 17,67 ± 0,5370 |

Tabla 15*ANOVA para la variable humedad*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 8 | 262,365 | 32,796 | 155,75 | 0,000 |
| Lineal | 4 | 260,989 | 65,247 | 309,87 | 0,000 |
| Espirulina (%) | 2 | 253,883 | 126,941 | 602,86 | 0,000 |
| Estevia (%) | 2 | 7,107 | 3,553 | 16,88 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 4 | 1,376 | 0,344 | 1,63 | 0,209 |
| Espirulina (%)*Estevia (%) | 4 | 1,376 | 0,344 | 1,63 | 0,209 |
| Error | 18 | 3,790 | 0,211 | | |
| Total | 26 | 266,155 | | | |

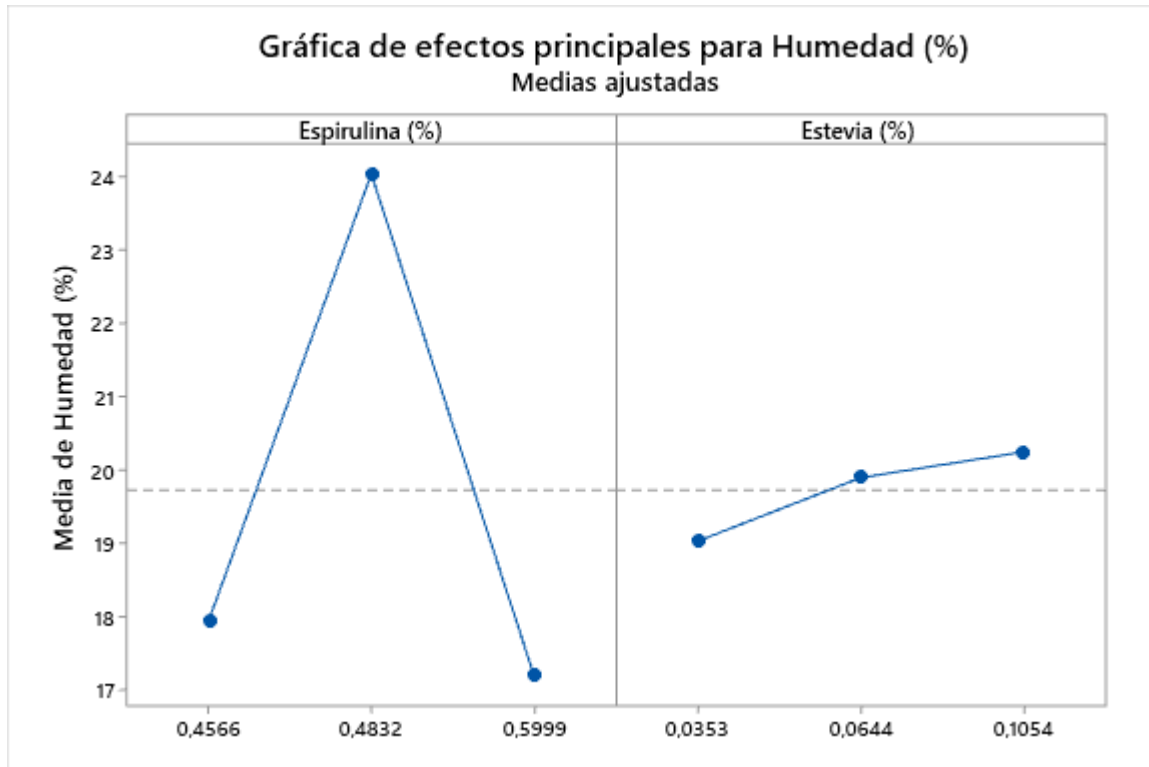
En la Tabla 15 se muestra que el modelo global resultó altamente significativo, los factores espirulina y estevia resultaron altamente significativo de acuerdo al Valor p, la interacción de ambos factores no resultaron significativamente lo cual indica que ambos factores no producen un efecto conjunto sobre la humedad, actúan de forma independiente. El contenido de proteína es el factor con mayor influencia en la humedad, esto se puede corroborar con el Diagrama de Pareto (Figura 9).

Figura 9*Diagrama de Pareto para la variable de humedad*

En la Figura 10 tenemos la gráfica de los efectos principales para la media de humedad en las gomas, cuando la concentración de la estevia se incrementa la media de la humedad también tiende a incrementar,

Figura 10

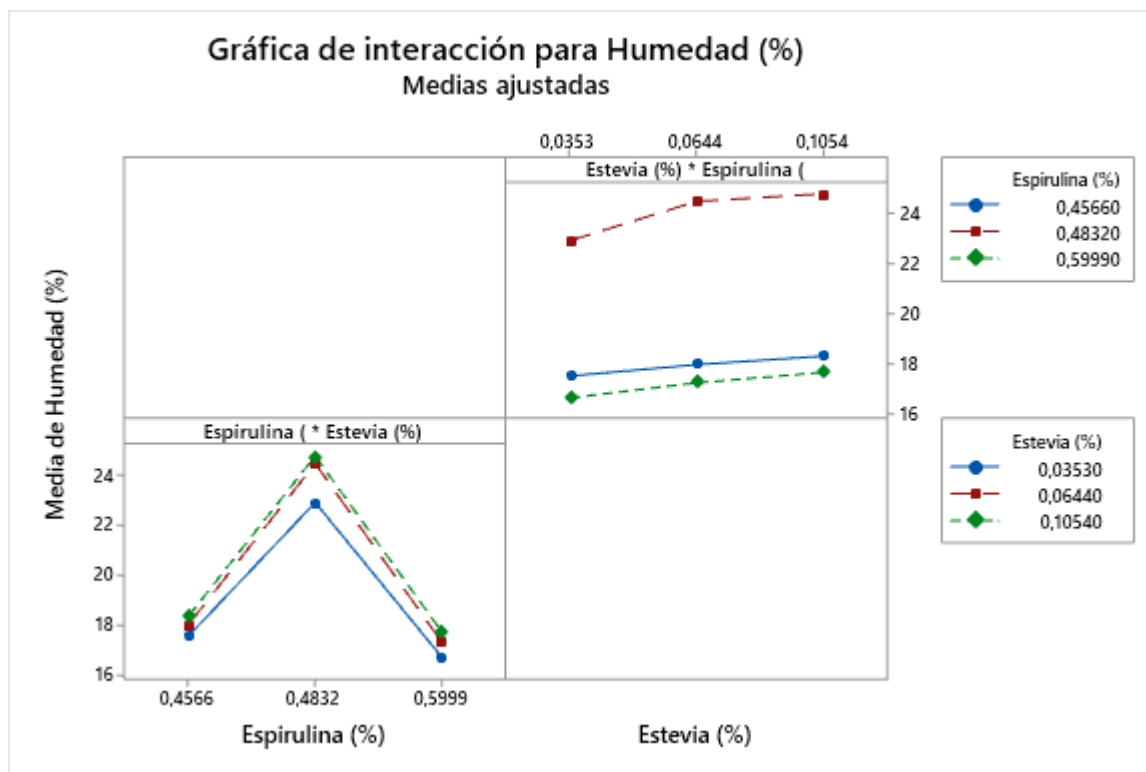
Gráfica de efectos principales para la variable humedad



La interacción entre los factores se muestra en la Figura 11, en el cuadro superior tenemos la gráfica de la media de la humedad cuando el factor espirulina es constante, se observa que las gráficas tienden a incrementar, y en el cuadro inferior se observa que existe un pico cuando se trabaja a una concentración de 0,4832 % de espirulina.

Figura 11

Gráfica de interacción para la variable humedad



4.1.4. Evaluación de la acidez titulable

El contenido de acidez mide la cantidad de ácidos presentes en la gomita, en este caso expresada en ácido cítrico, se puede observar en la tabla 16 se presenta mínimas diferencias entre los nueve tratamientos, a media que se incrementa el contenido de estevia también existe un ligero aumento en el porcentaje de acidez en las gomitas. Los resultados muestran también el comportamiento de la espirulina el cual indica que la formulación con mayor proporción de este componente presenta gomitas con menor acidez titulable (viceversa) resaltando nuevamente sus propiedades proteicas que pueden amortiguar la acidez el cual disminuye la cantidad de ácido cítrico libre detectado en la titulación. San Agustin Fragoso *et al.* (2024), afirma que el contenido de acidez en los alimentos influye en la existencia de microorganismos, por otro lado, la acidez en los alimentos mejora los sabores y logran modificar las texturas.

Tabla 16

Contenido de acidez titulable (%) en las gomitas

| Tratamiento | Espirulina (%) | Estevia (%) | Acidez Titulable Promedio expresado en ácido cítrico (%) |
|--------------------|-----------------------|--------------------|---|
| T1 | 0,4566 | 0,0353 | 0,4600 ± 0,0087 |
| T2 | 0,4566 | 0,0644 | 0,4900 ± 0,0173 |
| T3 | 0,4566 | 0,1054 | 0,5116 ± 0,0129 |
| T4 | 0,4832 | 0,0353 | 0,4250 ± 0,0087 |
| T5 | 0,4832 | 0,0644 | 0,4398 ± 0,0163 |
| T6 | 0,4832 | 0,1054 | 0,4400 ± 0,0087 |
| T7 | 0,5999 | 0,0353 | 0,2388 ± 0,0035 |
| T8 | 0,5999 | 0,0644 | 0,2625 ± 0,0130 |
| T9 | 0,5999 | 0,1054 | 0,2550 ± 0,0000 |

En la tabla 17 se muestra que los factores de espirulina y estevia influyen estadísticamente ($p < 0,05$) en el contenido de acidez en las gomas de manera independiente, sin embargo, la interacción entre ambos factores no influye estadísticamente, aunque son mínimas las diferencias, la interacción de ambos factores no alcanzaron significancia estadística aunque se encuentran cercana al límite convencional ($p < 0,05$) indicando que la combinación de ambos factores tiene posibilidad de generar un efecto significativo pero no tan fuerte como para ser considerado de manera relevante, esto se corrobora con el Diagrama de Pareto (Figura 12).

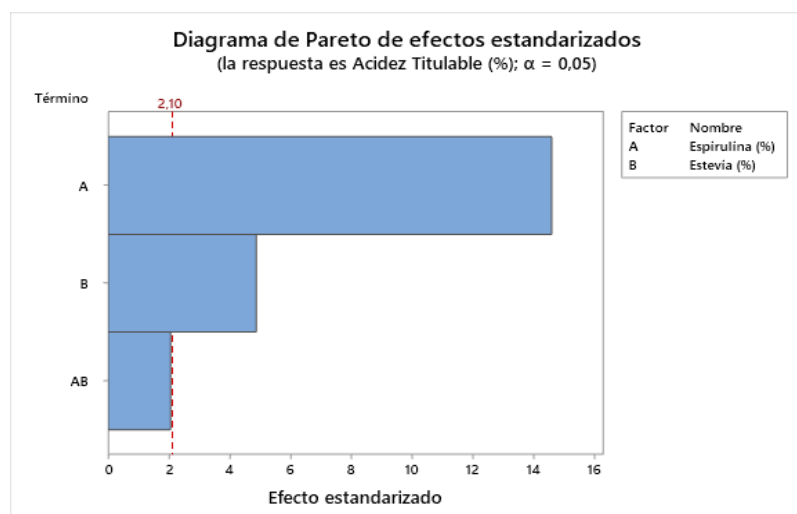
Tabla 17

ANOVA para la variable Acidez Titulable

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Modelo | 8 | 0,279649 | 0,034956 | 276,66 | 0,000 |
| Lineal | 4 | 0,278213 | 0,069553 | 550,49 | 0,000 |
| Espirulina (%) | 2 | 0,274296 | 0,137148 | 1085,47 | 0,000 |
| Estevia (%) | 2 | 0,003918 | 0,001959 | 15,50 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 4 | 0,001436 | 0,000359 | 2,84 | 0,055 |
| Espirulina (%)*Estevia (%) | 4 | 0,001436 | 0,000359 | 2,84 | 0,055 |
| Error | 18 | 0,002274 | 0,000126 | | |
| Total | 26 | 0,281923 | | | |

Figura 12

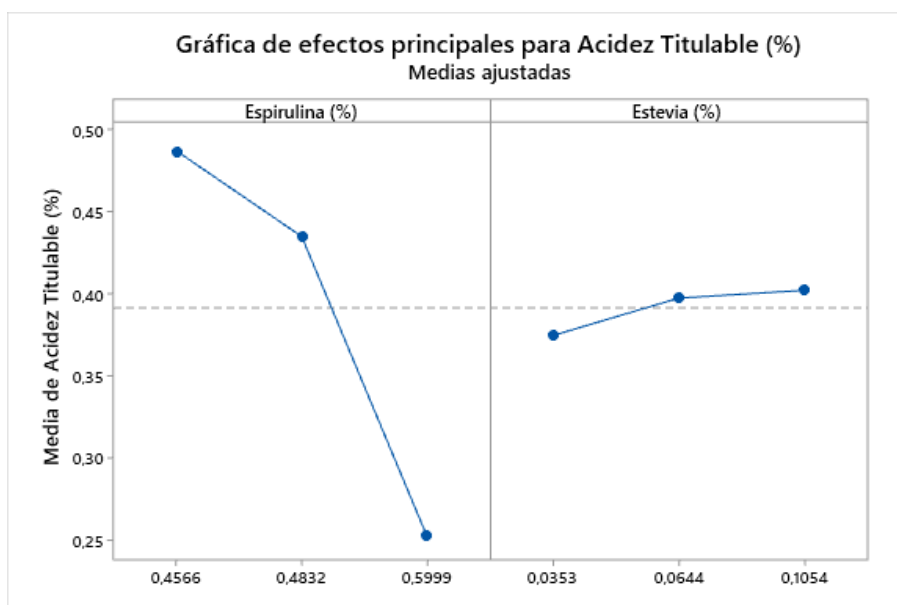
Diagrama de Pareto para la variable de acidez titulable



La Figura 13 muestra los efectos principales para la media de la acidez en las gomitas, cuando la concentración se incrementa la media de la acidez tiende a disminuir, lo contrario sucede con el factor estevia, ya que a medida que se incrementa la concentración también tiende a incrementar el contenido de la media de la acidez, sin embargo, este incremento es mínimo.

Figura 13

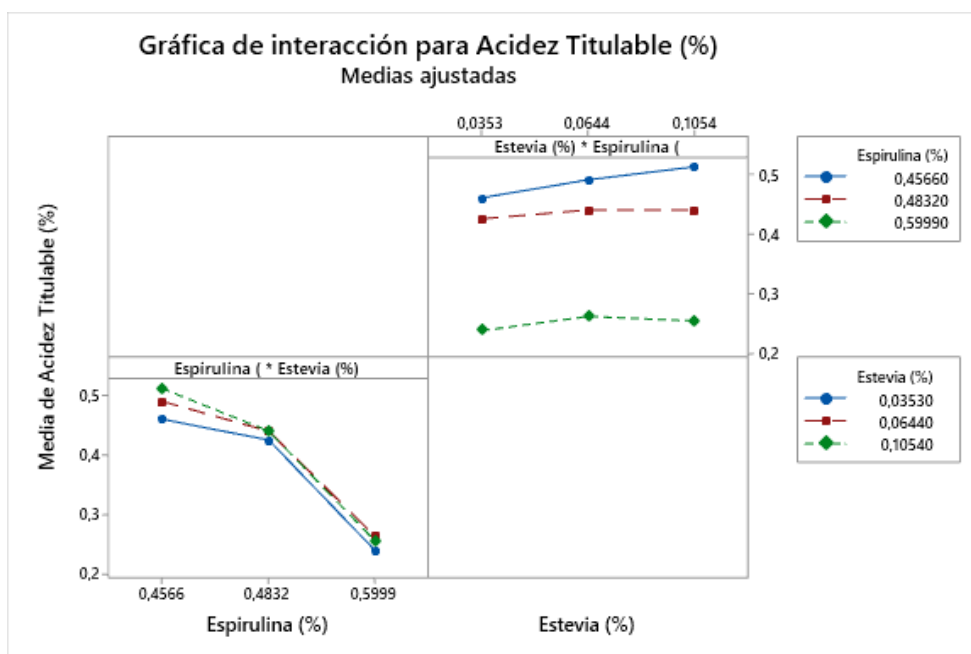
Gráfica de efectos principales para la variable acidez titulable



La interacción entre los factores se muestra en la Figura 14, en el cuadro superior tenemos la gráfica de la media de la acidez cuando el factor espirulina es constante, se observa que las gráficas tienden a incrementar, y en el cuadro inferior se observa que la tendencia es a la disminución a mitad que se incrementa el contenido de espirulina.

Figura 14

Gráfica de interacción para la variable acidez titulable



4.1.5. Evaluación de pH

El contenido de pH en las gomitas fluctúa entre 4,37 y 4,79 (Tabla 18), estos valores van incrementando a medida que aumenta la concentración de los factores, la espirulina aumentando de manera marcada el pH y la estevia, en menor cantidad. Ambos factores mantienen el pH en un rango ácido moderado apropiado para productos de confitería, aunque con tendencia a valores más cercanos a la neutralidad conforme se incrementa la espirulina.

De acuerdo a San Agustín Fragoso *et al.* (2024), las gomitas usualmente tienen un pH de 3,0 hasta 5,0, los resultados que se han obtenido se encuentran dentro de lo mencionado por estos autores, y mayores a lo obtenido por Amagua Lasso y Casco Toapanta (2015) (pH de 3,06), siendo cercanos a los resultados obtenidos.

Tabla 18

Contenido de pH en las gomitas

| Tratamiento | Espirulina (%) | Estevia (%) | pH Promedio |
|-------------|----------------|-------------|---------------|
| T1 | 0,4566 | 0,0353 | 4,37 ± 0,1419 |
| T2 | 0,4566 | 0,0644 | 4,43 ± 0,1320 |
| T3 | 0,4566 | 0,1054 | 4,52 ± 0,1747 |
| T4 | 0,4832 | 0,0353 | 4,53 ± 0,0643 |
| T5 | 0,4832 | 0,0644 | 4,56 ± 0,0656 |
| T6 | 0,4832 | 0,1054 | 4,65 ± 0,0866 |
| T7 | 0,5999 | 0,0353 | 4,69 ± 0,0493 |
| T8 | 0,5999 | 0,0644 | 4,74 ± 0,0551 |
| T9 | 0,5999 | 0,1054 | 4,79 ± 0,0603 |

Tabla 19*ANOVA para la variable pH*

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Modelo | 8 | 0,468363 | 0,058545 | 5,66 | 0,001 |
| Lineal | 4 | 0,465815 | 0,116454 | 11,25 | 0,000 |
| Espirulina (%) | 2 | 0,399763 | 0,199881 | 19,32 | 0,000 |
| Estevia (%) | 2 | 0,066052 | 0,033026 | 3,19 | 0,065 |
| Interacciones de 2 términos | 4 | 0,002548 | 0,000637 | 0,06 | 0,992 |
| Espirulina (%)*Estevia (%) | 4 | 0,002548 | 0,000637 | 0,06 | 0,992 |
| Error | 18 | 0,186267 | 0,010348 | | |
| Total | 26 | 0,654630 | | | |

De acuerdo al análisis de varianza en la Tabla 19, el factor espirulina resultó ser el de mayor relevancia y altamente significativo, el factor estevia de igual forma altamente significativo pero en menor relevancia, estos resultados están relacionados directamente con la composición nutricional de cada factor, la interacción entre la espirulina y estevia no fueron significativas lo que indica que la combinación de ambos factores no generó un efecto conjunto adicional sobre el pH, actúan de manera independiente. Estos resultados se constatan con la Figura 15.

Figura 15

Diagrama de Pareto para la variable de pH

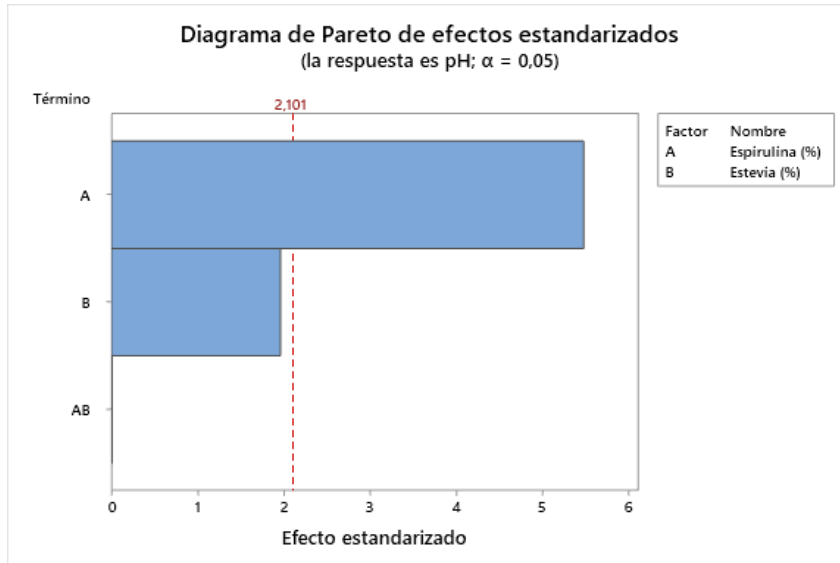
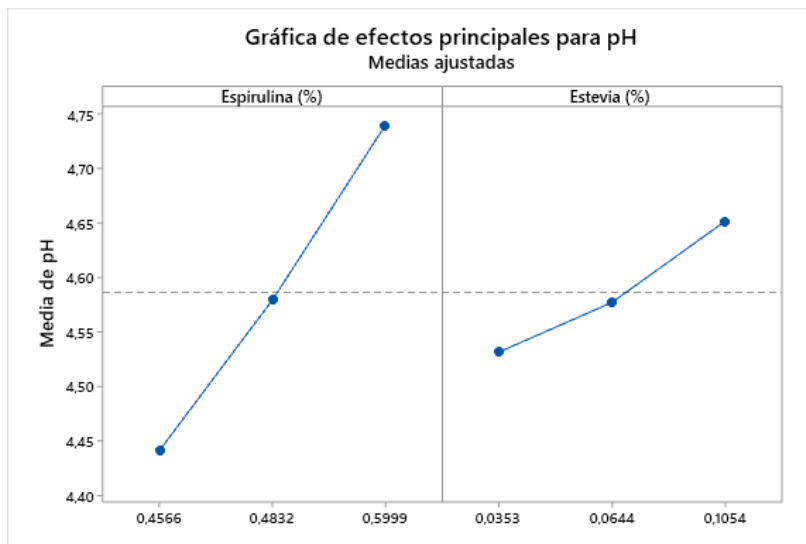


Figura 16

Gráfica de efectos principales para la variable pH

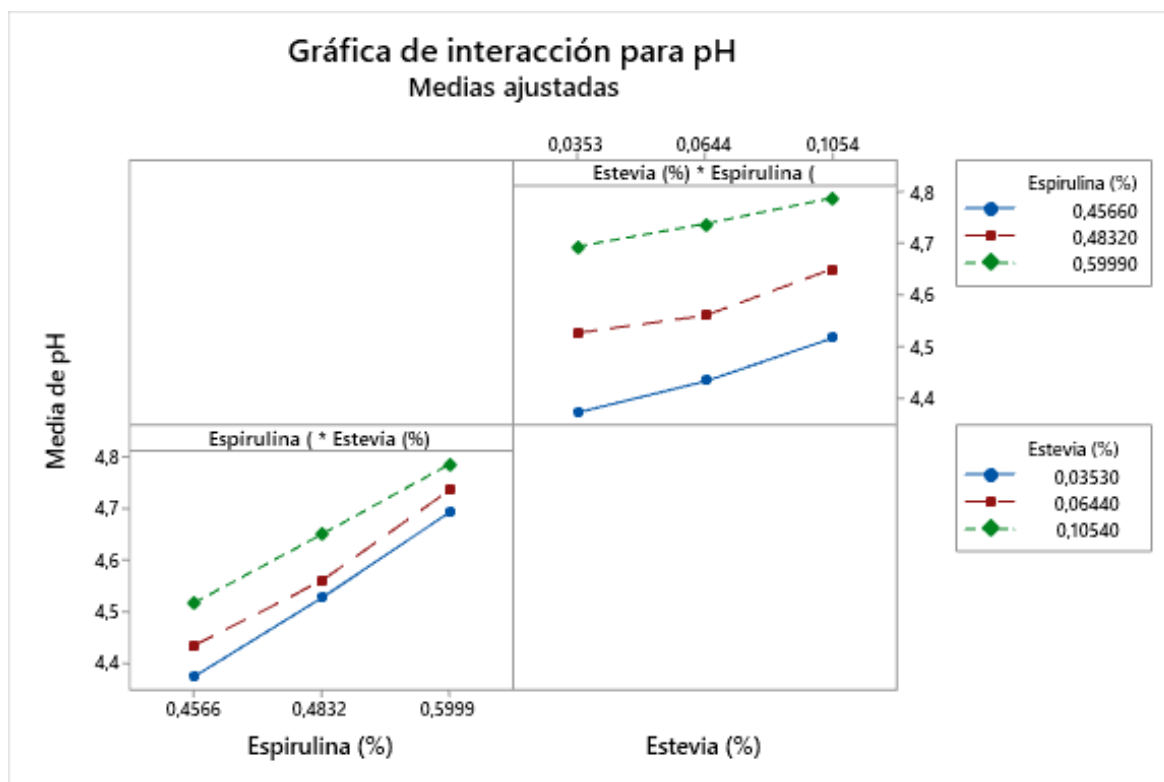


En la Figura 16, tenemos la gráfica de efectos principales, esta gráfica muestra la media de pH cuando se incrementa ambos factores, el incremento de la concentración de estos factores tiene incidencia también en el contenido de pH, y esto se observa en gráfica, donde el contenido de la media de pH también tiende a incrementar.

Por otra parte, tenemos la interacción de los factores en la Figura 17, donde también la línea de tendencia de la media de pH se acrecienta a medida que las concentraciones de los factores de espirulina y estevia se incrementa.

Figura 17

Gráfica de interacción para la variable pH



4.1.6. Evaluación de sólidos solubles

En la Tabla 20 se presenta el contenido de sólidos solubles en las gomitas, expresado en °Brix, los resultados están en el rango de 10,33 y 22,00 °Brix, estos valores van de acuerdo al porcentaje de los factores, se observa una disminución del contenido de sólidos solubles en cuanto aumenta el porcentaje de espirulina, en cambio a mayor porcentaje de estevia los valores de sólidos solubles tienen a incrementar.

De acuerdo a la Norma Técnica. NTP 107.650:2024. CONFITERÍA. Gomas y marshmelows. Requisitos., indica que el contenido máximo de glucosa y sacarosa es 34,0 y 50,0 (g/100) respectivamente, los resultados obtenidos se encuentran dentro del rango descritos en la NTP.

Tabla 20

Contenido de °Brix en las gomitas

| Tratamiento | Espirulina (%) | Estevia (%) | °Brix Promedio |
|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| T1 | 0,4566 | 0,0353 | 18,33 ± 0,7638 |
| T2 | 0,4566 | 0,0644 | 19,67 ± 1,5275 |
| T3 | 0,4566 | 0,1054 | 22,00 ± 2,000 |
| T4 | 0,4832 | 0,0353 | 13,67 ± 0,5774 |
| T5 | 0,4832 | 0,0644 | 15,67 ± 2,0817 |
| T6 | 0,4832 | 0,1054 | 17,5 ± 1,8028 |
| T7 | 0,5999 | 0,0353 | 10,33 ± 2,5166 |
| T8 | 0,5999 | 0,0644 | 11,33 ± 2,5166 |
| T9 | 0,5999 | 0,1054 | 12,67 ± 2,2546 |

De acuerdo a la Tabla 21, los factores de espirulina y estevia tienen influencia estadísticamente en el contenido de °Brix en las gomitas ($p < 0,05$), el factor espirulina presentó el mayor efecto lo que demuestra que el incremento en su concentración redujo de forma significativa el contenido de sólidos solubles, el factor estevia también resultó significativo aunque en menor efecto en comparación con la espirulina, este comportamiento sugiere que en mayor nivel de estevia incrementa ligeramente los sólidos solubles y en consecuencia los valores de °Brix. Estos resultados también los podemos apreciar en la figura 18, donde los factores de espirulina y estevia sobrepasan la línea de referencia.

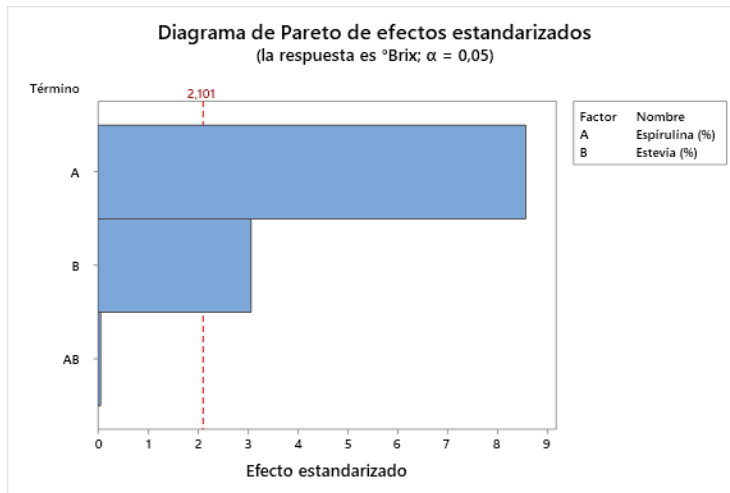
Tabla 21

ANOVA para la variable °Brix

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Modelo | 8 | 380,407 | 47,551 | 13,13 | 0,000 |
| Lineal | 4 | 378,037 | 94,509 | 26,10 | 0,000 |
| Espirulina (%) | 2 | 329,463 | 164,731 | 45,50 | 0,000 |
| Estevia (%) | 2 | 48,574 | 24,287 | 6,71 | 0,007 |
| Interacciones de 2 términos | 4 | 2,370 | 0,593 | 0,16 | 0,954 |
| Espirulina (%)*Estevia (%) | 4 | 2,370 | 0,593 | 0,16 | 0,954 |
| Error | 18 | 65,167 | 3,620 | | |
| Total | 26 | 445,574 | | | |

Figura 18

Diagrama de Pareto para la variable de °Brix



En la Figura 19, se observa la tendencia de la media de °Brix de las gomitas, cuando se añade mayor concentración de espirulina la media de °Brix disminuye, sucediendo lo contrario con la incorporación de estevia. En cuanto a la interacción de ambos factores se tiene la figura 20, donde la tendencia es similar.

Figura 19

Gráfica de efectos principales para la variable °Brix

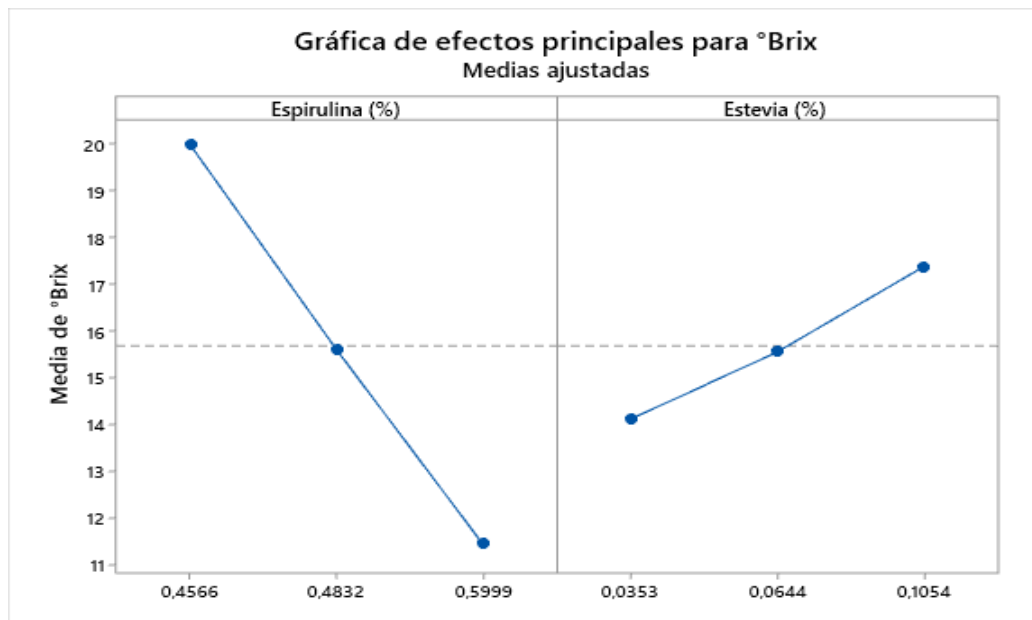
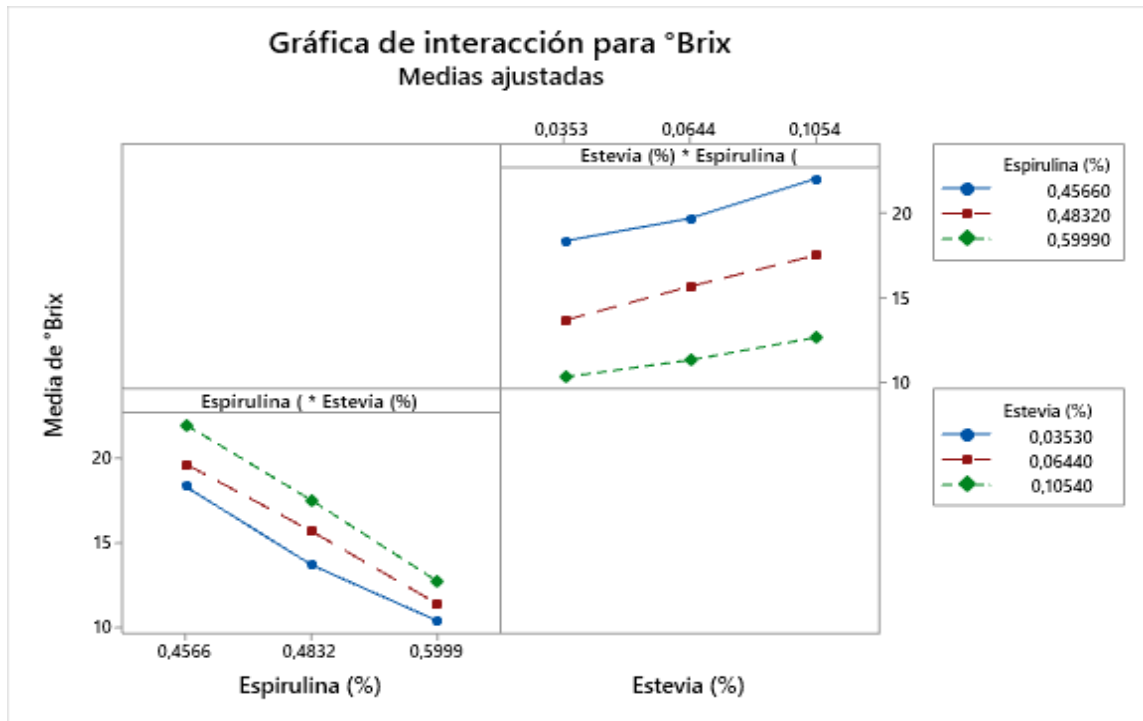


Figura 20

Gráfica de interacción para la variable °Brix



4.1.7. Evaluación de contenido de ceniza

Los resultados representan la cantidad total de minerales presente en la muestra, la evaluación de cenizas se presenta en la tabla 22, donde los valores no tienen diferencias relevantes, tendencia creciente del contenido de ceniza a medida que aumenta la estevia, aunque el efecto parece más marcado en algunos niveles de espirulina. El 0,5999% de espirulina presenta un menor contenido de ceniza lo que podría deberse a una dilución de sólidos minerales en el caso de la estevia incrementa levemente el contenido de ceniza en todos los niveles de espirulina. Tafur Medina y Obregón Dionicio (2019) reportan resultados de ceniza de 0,80 g en gomitas de cushuro, enriquecida con aceite de sacha inchi y espirulina, los resultados que se han alcanzado son menores, de acuerdo a Márquez Siguas (2014), las cenizas constituyen el residuo inorgánico de un alimento, lo que significa que las gomitas contienen menos residuos orgánicos.

Tabla 22

Contenido de ceniza en las gomitas

| Tratamiento | Espirulina (%) | Estevia (%) | Ceniza (%) Promedio |
|-------------|----------------|-------------|---------------------|
| T1 | 0,4566 | 0,0353 | 0,1867 ± 0,0115 |
| T2 | 0,4566 | 0,0644 | 0,2067 ± 0,0115 |
| T3 | 0,4566 | 0,1054 | 0,2333 ± 0,0306 |
| T4 | 0,4832 | 0,0353 | 0,2900 ± 0,0100 |
| T5 | 0,4832 | 0,0644 | 0,3100 ± 0,0200 |
| T6 | 0,4832 | 0,1054 | 0,3600 ± 0,0100 |
| T7 | 0,5999 | 0,0353 | 0,1167 ± 0,0153 |
| T8 | 0,5999 | 0,0644 | 0,1533 ± 0,0058 |
| T9 | 0,5999 | 0,1054 | 0,2133 ± 0,0115 |

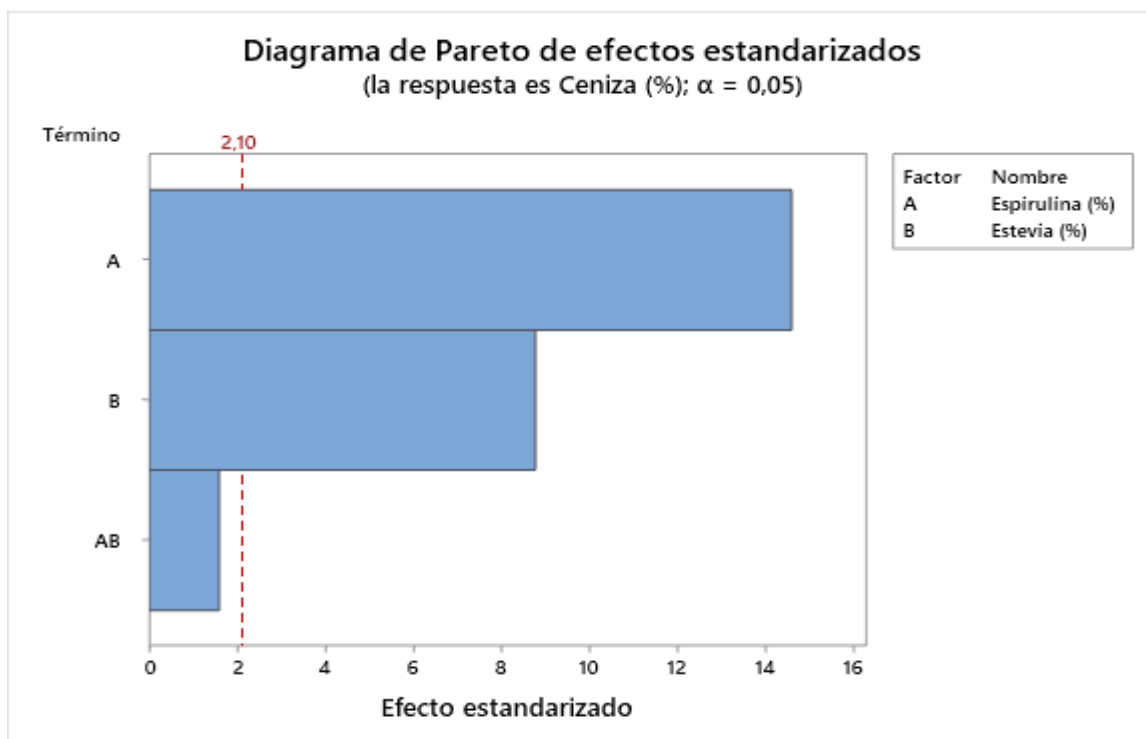
Tabla 23
ANOVA para la variable ceniza

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-----------------------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| Modelo | 8 | 0,145000 | 0,018125 | 74,15 | 0,000 |
| Lineal | 4 | 0,142978 | 0,035744 | 146,23 | 0,000 |
| Espirulina (%) | 2 | 0,119622 | 0,059811 | 244,68 | 0,000 |
| Estevia (%) | 2 | 0,023356 | 0,011678 | 47,77 | 0,000 |
| Interacciones de 2 términos | 4 | 0,002022 | 0,000506 | 2,07 | 0,128 |
| Espirulina (%)*Estevia (%) | 4 | 0,002022 | 0,000506 | 2,07 | 0,128 |
| Error | 18 | 0,004400 | 0,000244 | | |
| Total | 26 | 0,149400 | | | |

El análisis de varianza que tenemos en la tabla 23, muestra que los factores de espirulina y estevia influyen estadísticamente en el contenido de ceniza ($p < 0,05$) este contenido está determinado en mayor influencia principalmente por la espirulina (principal fuente de minerales), la estevia en menor influencia aunque significativa, no existe una interacción significativa entre los factores indicando que la influencia se puede determinar de manera independiente, estos valores se pueden corroborar en la Diagrama de Pareto (Figura 21), donde los factores de espirulina y estevia sobrepasan la línea de referencia, a diferencia de la interacción de ambos factores.

Figura 21

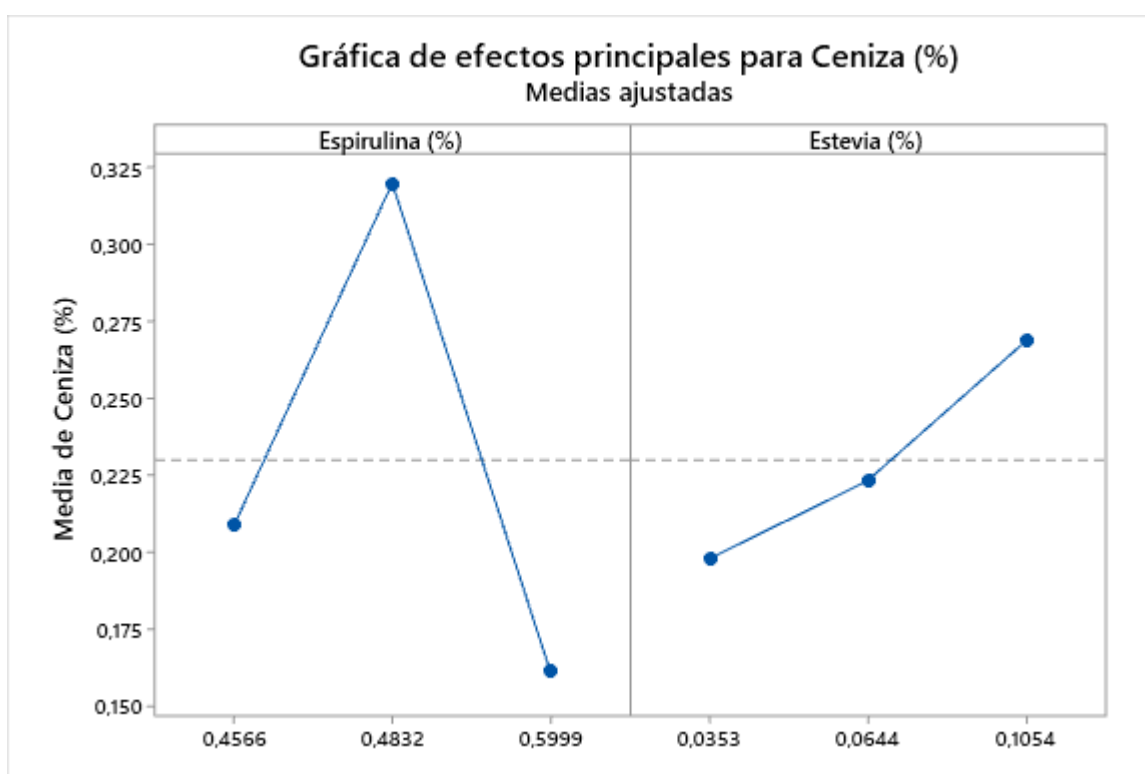
Diagrama de Pareto para la variable de ceniza



En la Figura 22 se presenta la gráfica de los efectos principales, en relación al factor espirulina tenemos la tendencia para la media de ceniza de las gomitas, a una concentración de 0,4832 tenemos un mayor valor para media de ceniza; para el factor de Stevia la tendencia es ascendente, es decir, a media que se incrementa la estevia también incrementa la media de ceniza.

Figura 22

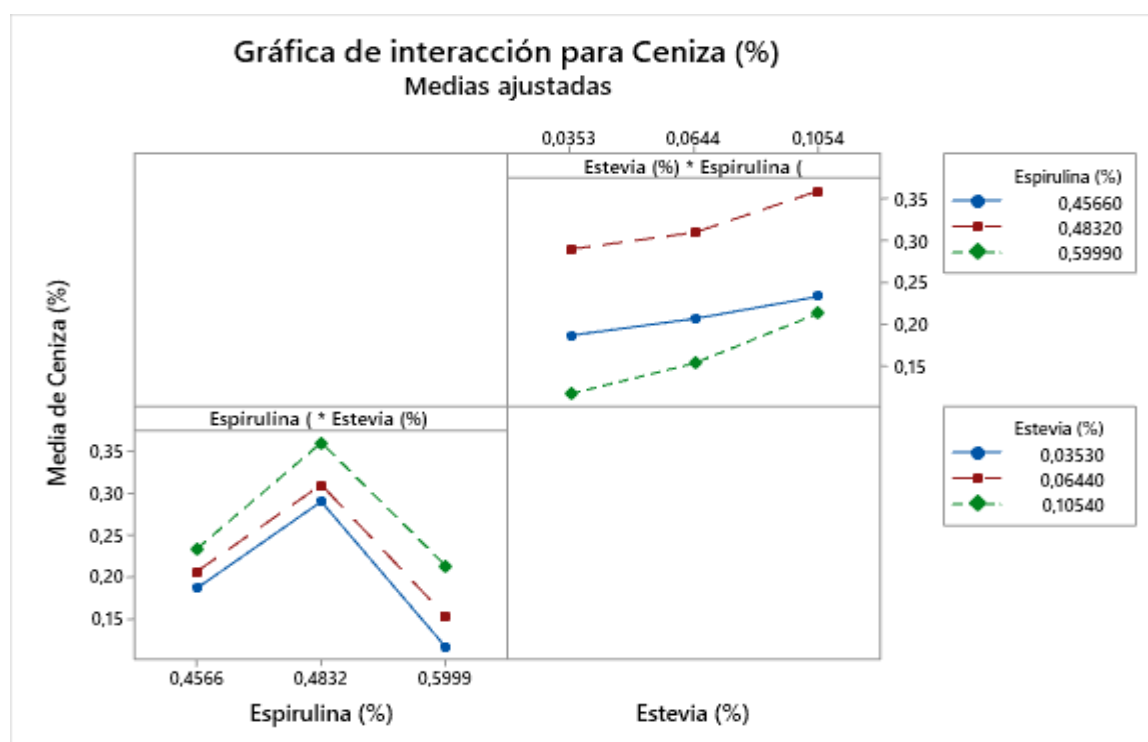
Gráfica de efectos principales para la variable ceniza



La gráfica de interacción que se presenta en la Figura 23 evidencia la tendencia de la media de ceniza, cuando la estevia es constante tenemos un pico alto al trabajar a un porcentaje de espirulina de 0,4832. Cuando la espirulina es constante la media de ceniza tiende a incrementar.

Figura 23

Gráfica de interacción para la variable ceniza



4.2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS GOMITAS

Los resultados, así como los promedios de la evaluación sensorial de las gomitas con adición de espirulina y estevia se presentan en los anexos 7, 8, 9 y 10.

Para la evaluación sensorial se tomó cuatro atributos: sabor, color, olor y textura.

4.2.1. Evaluación sensorial para el atributo de sabor

Tabla 24

Análisis de varianza para el atributo sabor

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|-------------|-----|-----------|-----------|---------|---------|
| PANELISTA | 24 | 13,94 | 0,5807 | 1,08 | 0,364 |
| TRATAMIENTO | 8 | 189,44 | 23,6800 | 44,23 | 0,000 |
| Error | 192 | 102,78 | 0,5353 | | |
| Total | 224 | 306,16 | | | |

La tabla 24 muestra el ANOVA para el atributo sabor, se concluye que existe diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). En el factor panelistas no hubo diferencias significativas entre las calificaciones es decir que el panel fue consistente y homogéneo en sus evaluaciones, el efecto de los tratamientos muestra que la combinación de espirulina y estevia influyeron directamente en la percepción sensorial del sabor.

A continuación, se presenta la prueba de Tukey para identificar cual es el tratamiento se diferencia de los demás.

Tabla 25*Comparación Tukey para el atributo sabor*

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación |
|-------------|----|-------|------------|
| T7 | 25 | 6,72 | A |
| T5 | 25 | 5,68 | B |
| T1 | 25 | 5,32 | B C |
| T8 | 25 | 4,72 | C D |
| T3 | 25 | 4,68 | C D |
| T6 | 25 | 4,56 | D |
| T4 | 25 | 4,44 | D |
| T2 | 25 | 4,32 | D |
| T9 | 25 | 3,24 | E |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

A partir de la tabla 25, observamos que el tratamiento 7 tiene el mejor puntaje según los panelistas. El tratamiento 7 corresponde a la adición de 0,5999 % de espirulina y 0,0353 % de estevia, teniendo incidencia en la aceptación del atributo sabor de las gomitas. Por otra parte, el tratamiento 9 (0,5999 % de espirulina y 0,1054 % de estevia) fue el que menor puntaje obtuvo, indicando que la adición de espirulina y estevia tiene influencia en la variación del atributo sabor. En la tesis de linaza y cushuro de la Universidad Nacional del Santa (Espinoza Méndez, 2022) se reporta que las formulaciones con mayores niveles de estos ingredientes redujeron la aceptabilidad en sabor ya que el cushuro puede aportar notas de sabor poco familiares y el mucílago puede modificar la textura estos datos nos indican que las proporciones de insumos está vinculada directamente en la calidad en sabor del producto.

4.2.2. Evaluación sensorial para el atributo de olor

Tabla 26

Análisis de varianza para el atributo olor

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| PANELISTA | 24 | 9,129 | 0,3804 | 0,86 | 0,658 |
| TRATAMIENTO | 8 | 96,080 | 12,0100 | 27,12 | 0,000 |
| Error | 192 | 85,031 | 0,4429 | | |
| Total | 224 | 190,240 | | | |

De acuerdo a la tabla 26, el análisis de varianza para el atributo olor indica que no existieron diferencias entre los panelistas en las evaluaciones de olor, es decir, el panel fue consistente y confiable, existen diferencias significativas entre los tratamientos la variación en las formulaciones influye directamente en la percepción de este atributo.

Tabla 27

Comparación Tukey para el atributo olor

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación |
|--------------------|----------|--------------|-------------------|
| T7 | 25 | 6,08 | A |
| T5 | 25 | 5,56 | A B |
| T1 | 25 | 5,04 | B C |
| T6 | 25 | 4,72 | C |
| T8 | 25 | 4,72 | C |
| T2 | 25 | 4,68 | C |
| T3 | 25 | 4,68 | C |
| T4 | 25 | 4,48 | C |
| T9 | 25 | 3,60 | D |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la tabla 27 tenemos los resultados de la prueba de Tukey, donde el tratamiento 7 tuvo mejor promedio para el atributo de olor, de acuerdo a la evaluación de los panelistas. El tratamiento 7 representa la adición de 0,5999% de espirulina y 0,0353 %

de estevia, los resultados que eligen al tratamiento 7 como mejor, atribuyen a las concentraciones correctas de espirulina y estevia que contribuyeron favorablemente al atributo olor. Por otro lado, tenemos al tratamiento 9 que obtuvo menor puntaje.

Estos resultados guardan relación con lo reportado por (Oliveira, 2020) señala que el uso de microalgas en confitería aporta beneficios nutricionales más aún en atributos como el olor el cual depende de mantener niveles adecuados de inclusión para evitar aromas excesivamente característicos que disminuyan la preferencia

4.2.3. Evaluación sensorial para el atributo de color

Tabla 28

Análisis de varianza para el atributo color

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| PANELISTA | 24 | 11,56 | 0,4815 | 1,47 | 0,081 |
| TRATAMIENTO | 8 | 73,16 | 9,1444 | 27,94 | 0,000 |
| Error | 192 | 62,84 | 0,3273 | | |
| Total | 224 | 147,56 | | | |

En la tabla 28 tenemos el análisis de varianza para el atributo color donde se evidencia que existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$) indicando que existen diferencias entre las formulaciones en cuanto al color de las gomitas. El atributo color en las gomitas fue influenciado significativamente por la formulación, los panelistas evaluaron de forma consistente y para determinar que tratamientos fueron mejor aceptados se muestra la prueba Tukey.

Tabla 29*Comparación Tukey para el atributo color*

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación |
|-------------|----|-------|------------|
| T7 | 25 | 6,68 | A |
| T8 | 25 | 6,24 | A |
| T9 | 25 | 5,36 | B |
| T3 | 25 | 5,28 | B C |
| T1 | 25 | 5,24 | B C |
| T4 | 25 | 5,20 | B C |
| T2 | 25 | 5,08 | B C |
| T5 | 25 | 5,08 | B C |
| T6 | 25 | 4,84 | C |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

De acuerdo a los datos que se muestran en la tabla 29, el tratamiento 7 (de 0,5999% de espirulina y 0,0353 % de estevia) presenta el promedio más alto para el atributo color con respecto a los demás tratamientos. Con diferencia el tratamiento 6 (0,4832 % de espirulina y 0,1054 % de estevia) presentó el puntaje más inferior. De igual manera en el caso del atributo color, es recomendable encontrar un equilibrio entre la cantidad del alga con endulzante ya que influye directamente en el color de las gomitas, los cuáles nos ayudan a obtener productos altamente atractivos a la vista y más aún en el contenido nutricional.

4.2.4. Evaluación sensorial para el atributo de textura

Tabla 30

Análisis de varianza para el atributo textura

| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|---------------|-----------|------------------|------------------|----------------|----------------|
| PANELISTA | 24 | 9,849 | 0,4104 | 1,03 | 0,426 |
| TRATAMIENTO | 8 | 76,436 | 9,5544 | 24,06 | 0,000 |
| Error | 192 | 76,231 | 0,3970 | | |
| Total | 224 | 162,516 | | | |

En la tabla 30 tenemos el análisis de varianza para el atributo donde se evidencia que no hubo diferencias significativas entre panelistas, evaluación consistente y confiable, en el factor tratamiento existen diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$).

Tabla 31

Comparación Tukey para el atributo textura

| TRATAMIENTO | N | Media | Agrupación |
|--------------------|----------|--------------|-------------------|
| T7 | 25 | 6,48 | A |
| T1 | 25 | 5,72 | B |
| T5 | 25 | 5,40 | B C |
| T3 | 25 | 5,20 | B C |
| T8 | 25 | 5,16 | C |
| T9 | 25 | 5,16 | C |
| T2 | 25 | 5,08 | C |
| T6 | 25 | 4,52 | D |
| T4 | 25 | 4,40 | D |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

De acuerdo a los datos que se muestran en la tabla 31, el tratamiento 7 (de 0,5999% de espirulina y 0,0353 % de estevia) presenta el promedio más alto para el atributo textura con respecto a los demás tratamientos. Con diferencia el tratamiento 4 (0,4832 % de espirulina y 0,0353 % de estevia) presentó el puntaje más inferior.

En este atributo es recomendable tener en cuenta las características que brindan la espirulina (*Arthrospira platensis*) y la estevia (*Stevia rebaudiana*). Se sabe que la espirulina es un alga con alto contenido en proteína (Echevarria, 2018) el cual al interaccionar con la grenetina modifica la elasticidad y firmeza, en el caso de la aplicación de las características de la estevia (Roberto Lemus-Mondaca, 2012) dan como resultado a la red de grenetina quede más suave afectando a la masticabilidad. Estas características dan como resultado que el alga se tiene que manejar en mayor proporción que el endulzante.

CONCLUSIONES

- La elaboración de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*), presentan las siguientes características en promedio: proteína 12,25%; humedad 19,72%; actividad de agua 0,81; °Brix 15,69; pH 4,59; ceniza 0,23 y acidez titulable 0,39%. Entre los diferentes análisis realizados se tiene como característica principal al contenido de proteína en porcentaje efecto influenciado por el factor espirulina, esto por el alto valor nutricional que brindará nuestra gomita en la alimentación, teniendo como resultado máximo un valor en contenido proteico de 12,62% que corresponde al Tratamiento 9 indicando que influye de manera significativa en el contenido proteico. En el factor estevia presentó un efecto significativo en algunas variables (°brix, acidez titulable y ceniza) siendo a la vez un aporte en menor proporción en comparación con la espirulina. Si bien no incide de forma directa en el contenido proteico, la estevia contribuyó a equilibrar la aceptabilidad del producto sin comprometer la calidad nutricional de la gomita.
- Para la evaluación sensorial de las gomitas con adición de espirulina (*Arthorspira platensis*) y estevia (*Stevia Rebaudana*), se analizaron cuatro atributos por parte de los panelistas, donde se obtuvo los siguientes resultados: sabor (6,72); olor (6,08); color (6,68); y textura (6,48), para la elaboración de la gomita se utilizó 0,5999% de espirulina y 0,0353% de estevia, de acuerdo a la escala hedónica estos valores corresponden a me gusta ligeramente y me gusta bastante respectivamente. Estos resultados con propios del tratamiento 7 (T7) como el de mejor aceptación especialmente en sabor, seguido del tratamiento 5 (T5) y tratamiento 1 (T1). Sin embargo, niveles elevados de espirulina, como el tratamiento 9 (T9) redujeron la aceptabilidad debido al sabor y color intenso característico.
- Los resultados confirman la hipótesis general ya que la incorporación de espirulina mejoró significativamente las propiedades nutricionales en un producto considerado golosina, en particular el contenido particular, mientras que la estevia permitió mantener una buena aceptabilidad sensorial. Asimismo, se validaron las hipótesis específicas pues las gomitas enriquecidas con espirulina y estevia presentaron un perfil nutricional elevado y una aceptación sensorial adecuada en los atributos evaluados.

RECOMENDACIONES

- Promover y evaluar el consumo de la espirulina en diferentes productos, como una alternativa de alimentación en nuestra dieta diaria resaltando el aporte proteico. Sustituir el azúcar convencional con endulzantes naturales como le estevia el cual brinda mayor aporte alimentario ambos brindando una alternativa funcional y saludable frente a confitería convencional.
- Orientar el consumo de esta gomita funcional preferentemente en niños y adolescentes quienes son los grupos con mayor facilidad en acceder a este tipo de alimentos, pero cuidando de no sustituirlas por fuentes principales de nutrición.
- Utilizar saborizantes en la formulación de las gomitas para inhibir el sabor de la espirulina.
- Realizar un estudio para lograr determinar su viabilidad como producto comercial, vinculando el producto al marco de innovación en confitería saludable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agama-Acevedo, E., Ottenhof, M. A., Farhat, I. A., Paredes-López, O., Ortiz-Cereceres, J. y Bello-Pérez, L. A. (2005). Aislamiento y Caracterización del almidón de maíces pigmentados. *Agrociencia* 1(39), 419-429.
<https://www.redalyc.org/pdf/302/30239406.pdf>
- ALGATEX. (s. f.). Proyecto de cultivo de Spirulina en Arequipa – la Joya. ALGATEX.
<https://www.algatex.org/project/proyecto-de-cultivo-de-spirulina-en-arequipa/>
- ALGATEX. (s. f.). Proyecto en cultivo de Spirulina en Iquitos. ALGATEX. Recuperado el 27 de septiembre de 2025
<https://www.algatex.org/project/proyecto-en-cultivo-de-spirulina-en-iquitos/>
- Alex, M. (2015). Desarrollo de una formulación para gomitas con miel de abeja y propóleo.
- Bañón, D. &. (9 de julio de 2015). *Determinación del tiempo mínimo de secado de caramelos de goma en base a sus propiedades mecánicas*. Obtenido de Taylor y Francis : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476337.2014.974676>
- Barriocanal, L. A. (2008). Aparente ausencia de efecto farmacológico de los glucósidos de esteviol utilizados como edulcorantes en humanos. Un estudio piloto de exposiciones repetidas en algunos individuos normotensos e hipotensos, así como en diabéticos tipo 1 y tipo 2. *ScienceDirect Elsevier*, 37-41.
- Bravo Velásquez Mariangel, B. H. (2020). EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE UNA GOLOSINA TIPO GOMITA A BASE DE PULPA DE PARCHITA (*Passiflora edulis*) ENDULZADA CON ESTEVIA (*Stevia rebaudiana* Bertoni). *Agroindustria, Sociedad Y Ambiente*, 21-58.
- Bustamante, N. (2020). Elaboración de gomitas confitadas a partir del mucilago de melloco (*Ullucus tuberosus*).
- Camacho, R. (2019). Uso de polioles en la elaboración de gomitas hipocalóricas fortificadas con hierro hemo.
- Chota, S. (2019). Determinación de las características fisicoquímicas y sensoriales de gominolas con diferentes dosis de pulpa de noni y camucamu en pucallpa.

- Delgado, P. &. (2014). Determining the minimum drying time of gummy.
- Echevarria, G. V. (2018). Evaluación de la incorporación de espirulina sobre las propiedades nutricionales y sensoriales de una galleta a base de harina de trigo y kiwicha. *REPOSITORIO ACADÉMICO UPC*, 20.
- Elena Bartkiene, M. R. (2018). Desarrollo y caracterización de suplementos gomosos enriquecidos con probióticos y prebióticos. *International Journal of Food Science and Technology*, 1-3.
- Espinoza Méndez, C. &. (2022). Desarrollo de golosina tipo "gomita" on mucílago de linaza (*Linum usitatissimum*) y cushuro (*Nostocspheericum*) bajo en calorías. *Repositorio Universidad Nacional de Santa*.
- Jara, Y., Kong, S., & Carlos, M. (2022). Elaboración y comercialización de gomitas nutritivas de moringa.
- Kebede, E., & Ahlgren, G. (12 de Julio de 1996). Optimum growth conditions and light utilization efficiency of *Spirulina platensis* (=Arthrospira fusiformis)(Cyanophyta) from Lake Chitu, Ethiopia. *Hydrobiologia*, 332, 99-109.
- Li, D.-M., & Qi, Y.-Z. (1997). Spirulina industri in China: Present status and future prospects. *Journal of Applied Phycology*, 9, 25-28.
- Liestianty, D. (2019). Nutritional analysis of spirulina sp to promote as. *IOP Conference Series*, 01-02.
- Noriega, A., & Cuba, N. (2003). Introducción a la tecnología de alimentos. *Limusa*.
- Oliveira, A. C. (2020). Development of gunctional confectionery with microalgae addtion: Nutritional and sensorial aspects. *Journal of Food Science and Technology*, 3875-3883.
- Palma , D., Yllanes, L., Morales, J., Solano, G., Tarazona, D., & Levano, K. (2019). Efecto de la sangre de cuy y gomitas de *Physalis peruviana* en la reducción de la anemia en niños de Huánuco, Perú. *IEEE Xplore*.
- ravo Velásquez Mariangel, B. H. (2020). EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y SENSORIAL DE UNA GOLOSINA TIPO GOMITA A BASE DE PULPA DE PARCHITA (*Passiflora edulis*)ENDULZADA CON ESTEVIA (*Stevia rebaudiana*Bertoni). *niversidad*

Centroccidental "Lisando Alvarado", Decanato de Agronomía, Programa de Ingeniería Agroindustrial. Barquisimeto, estado Lara -Venezuela., 38.

Richmond, A. E. (1986). Microalgaculture. *CRC Critical Reviews in Biotechnology*, 4(4), 349-438.

Riofrío, D. (2015). Elaboración de gomitas en base a pulpa de remolacha.

Roberto Lemus-Mondaca, A. V.-G. (2012). Stevia rebaudiana Bertoni, fuente de un edulcorante natural de alta potencia: una revisión exhaustiva sobre los aspectos bioquímicos, nutricionales y funcionales. *ScienceDirect Elsevier*, 1121-1132.

Rodríguez-Cravero, J. F. (2023). Resolución de complejos taxonómicos de especies de Stevia (Eupatorieae, Asteraceae) en los Andes centro-sur: un enfoque morfométrico y estadístico. *Australian Systematic Botany*.

Thanh-Sang, v., Dai-Hung, N., & Se-Kwon, K. (8 de Mayo de 2015). Nutritional and Pharmaceutical Properties of Microalgal Spirulina. *Handbook of Marine Microalgae*, 299-308. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800776-1.00019-4>.

San Agustin Fragoso , B. Y., García Curiel, L., Pérez Flores , J. G., Contreras López , E., Pérez Escalante, E., Portillo Torres, L. A., González Olivares , L. G., Bautista Ávila , M., & Ramírez Godínez , J. (2024). Gomitas: Revisión de sus Ingredientes, Proceso de Elaboración, Estabilidad, Vida Útil y Tendencias del Mercado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 7512-7543. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.14164

ANEXOS

Anexo 1

Determinación de la acidez titulable.



Anexo 2

Determinación de la humedad.



Anexo 3



Determinación de sólidos solubles

Anexo 4



Determinación de pH.

Anexo 5

Determinación de Actividad de agua (Aw).



Anexo 6

Muestras de las gomitas.



Anexo 7

Proceso de elaboración de gomitas.



Anexo 8

Formato de evaluación sensorial para las gomitas con adición de espirulina (Arthrospira platensis) y estevia (Stevia rebaudiana).

Ficha de evaluación de aceptabilidad organoléptica

Edad: Sexo: (M) (F) FECHA: / / 2024

Por favor, pruebe la muestra que se le ofrecen e indique su nivel de agrado marcando con el código de cada muestra en la escala que mejor describe su reacción para cada uno de los atributos.

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| 1  | 2  | 3  | 4  | 5  |
| me disgusta muchísimo | me disgusta mucho | me disgusta bastante | me disgusta ligeramente | ni me gusta ni me disgusta |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6  | 7  | 8  | 9  |
| me gusta ligeramente | me gusta bastante | me gusta mucho | me gusta muchísimo |

| ATRIBUTOS | MENCIONE DEL 1 AL 9 |
|-----------|---------------------|
| SABOR | |
| OLOR | |
| COLOR | |
| TEXTURA | |

Comentario o recomendación: -----

Anexo 9

Resultados de la evaluación sensorial para el atributo sabor.

| PANELISTA | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 6 | 4 | 5 | 5 | 7 | 5 | 8 | 5 | 3 |
| 2 | 5 | 3 | 5 | 5 | 6 | 5 | 8 | 5 | 3 |
| 3 | 6 | 5 | 5 | 4 | 6 | 4 | 7 | 6 | 2 |
| 4 | 5 | 3 | 4 | 4 | 6 | 5 | 7 | 4 | 3 |
| 5 | 6 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 6 | 4 | 4 |
| 6 | 6 | 3 | 5 | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 |
| 7 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| 8 | 5 | 3 | 4 | 4 | 7 | 5 | 6 | 5 | 3 |
| 9 | 6 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 8 | 6 | 3 |
| 10 | 6 | 4 | 5 | 5 | 6 | 4 | 6 | 5 | 2 |
| 11 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 3 | 6 | 5 | 2 |
| 12 | 7 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4 | 5 |
| 13 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 7 | 5 | 2 |
| 14 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 6 | 4 | 3 |
| 15 | 5 | 4 | 4 | 4 | 6 | 5 | 6 | 4 | 3 |
| 16 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 7 | 4 | 4 |
| 17 | 6 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 7 | 5 | 4 |
| 18 | 6 | 5 | 5 | 4 | 7 | 5 | 6 | 5 | 3 |
| 19 | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 | 4 | 7 | 6 | 4 |
| 20 | 5 | 5 | 4 | 4 | 6 | 4 | 7 | 5 | 3 |
| 21 | 5 | 5 | 5 | 4 | 6 | 4 | 6 | 5 | 4 |
| 22 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 7 | 8 | 4 | 4 |
| 23 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 7 | 5 | 4 |
| 24 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 7 | 4 | 3 |
| 25 | 5 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 8 | 4 | 3 |

Anexo 10

Resultados de la evaluación sensorial para el atributo olor.

| PANELISTA | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 3 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 3 |
| 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 6 | 4 | 7 | 6 | 4 |
| 4 | 5 | 5 | 4 | 4 | 6 | 5 | 7 | 4 | 3 |
| 5 | 6 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 6 | 4 | 4 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 6 | 5 | 5 | 3 |
| 7 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| 8 | 5 | 5 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 3 |
| 9 | 5 | 5 | 4 | 3 | 5 | 4 | 6 | 6 | 4 |
| 10 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 4 | 5 | 5 | 2 |
| 11 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 3 | 5 | 5 | 3 |
| 12 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4 | 5 |
| 13 | 4 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 3 |
| 14 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 6 | 4 | 3 |
| 15 | 5 | 5 | 4 | 4 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| 16 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| 17 | 6 | 5 | 4 | 4 | 5 | 4 | 7 | 5 | 4 |
| 18 | 6 | 5 | 5 | 4 | 7 | 5 | 6 | 5 | 3 |
| 19 | 6 | 6 | 5 | 5 | 6 | 4 | 7 | 6 | 4 |
| 20 | 5 | 5 | 4 | 4 | 6 | 4 | 6 | 5 | 5 |
| 21 | 5 | 4 | 5 | 4 | 6 | 5 | 6 | 5 | 4 |
| 22 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 7 | 6 | 4 | 4 |
| 23 | 4 | 4 | 3 | 5 | 5 | 5 | 7 | 5 | 4 |
| 24 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 7 | 4 | 3 |
| 25 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 4 | 4 |

Anexo 11

Resultados de la evaluación sensorial para el atributo color.

| PANELISTA | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 8 | 7 | 6 |
| 2 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 | 6 |
| 3 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 6 | 6 |
| 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 7 | 7 | 5 |
| 5 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 | 4 | 7 | 7 | 6 |
| 6 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 7 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 7 | 6 | 6 |
| 8 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 9 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 4 | 8 | 6 | 4 |
| 10 | 6 | 4 | 5 | 6 | 5 | 4 | 7 | 6 | 5 |
| 11 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 5 |
| 12 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 13 | 4 | 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 8 | 6 | 5 |
| 14 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 15 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4 | 5 | 8 | 6 | 5 |
| 16 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 5 |
| 17 | 6 | 5 | 6 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 6 |
| 18 | 6 | 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 8 | 6 | 5 |
| 19 | 6 | 6 | 5 | 6 | 5 | 4 | 6 | 6 | 6 |
| 20 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 4 | 6 | 6 | 5 |
| 21 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 22 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 5 |
| 23 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 7 | 6 | 6 |
| 24 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| 25 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 |

Anexo 12

Resultados de la evaluación sensorial para el atributo color.

| PANELISTA | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 2 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 6 | 6 |
| 3 | 6 | 5 | 5 | 4 | 6 | 4 | 7 | 6 | 5 |
| 4 | 7 | 6 | 5 | 4 | 5 | 5 | 8 | 6 | 5 |
| 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 4 | 6 | 6 | 6 |
| 6 | 6 | 5 | 5 | 3 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 |
| 7 | 6 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| 8 | 6 | 5 | 5 | 4 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| 9 | 6 | 6 | 4 | 3 | 5 | 4 | 6 | 6 | 4 |
| 10 | 6 | 4 | 5 | 5 | 5 | 4 | 7 | 5 | 6 |
| 11 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 3 | 6 | 5 | 5 |
| 12 | 7 | 4 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| 13 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| 14 | 5 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 8 | 4 | 4 |
| 15 | 5 | 5 | 5 | 4 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| 16 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 4 | 7 | 5 | 4 |
| 17 | 5 | 6 | 5 | 4 | 6 | 4 | 6 | 5 | 6 |
| 18 | 5 | 5 | 6 | 4 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 |
| 19 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 4 | 7 | 6 | 6 |
| 20 | 6 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 7 | 4 | 5 |
| 21 | 5 | 5 | 6 | 4 | 6 | 4 | 6 | 5 | 6 |
| 22 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 7 | 7 | 5 | 5 |
| 23 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 4 | 6 |
| 24 | 5 | 6 | 5 | 4 | 5 | 4 | 7 | 5 | 6 |
| 25 | 6 | 5 | 5 | 4 | 5 | 4 | 6 | 5 | 5 |

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 341-2021-UNSCH-CU)

Elaboración y evaluación fisicoquímica y sensorial de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*)**Expositora: Karen Rosario Torre Martínez**
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

Expediente N° 2546022

Resolución Decanal N° 117-2025-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 09-09-2025

En la Sala de Conferencia "Pedro Villena Hidalgo" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día jueves once de setiembre del año dos mil veinticinco, se reunieron la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Karen Rosario Torre Martínez**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Mg. Jorge Adalberto MALAGA JUAREZ, Ing. Joaquín Basael HERNANDEZ GARCIA y Mg. Percy Segundo HUAUYA PABLO, bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la Facultad), Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente).

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Elaboración y evaluación fisicoquímica y sensorial de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*)**, presentado por la Bachiller **Karen Rosario Torre Martínez**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 117-2025-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Karen Rosario Torre Martínez**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición de la Bachiller, el presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Percy Segundo HUAUYA PABLO, Mg. Joaquín Basael HERNANDEZ GARCIA y Mg. Jorge Adalberto MALAGA JAUREZ (Ausente). Luego el Presidente invitó al Dr. Saúl Ricardo CHUQUI DIESTRA, para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

A continuación, el presidente del jurado invito a la sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia con la finalidad de permitir al jurado de sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO CATORCE (14)**.

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 341-2021-UNSCH-CU)

Elaboración y evaluación fisicoquímica y sensorial de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*)**Expositora: Karen Rosario Torre Martinez
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial****Expediente N° 2546022****Resolución Decanal N° 117-2025-UNSCH-FIQM/D****Fecha: 09-09-2025**

Finalmente, el Presidente del Jurado dispuso que se invite a la Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la sala de conferencias y anunció que, la Bachiller **Karen Rosario Torre Martinez**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con cincuenta minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

.....
Ing. Joaquín Basael HERNANDEZ GARCIA
Miembro

.....
Mg. Percy Segundo HUAUYA PABLO
Miembro

.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
(Secretario Docente)



UNSCH

FACULTAD DE
**INGENIERÍA QUÍMICA
Y METALURGIA**

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, el egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor de la Tesis Dr. Saul Ricardo CHUQUI DIESTRA, se procedió a la evaluación de originalidad del archivo adjunto con el TURNITIN - UNSCH, **de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la UNSCH, aprobado con Resolución del Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**; cuyos resultados son:

Tesis Elaboración y evaluación fisicoquímica y sensorial de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*)

Nombre y Apellido : Bach. **KAREN ROSARIO TORRE MARTINEZ**
Identificador de entrega : 2788098426
Fecha : 21-oct-2025 12:23p.m. (UTC-0500)
Archivo : Tesis_Final_Karen_TM_30.09.25_ok...pdf (1.78M)

Se expide la presente constancia de originalidad, con reporte del 22% de ÍNDICE DE SIMILITUD realizado con Depósito de trabajos estándar, a fin de proseguir con los trámites pertinentes; cabe señalar que los documentos del procedimiento se archivan en el repositorio documental de la Escuela.

Ayacucho, 22 de octubre del 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA
S.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

Ing. Percy Fermín Velásquez Coost
DIRECTOR

C.c.
Const. N°005-2025
Archivo

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERA AGROINDUSTRIAL
Av. Independencia S/N - Ayacucho
Telf. 066-303496
Correo: ep.agroindustrial@unsch.edu.pe

Elaboración y evaluación fisicoquímica y sensorial de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*)

por Karen Rosario Torre Martinez

Fecha de entrega: 21-oct-2025 12:23p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2788098426

Nombre del archivo: Tesis_Final_Karen_TM_30.09.25_ok...pdf (1.78M)

Total de palabras: 17945

Total de caracteres: 98553

Elaboración y evaluación fisicoquímica y sensorial de gomitas con adición de espirulina (*Arthrospira platensis*) y estevia (*Stevia rebaudiana*)

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante | 5% |
| 2 | repositorio.ute.edu.ec Fuente de Internet | 3% |
| 3 | cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet | 2% |
| 4 | www.tandfonline.com Fuente de Internet | 2% |
| 5 | revistas.uclave.org Fuente de Internet | 2% |
| 6 | digitum.um.es Fuente de Internet | 1% |
| 7 | Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante | 1% |

| | | |
|----|---|------|
| 8 | Fuente de Internet | 1 % |
| 9 | repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet | 1 % |
| 10 | www.algatex.org Fuente de Internet | 1 % |
| 11 | repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet | 1 % |
| 12 | vdocuments.com.br Fuente de Internet | <1 % |
| 13 | hdl.handle.net Fuente de Internet | <1 % |
| 14 | 1library.co Fuente de Internet | <1 % |
| 15 | repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 16 | alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 17 | es.scribd.com Fuente de Internet | <1 % |
| 18 | Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante | <1 % |
| 19 | elgasnoticias.com Fuente de Internet | |

<1 %

20

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

21

repositorio.unu.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

23

repositorio.unaj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

24

repositorio.upec.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo