UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

“EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD Y ACEPTACIÓN SENSORIAL DE GOMITAS DE GELATINA ADICIONADAS CON PIGMENTOS VEGETALES OBTENIDOS DE DIFERENTES FUENTES”

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADO EN BIOTECNOLOGÍA

PRESENTA

MIRIAM PACHECO PÉREZ

ASESORA

DRA. MA. DEL CARMEN HERNÁNDEZ JAIMES

CO-ASESOR

DRA. LETICIA BUENDÍA GONZÁLEZ

NOVIEMBRE 2026

Contenido

Dedicatoria ¡Error! Marcador no definido.

Agradecimientos ¡Error! Marcador no definido.

Abreviaturas 7

Resumen 7

Introducción 8

Capítulo 1. Marco Teórico 10

1.1 Alimentos funcionales 10

1.2 Confitería 11

1.3 Gomitas 11

1.4. Principales ingredientes de las gomitas y su funcionalidad 12

1.4.1 Grenetina 12

1.4.2Azúcar 12

1.4.3 Conservadores 13

1.4.4 Colorantes 13

1.5 Conservadores 13

1.5.1 Clasificación 13

1.5.2 Benzoato de Sodio 14

1.5.3 Sorbato de potasio 15

1.6 Compuestos activos 15

1.6.1 Clasificación 15

1.7 Vitamina C 16

1.7.1 Características 16

1.7.2 Beneficios a la salud 16

1.7.3 Fuentes de Vitamina C 17

1.7.4 Índice Diario Recomendado 17

1.8 Colorantes 18

1.8.1 Clasificación 18
1.8.1.1 Clasificación de los colorantes 18
1.8.1.2 Colorantes naturales 19
1.8.1.2 Colorantes sintéticos 19
1.8.1.3 Colorantes vegetales 20
1.8.1.3.1 Beneficios 20
1.8.1.3.2 Clorofila 21
1.8.1.3.3 Betalainas 22
1.8.1.3.4 Antocianinas 23
1.8.1.3.5 Carotenoides 24
***1.9 Spinacia oleracea* 26**
1.9.1 Origen y distribución 26
1.9.2 Características botánicas 27
1.9.2.1 Taxonomía 27
1.9.2.2 Morfología 27
1.9.3 Características fisicoquímicas 27
1.9.4 Composición nutricional 27
1.9.5 Beneficios a la salud 27
1.10 *Beta vulgaris* 28
1.10.1 Origen y distribución 28
1.10.2 Características botánicas 28
1.10.2.1 Taxonomía 28
10.2.2 Morfología 29
1.9.3 Características fisicoquímicas 29
1.9.4 Composición nutricional 29
1.9.5 Beneficios a la salud 29
***1.11 Clitoria Ternatea* 30**
1.11.1 Origen y distribución 30
1.11.2 Características botánicas 30
1.11.2.1 Taxonomía 30

1.11.2.2 Morfología 30
1.11.4 Composición nutricional 31
1.11.5 Beneficios a la salud 31
1.12 Daucus carota **32**
1.12.1 Origen y distribución 32
1.12.2Características botánicas 32
1.12.2.1 Taxonomía 32
1.12.2.2 Morfología 32
1.12.3 Características fisicoquímicas 33
1.12.4 Composición nutricional 33
1.12.5 Beneficios a la salud 33
1.13 Ananas comosus **33**
1.13.1 Origen y distribución 33
1.13.2 Características botánicas 34
1.13.2.1 Taxonomía 34
1.13.2.2 Morfología 34
1.13.3 Características fisicoquímicas 34
1.13.4 Composición nutricional 34
1.13.5 Beneficios a la salud 35
Capítulo 2. Justificación ***35***
Capítulo 3. Hipótesis ***36***
Capítulo 4. Objetivos ***36***
4.1Objetivo general **36**
4.2Objetivos particulares **36**
Capítulo 5. Materiales ***37***
5.1 Materiales de laboratorio **37**
5.2 Material vegetal **37**
Capítulo 6. Metodología ***37***

6.1 Caracterización fitoquímica de los extractos **37**
6.1.1 Cuantificación de clorofila 37
6.1.2Cuantificación de betalainas 38
6.1.3 Cuantificación de antocianinas 38
6.1.4 Cuantificación de carotenoides en *Daucus carota* 39
6.1.5 Cuantificación de carotenoides en *Anana comosus* 40
6.1.6 Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH 40
6.1.6.1 Preparación de muestras 40
6.1.6.2 Cuantificación por DPPH 41
6.2 Cuantificación de grados brix de los extractos **41**
6.3 Extracción de pigmentos **42**
6.3.1 Spinacia oleracea 42
6.3.2 Beta vulgaris 42
6.3.3 Clitoria Ternatea 42
6.3.4 Daucus carota 42
6.3.5 Ananas comosus 42
6.4 Formulación de las gomitas **43**
6.5 Elaboración de gomitas **43**
6.6 Caracterización de gomitas **43**
6.6.1 Medición de pH 43
6.6.2 Medición de grados brix 44
6.6.3 Medición de porcentaje de humedad 44
6.6.4 Medición de tamaño y peso 45
6.6.5 Medición de color 45
6.6.6 Medición de textura 45
6.6.7 Vida útil por estabilidad de color y contaminación microbiana 45
6.6.8 Prueba de hedónica 46
6.6.9 Descripción de la información nutrimental **46**
Capítulo 7. Resultados y Discusión ***46***

7.1 Caracterización fitoquímica **46**
7.1.1 Cuantificación de clorofila en *Spinacia oleracea* 46
7.1.2 Cuantificación de betalainas en *Beta vulgaris* 47
7.1.3 Cuantificación de antocianinas en *Clitoria Ternatea* 48
7.1.4 Cuantificación de carotenoides en *Daucus carota* 49
7.1.5 Cuantificación de carotenoides en *Anana comosus* 49
7.1.5 Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH 50
7.1.5.1 Spinacia oleracea 50
7.1.5.2 Beta vulgaris 51
7.1.5.3 Clitoria Ternatea 51
7.1.5.4 Daucus carota 51
7.1.5.5 Anana comosus 51
7.2 Cuantificación de grados brix de los extractos **52**
7.3. Caracterización de las gomitas **54**
7.3.1. pH, ºbrix y porcentaje de humedad 54
7.3.2. Tamaño y peso 57
7.3.3. Color 60
7.3.4. Textura 64
7.3.5. Vida en anaquel por contaminación microbiana 68
7.3.8. Prueba de hedónica 71
7.4. Descripción de la información nutrimental **75**
Capítulo 8. Conclusiones ***78***
Capítulo 9. Perspectivas ***78***
Capítulo 10. Bibliografía ***79***
Capítulo 11. Anexo ***93***

Abreviaturas

Tabla 1. Abreviaturas de cada tratamiento

Color	Código Color	Fuente	Código Fuente	Condición de Luz	Código Condición de Luz	Tratamiento
Verde	VE	Naturales (elaboradas en el laboratorio)	N	Oscuridad	O	VENO
	VE		N	Luz	L	VENL
Rojo	RO		N	Oscuridad	O	RONO
	RO		N	Luz	L	RONL
Azul	AZ		N	Oscuridad	O	AZNO
	AZ		N	Luz	L	AZNL
Naranja	NA		N	Oscuridad	O	NANO
	NA		N	Luz	L	NANL
Amarillo	AM		N	Oscuridad	O	AMNO
	AM		N	Luz	L	AMNL
Verde	VE	Comerciales	C	Oscuridad	O	VECO
	VE		C	Luz	L	VECL
Rojo	RO		C	Oscuridad	O	ROCO
	RO		C	Luz	L	ROCL
Azul	AZ		C	Oscuridad	O	AZCO
	AZ		C	Luz	L	AZCL
Naranja	NA		C	Oscuridad	O	NACO
	NA		C	Luz	L	NACL
Amarillo	AM		C	Oscuridad	O	AMCO
	AM		C	Luz	L	AMCL

Resumen

El presente trabajo evaluó la estabilidad y aceptación sensorial de gomitas de gelatina elaboradas con pigmentos vegetales obtenidos de *Spinacia oleracea*, *Beta vulgaris*, *Clitoria ternatea*, *Daucus carota* y *Ananas comosus*, como fuentes de clorofilas, betalainas, antocianinas y carotenoides, respectivamente. Los extractos fueron caracterizados mediante la cuantificación de sus pigmentos predominantes, sólidos solubles totales y capacidad antioxidante por DPPH. Las gomitas experimentales se compararon con productos comerciales de colores equivalentes mediante pH, °Brix, humedad, cambios de peso y tamaño, color CIELAB, textura, estabilidad visual, presencia macroscópica de contaminación microbiana durante 30 días y evaluación hedónica. La capacidad antioxidante de los extractos varió entre 16.15 y 84.57 % de inhibición de DPPH, con el mayor valor para C. ternatea. Durante el

almacenamiento, las formulaciones naturales presentaron, en general, mayores cambios cromáticos que las comerciales; la gomita azul con *C. ternatea* mostró elevada estabilidad de color, mientras que la amarilla con *A. comosus* presentó los cambios más pronunciados. No se observó crecimiento microbiano macroscópico durante el periodo evaluado. En la prueba sensorial, las gomitas comerciales mostraron mayor aceptación general, principalmente por diferencias en sabor y olor, aunque algunas formulaciones naturales alcanzaron valoraciones de color comparables con las comerciales. En conjunto, los resultados muestran que los pigmentos vegetales tienen potencial como colorantes para gomitas, aunque su aplicación requiere considerar la estabilidad específica de cada pigmento y optimizar las características sensoriales de la formulación.

Palabras clave: pigmentos vegetales; gomitas de gelatina; colorantes naturales; estabilidad; aceptación sensorial; clorofilas; betalainas; antocianinas; carotenoides.

Introducción

El color constituye uno de los primeros atributos sensoriales percibidos por el consumidor y desempeña un papel importante en la identificación, expectativa y aceptación de los alimentos. En productos procesados, los colorantes se utilizan para restituir o intensificar tonalidades, uniformar la apariencia y aumentar el atractivo visual, aspectos particularmente relevantes en productos de confitería como las gomitas. Estas matrices gelificadas, además de su amplia aceptación, ofrecen posibilidades para incorporar ingredientes naturales y compuestos bioactivos, lo que ha favorecido el desarrollo de formulaciones con frutas, extractos vegetales y antioxidantes (Spence, 2015; Teixeira-Lemos et al., 2021; Roudbari et al., 2024).

Los colorantes sintéticos se han empleado ampliamente por su intensidad, estabilidad y facilidad de aplicación. Sin embargo, el interés por productos elaborados con ingredientes de origen natural ha impulsado la búsqueda de alternativas vegetales. Entre los pigmentos de mayor interés alimentario se encuentran las clorofilas, betalainas, antocianinas y carotenoides, que además de aportar color pueden estar acompañados de compuestos con actividad antioxidante y otras propiedades de interés. Debido a sus diferencias estructurales, cada grupo presenta características cromáticas y de estabilidad particulares (Vinha et al., 2018; Rodríguez-Mena et al., 2023; Singh et al., 2023).

Las clorofilas, presentes en vegetales verdes como *Spinacia oleracea*, son sensibles principalmente a condiciones ácidas, temperatura, oxígeno y luz; las betalainas de *Beta vulgaris*

proporcionan tonalidades rojas y amarillas, aunque su estabilidad también depende de las condiciones ambientales; y las antocianinas de *Clitoria ternatea* pueden generar tonalidades azules intensas cuyo comportamiento está estrechamente relacionado con el pH. Por su parte, los carotenoides, presentes en *Daucus carota* y *Ananas comosus*, originan colores amarillos y anaranjados y algunos poseen actividad provitamina A, pero pueden sufrir oxidación e isomerización durante el procesamiento y almacenamiento (Viera et al., 2019; Carreón-Hidalgo et al., 2022; Vidana Gamage et al., 2021; Mandrich et al., 2023).

A pesar de su potencial, una de las principales limitaciones para la incorporación de pigmentos naturales en alimentos es su menor estabilidad frente a factores como pH, temperatura, luz, oxígeno, humedad e interacciones con otros componentes de la matriz. Estas condiciones pueden provocar degradación y cambios de color que afectan la apariencia y, por consiguiente, la vida útil y aceptación del producto. Por ello, la aplicación de pigmentos naturales requiere evaluar su comportamiento directamente en la matriz alimentaria y durante el almacenamiento, ya que la estabilidad observada en un extracto puede modificarse después de su incorporación al alimento (Ghosh et al., 2022; Wijesekara & Xu, 2024).

En las gomitas, la estabilidad del producto tampoco depende únicamente del color. El contenido de humedad y azúcares, la acidez y la estructura del gel influyen en propiedades como peso, tamaño y textura durante el almacenamiento. Asimismo, la viabilidad de una formulación debe considerar la aceptación sensorial, debido a que el consumidor integra el color con atributos como sabor, olor, textura y apariencia. En consecuencia, la evaluación conjunta de parámetros fisicoquímicos, cromáticos, texturales y sensoriales permite establecer con mayor precisión el potencial de los pigmentos vegetales como sustitutos de colorantes sintéticos (Ergun et al., 2010; Tireki et al., 2021; Gunes et al., 2022).

En este contexto, el presente trabajo evaluó pigmentos obtenidos de *Spinacia oleracea, Beta vulgaris, Clitoria ternatea, Daucus carota* y *Ananas comosus* e incorporados en gomitas de gelatina. Los extractos fueron caracterizados de acuerdo con sus pigmentos predominantes, sólidos solubles totales y capacidad antioxidante; posteriormente, las gomitas elaboradas se compararon con productos comerciales de colores equivalentes mediante parámetros fisicoquímicos, cambios de peso y tamaño, color CIELAB, textura, estabilidad visual, presencia macroscópica de contaminación microbiana y aceptación sensorial. Con ello se buscó determinar el potencial de estas fuentes vegetales como colorantes naturales en una matriz de

confitería, considerando tanto su estabilidad durante el almacenamiento como su aceptación por los consumidores.

Capítulo 1. Marco Teórico

1.1 Alimentos funcionales

El término “alimento funcional” fue acuñado en Japón en el año 1980 (Carapia-Vega, 2024), de acuerdo con el IFIC (Consejo Internacional de Información sobre Alimentos) es “todo aquel alimento semejante en apariencia física al alimento convencional, consumido como parte de la dieta diaria, pero capaz de producir demostrados efectos metabólicos o fisiológicos, útiles en el mantenimiento de una buena salud física y mental, en la reducción del riesgo de enfermedades crónico-degenerativas, además de sus funciones nutricionales básicas”. Según el proyecto FUFOSE de la Unión Europea “alimento funcional puede ser un alimento natural, un alimento al que se ha añadido un componente, o un alimento al que se le ha quitado un componente mediante medios tecnológicos o biológicos. También puede tratarse de un alimento en el que se ha modificado la naturaleza de uno o más de sus componentes, o en el que se ha modificado la biodisponibilidad de uno o más de sus componentes, o cualquier combinación de estas posibilidades”. Dicho lo anterior, un alimento funcional es todo aquel alimento natural o procesado de consumo ordinario en la dieta diaria que además de su contenido nutritivo, contiene ingredientes con una función fisiológica especifica en el organismo, favoreciendo un estado óptimo físico y mental (Carapia-Vega, et al., 2024; Cruzado, & Cedrón, 2012; Luengo, 2007; Rico & Martín-Diana, 2023; Sosa, et al., 2020).

Entre los alimentos funcionales, destacan aquellos que contienen determinados minerales, vitaminas, ácidos grasos o fibra alimenticia, los alimentos a los que se han añadido sustancias biológicamente activas, como los fitoquímicos u otros antioxidantes, y los probióticos, que tienen cultivos vivos de microorganismos beneficiosos (Cruzado, & Cedrón, 2012; Sosa, et al., 2020). Debido a la creciente demanda de alimentos funcionales, existe la necesidad de desarrollar nuevas formulaciones para diversos productos alimenticios, incluidos los de confitería, con mayor valor nutricional (Ishchenko y Złotek, 2025), que además de disfrutarlos ofrezcan beneficios para el organismo, ya sea como fuente de vitaminas, antioxidantes, fibra, probióticos, entre otros (Aguilar, et al., 2018).

1.2 Confitería

Se incluyen aquellos productos que están elaborados principalmente con sacarosa, glucosa, fructosa, lactosa o combinaciones de estos azúcares y se agrupan en: caramelo duro, caramelo suave, gomas y jaleas, rellenos, malvaviscos, tabletas, pastillas, gomas de mascar y chocolate (Jackson, 1990).

Dentro de estos productos, las gomitas ocupan el segundo lugar en ventas debido a la gran cantidad de texturas, sabores y formas distintas que poseen, además de su facilidad de consumo (Periche, et al., 2014; Gan et al., 2022; Gunes et al., 2022), destacándose como uno de los más exitosos en la industria alimentaria, con un rendimiento global notable de 23.93 millones de dólares en 2023 (Grand View Research, 2024).

1.3 Gomitas

Son confites, golosinas o caramelos masticables blandos, de consistencia gelatinosa elaborados a partir de glucosa, sacarosa, saborizantes y colorantes artificiales o naturales además contienen un agente gelificante que en combinación con los demás ingredientes proporcionan una textura elástica y gomosa (Madrigal et al., 2020; Luna, 2024), que de acuerdo con Porras (2017), en las gomitas, la textura elástica es una característica fundamental que les permite recuperar su forma original después de ser sometidas a una fuerza de deformación, además deben ser cristalinas y estables, manteniendo un equilibrio entre la humedad del producto y el ambiente, dependiendo esto del medio en el que se conserven (Madrigal et al., 2020; Luna, 2024). Sin embargo, las gomitas convencionales tienen un mínimo valor nutricional y alto contenido calórico debido a su elevada composición de azucares (Teixeira-Lemos et al., 2021), en una porción de 100g, los carbohidratos oscilan entre 76.6 y 98.9 g, las proteínas varían entre 0 y 5.3 g, mientras que los lípidos se presentan en cantidades mínimas, con valores de 0 a 4 g, lo que sugiere que las gomitas no aportan una cantidad significativa de estos macronutrientes y el contenido de fibra dietética es prácticamente inexistente, con valor de 0.1 g (Fragoso et al., 2024), todo lo anterior contribuye a un aumento en el riesgo de padecer enfermedades crónicas. De ahí que las tendencias actuales se enfoquen en la reducción de azúcares e implementación de compuestos bioactivos (Periche et al., 2014; Čižauskaite et al., 2019; Moghaddas et al., 2020; Roudbari et al., 2024)

1.4. Principales ingredientes de las gomitas y su funcionalidad

1.4.1 Grenetina

Es una proteína de color amarillo pálido que se utiliza como agente gelificante en la elaboración de gomitas, al entrar en contacto con un líquido lo absorbe y se hincha, al calentar esta mezcla forma un sistema coloidal fluido, este proceso se produce gracias a la formación de una estructura tridimensional que atrapa y retiene el líquido, en donde a medida que se enfría el sistema, la viscosidad del fluido aumenta y acaba solidificando, formando un gel o sistema coloidal de aspecto sólido, tomando así la forma del recipiente o molde en el que se encuentre (Vasquez y Vera, 2025; Madrigal et al., 2020).

Se obtiene principalmente de la hidrólisis parcial irreversible del colágeno, presente en pieles de cerdo (46% de la producción), pieles de bovino (29.4%) y huesos (23.1%) (Alipal et al., 2021). El colágeno fortalece los huesos, cabello y uñas además aporta elasticidad a la piel (Madrigal et al., 2020). Adicionalmente, la grenetina está exenta de grasa, y azúcares. (Madrigal et al., 2020).

De acuerdo con Cabrera y Uchofen, (2023) la grenetina es incolora, insípida y traslucida, además de ser termorreversible, lo que le permite volver a fundirse una vez que ha solidificado. Por lo que es el hidrocoloide más utilizado en la elaboración de gomitas (Hartel, 2018).

1.4.2Azúcar

Azúcar de mesa o sacarosa (β-D-fructofuranosil-α-D-glucopiranosa), es un disacárido formado por la unión de una molécula de glucosa y una de fructosa. Dentro de sus principales características, es que su fructosa está como furanosa tensionada, haciendo que el enlace glucosídico sea muy lábil al calor y a los ácidos, por lo que puede hidrolizarse con facilidad para producir una mezcla altamente reductora de sus dos monosacáridos; de hecho, esta unión es de las uniones más sensibles entre todos los disacáridos, además es muy hidrosoluble, tiene una gran capacidad de hidratación y es menos higroscópica que la fructosa (Badui, 2020).

Se presenta como un polvo cristalino blanco o ligeramente amarillento, con un dulzor característico. Se encuentra en plantas, extrayéndose principalmente de la caña de azúcar y remolacha azucarera (Labropoulos y Anestis, 2012). El índice de dulzor (valor de dulzor) de la sacarosa se considera 100 y el valor calórico de la sacarosa es 4 cal / gramo.

Existe una relación entre la actividad del agua (Aw) y la concentración de sacarosa. La Aw del agua se representa como 1.0 y el incremento de la sacarosa disminuye esta actividad. Por lo tanto, es un depresor de la actividad del agua y puede retardar el deterioro microbiano en los alimentos. Además de aportar dulzor y humectación, la sacarosa también ayuda en la gelificación (Mathlouthi, 2001).

1.4.3 Conservadores

Son aditivos alimentarios añadidos a los alimentos con el propósito de prolongar su vida útil, manteniendo su calidad y seguridad al detener procesos como la fermentación, acidificación, descomposición y contaminación microbiana (Zafra, 2020; Ayala, 2024).

1.4.4 Colorantes

Son aditivos, que dan o devuelven color a los alimentos cuando este se ve afectado por el proceso de producción, almacenamiento, empaque o distribución (Lim, 2019) y se agregan al alimento para mejorar la presentación del producto (Wrolstad & Culver, 2012). La impresión de color representa entre el 60 y el 90% de la elección final de aceptación/rechazo realizado por los consumidores, (Spence, et al., 2015). Lo que los vuelve de suma importancia en la industria alimentaria.

1.5 Conservadores

Son un grupo de sustancias o mezcla de sustancias que previenen, retardan o inhiben cualquier alteración causada por microorganismos (Badui, 2020).

1.5.1 Clasificación

Según Medhi, (2022) los conservantes se dividen en dos clases principales:

- Clase I, que incluye conservantes naturales como sal, azúcar, vinagre, almíbar, especias, miel y aceite comestible.
- Clase II, que comprende conservantes químicos o sintéticos como benzoatos, sorbatos, nitritos y nitratos de sodio o potasio.

Tanto los conservadores naturales como sintéticos se clasifican dependiendo de su función tecnológica (Ayala, 2024):

- Antimicrobianos: estos conservantes destruyen o retrasan el crecimiento de bacterias, levaduras y mohos. Como los nitritos y nitratos, el dióxido de azufre, los benzoatos y sorbatos.
- Antioxidantes: retardan o detienen la degradación de grasas y aceites que ocurre en presencia de oxígeno y causan rancidez. Dentro de estos, hay 3 clases:

1.5.2 Benzoato de Sodio

Con código europeo: E-211. Es un conservante antimicrobiano, una sal del ácido benzoico que se convierte rápidamente en ese ácido cuando se expone al agua. Se encuentra con la fórmula química,$C_7H_5NaO_2$. Es uno de los conservadores más usados en la industria y fue el primero en ser aprobado por la FDA. Es una sal blanca, inodora en estado cristalino, se puede encontrar en forma de polvo o grano (Ayala, 2024; Gironza, 2025). Como sucede con otros conservadores, la forma no disociada del ácido es la que presenta actividad antimicrobiana por lo que, el pH del alimento en el que se utilizará definirá su efectividad, de modo que la mayor parte de su actividad se produce a un pH bajo (Badui, 2020).

Es un conservador barato, útil contra levaduras, bacterias y mohos (con menor eficacia). Se utiliza principalmente en refrescos, jugos, repostería, confitería, conservas, mermeladas, aderezos, salsas, encurtidos y algunos productos lácteos como la mantequilla y margarina (Ayala, 2024; Gironza, 2025; Badillo, 2008). Además, es estable ante cambios de temperatura, pH y luz, por lo que es utilizado en diversos alimentos. El benzoato también se emplea en mezclas con sorbatos para potenciar su acción antimicrobiana (Badui, 2020).

Tanto el ácido benzoico como sus sales no son toxicas mientras se consuman en las concentraciones permitidas (0.05-0.1% en peso), ya que se eliminarán, a través de la orina como acido hipúrico (Badillo, 2008; Badui, 2020). En México el “ACUERDO por el que se determinan los aditivos y coadyuvantes en alimentos, bebidas y suplementos alimenticios, su uso y disposiciones sanitarias, cuarta Sección” publicado en el Diario Oficial de la Federación, en el 2006, establece el límite máximo que podrán contener alimentos como las gomitas, siendo este de 1000mg/kg solo o combinado con otros conservadores, solo cuando se consume de manera excesiva y en casos extremos puede ocasionar convulsiones del tipo epilépticas (Badui, 2020).

1.5.3 Sorbato de potasio

Con código europeo E-202. Es un conservante antimicrobiano utilizado para prevenir el crecimiento de hongos y levaduras. Es la sal de potasio derivada del ácido sórbico, se obtiene a partir de síntesis química, mediante la neutralización del ácido sórbico con hidróxido de potasio (Ayala, 2024; Rodríguez, 2014).

Su fórmula química es $C_6H_7O_2K$. Es una sal blanca, inodora y muy soluble en agua que se puede encontrar en forma de cristales blancos, polvo o pellets. Así como el benzoato de sodio, este conservador funciona mejor en medios ácidos, con un pH inferior a 6.5, y en combinación con otros conservantes, como los benzoatos, que a diferencia de estos el sorbato de potasio es especialmente eficaz, contra hongos y moho, inhibiendo su metabolismo, impidiéndoles crecer y reproducirse (Ayala, 2024; (Badui, 2020; Castro, 2023).

Su uso en alimentos es diverso, por ejemplo, quesos, yogures, mermeladas, jugos, vinos, salsa de tomate, frutos secos, embutidos, confitería, etc. (Castro, 2023; Rodríguez, 2014). Por otro lado, este conservador no es toxico para el ser humano, debido a que se metaboliza como cualquier ácido graso, mediante reacciones de β-eliminación, no obstante, no se debe exceder el límite máximo permitido de 1000mg/kg solo o combinado con otros conservadores (Secretaría de Salud, México, 2006).

1.6 Compuestos activos

Existen diversas definiciones al respecto, según Biesalski, 2009, son “Componentes de los alimentos que influyen en la actividad celular y en los mecanismos fisiológicos y con efectos beneficiosos para la salud”, además estos compuestos, pueden ser esenciales (vitaminas y minerales) y no esenciales (fitoquímicos), que se encuentran en pequeñas cantidades en alimentos de origen vegetal y animal. Vioque y Millan, 2005, también mencionan que aunado al efecto beneficioso que tienen para el organismo, reducen el riesgo de padecer ciertas enfermedades.

1.6.1 Clasificación

En primer lugar, se clasifican como esenciales y no esenciales. En otra clasificación, se definen 3 grupos con base en su origen, los compuestos vegetales, donde entran los fenoles, terpenos, sustancias nitrogenadas y azufradas, en segundo lugar, están los de origen animal, como el

omega-3 y, finalmente los compuestos de origen microbiano, como los probióticos. Dentro de los compuestos bioactivos más comunes se encuentra la vitamina C, la cual es clasificada dentro de los esenciales y puede ser tanto de origen vegetal como animal (Batchu et al., 2013; Hasler y Brown 2009).

1.7 Vitamina C

1.7.1 Características

También conocida como ácido ascórbico, cevilámico o antiescorbútico, es un micronutriente esencial para el ser humano, dado que el organismo no tiene la capacidad de producirla; pertenece a las vitaminas hidrosolubles, por lo que tampoco puede ser almacenada en el organismo. Es de color blanco y termolábil. Es estable en forma seca, pero en disolución se oxida con gran facilidad y es especialmente sensible a aumentos de temperatura (González, 1997; Ruíz, 2017; Saul, 2014; Madrigal, 2020).

La vitamina C, es un derivado de la D-glucosa, tiene una estructura de cetona cíclica, contiendo un enol entre los carbonos 2 y 3 que la hace un agente ácido y altamente reductor, lo que ocasiona que se oxide con mucha facilidad (Mainani, 1993). Existen varias sustancias que presentan la actividad biológica de vitamina C, sin embargo, solo el ácido L-ascórbico y el ácido L-deshidroascórbico, presentan una importancia nutricional significativa (Badui, 2020).

1.7.2 Beneficios a la salud

La vitamina C provee de múltiples beneficios al ser humano, es necesaria para la síntesis de colágeno, la formación de huesos, dentina de los dientes, cartílago y paredes de los capilares sanguíneos. La síntesis de norepinefrina a partir de dopamina también requiere de esta vitamina. Es un potente antioxidante pues actúa como agente reductor donando electrones a radicales libres antes de que estos causen daño oxidativo a las células, aunado a lo anterior, la regeneración de la vitamina E después de actuar como antioxidante celular se ve favorecida por el ácido ascórbico. También ayuda con la absorción de hierro en el intestino lo que hace fundamental su consumo en poblaciones donde su alimentación es a base de granos y semillas. A nivel del sistema inmune, tiene gran relevancia pues a través de la actividad fagocitaria de los leucocitos, sistema reticuloendotelial, y formación de anticuerpos, contribuye a la defensa del organismo contra patógenos. Por otra parte, una ingesta correcta de esta vitamina fortalece y protege a los tejidos pulmonares de la toxicidad del dióxido de nitrógeno una sustancia liberada

de los automóviles y que irrita fuertemente las vías respiratorias, pudiendo desembocar en problemas más graves, como bronquitis (Azurdia, 2022; Sánchez, 2017; Madrigal, 2020; Vásquez 2025; Carr, 2017; Padayatty, 2003).

La deficiencia de esta vitamina produce debilitamiento del tejido conectivo lo que puede ocasionar lesiones bucales como gingivitis o aftas, lesiones en la piel como la aparición frecuente de hematomas, petequias y mala cicatrización de heridas, además de cansancio constante fatiga, dolores musculares y en articulaciones y escorbuto.

1.7.3 Fuentes de Vitamina C

La vitamina C se encuentra principalmente en vegetales frescos, mientras que, en los cereales, carnes y alimentos de origen animal, su contenido es mínimo, por lo que es indispensable su consumo, a partir de frutas y verduras para obtener la cantidad requerida (Badui, 2020).

Tabla 2. Fuentes de vitamina C

Fuente (porción)	Vitamina C (mg)	Fuente (porción)	Vitamina C (mg)
Camu-camu (100 g)	2780	Jugo	
Guayaba	273	Toronja (½ taza)	35
Melón (¼)	60	Naranja (½ taza)	50
Toronja	40	Uvas (½ taza)	120
Kiwi (1)	75	Vegetales	
Mango (1 taza, rodajas)	45	Brócoli (fresco, ½ taza)	158
Naranja (1)	70	Coliflor (cocida, ½ taza)	25
Papaya (1 taza, rodajas)	85	Repollo (cocido, ½ taza)	25
Fresa (1 taza)	95	Pimientón (cocido, ½ taza)	50
Mandarina (1)	25	Papa (1, cocida)	25
Mango	57	Tomate (crudo, ½ taza)	15

(Castillo-Velarde, 2019)

1.7.4 Índice Diario Recomendado

La cantidad de vitamina C diaria necesaria para satisfacer las necesidades de un adulto es de 60mg (Secretaría de Economía y Secretaría de Salud, 2010), sin embargo, la FDA menciona un consumo diario de 75mg para mujeres y 90mg para hombres, mientras que si la mujer se encuentra embaraza será de 85mg por día, en caso de que la mujer se encuentre lactando el consumo deberá ser de 120mg al día. En niños la cantidad requerida, varía según la edad, de 0 a 6 meses 40 mg por día, de 7 a 12 meses 50 mg diarios, de 1 a 3 años, 15mg por día (Secretaría de Salud, 2012), de 4 a 8 años el consumo diario será de 25mg y de 9 a 13 años de

45mg por día, no obstante, en la adolescencia el consumo aumentará de 65mg en féminas y a 75mg en varones, en caso de ser una persona fumadora se añadirán 35mg al consumo necesario según el sexo (Institute of Medicine, 2000).

1.8 Colorantes

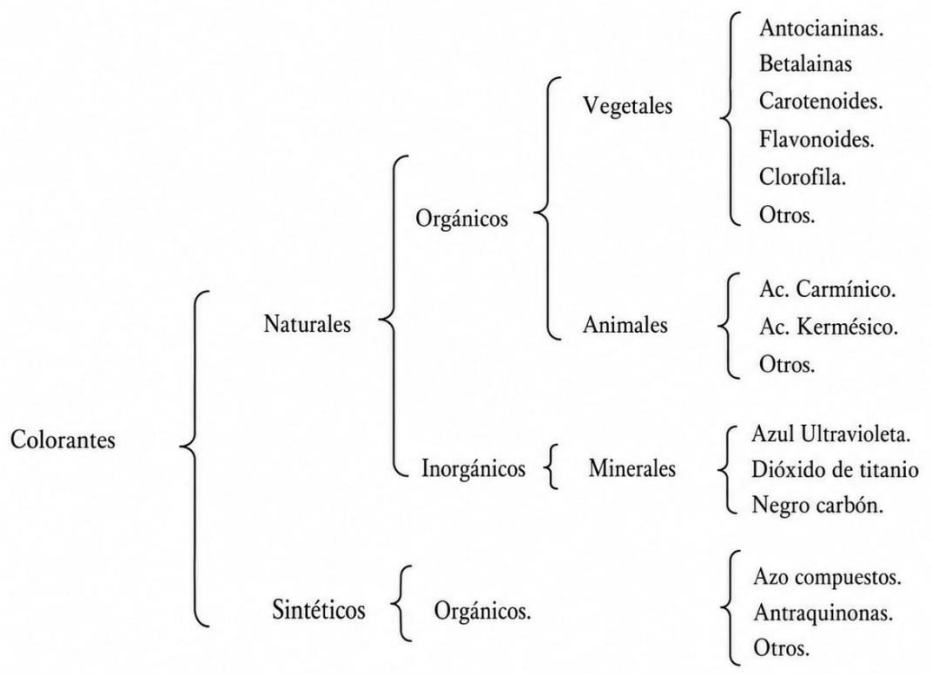
Para que un colorante sea considerado como tal, "además de poseer color (o desarrollarlo a través de una reacción química) debe poder transferirlo al medio en el cual se aplica" (Marcano, 2018).

En la industria alimentaria, particularmente el color ejerce un efecto decisivo en el consumidor al momento de la compra e ingesta, por lo que contribuye al éxito económico del producto.

1.8.1 Clasificación

Existen dos grandes grupos de clasificación: los colorantes naturales también llamados biocolorantes, que son compuestos químicos obtenidos a partir de fuentes naturales, como vegetales, animales y minerales, y los colorantes sintéticos, que son obtenidos a partir de síntesis química. Desde el punto de vista químico, pueden ser orgánicos o inorgánicos; mientras que, en relación con la solubilidad, se agrupan en liposolubles, hidrosolubles o insolubles, siendo estos últimos conocidos como lacas (Ramírez-Navas, 2025).

1.8.1.1 Clasificación de los colorantes



García (1993)

1.8.1.2 Colorantes naturales

Son sustancias químicas ya sean orgánicas o inorgánicas que pueden ser derivadas de fuentes vegetales (semillas, frutas y hortalizas), insectos (cochinilla y laca), animales (moluscos, caracoles murex, sepias y mariscos), hongos (Blakeslea trispora y Monascus spp.), cianobacterias (Arthrospira spp.), algas o incluso minerales (como arcilla, ocre y malaquita) (Vinha et al., 2018; Lara,2024).

En cuanto a lo colorantes naturales orgánicos de origen vegetal, se dividen en 5 grandes grupos, las antocianinas, betalainas, carotenoides, flavonoides y clorofila (García, 1993) y no solo aportan color, también confieren de sustancias bioactivas importantes a los alimentos en los cuales se aplican. Sin embargo, su aplicación a gran escala está limitada porque carecen de la misma estabilidad que los colorantes artificiales, además el proceso de extracción es más complicado y costoso, y va a depender en gran medida de la fuente que se esté utilizando para su extracción, lo que también determinará el rendimiento obtenido (Ramírez-Navas, 2025).

1.8.1.2 Colorantes sintéticos

Los colorantes sintéticos, son los obtenidos a partir de síntesis química (Viera et al., 2019). Los colorantes sintéticos son los más utilizados en la industria, debido a su costo económico, fácil aplicación y estabilidad. Sin embargo, actualmente estos se encuentran en controversia, debido a su seguridad alimentaria.

1.8.1.2.1 Problemática de los colorantes sintéticos

Tradicionalmente, la industria recurre a los colorantes sintéticos porque aportan una alta intensidad cromática, son de bajo costo, y tienen una buena estabilidad, especialmente térmica y resisten a condiciones extremas durante los procesos de fabricación del alimento, además de su fácil aplicación en un gran número de matrices alimentarias. No obstante, hay una creciente preocupación con relación a los efectos adversos que estos pueden causar en la salud humana, aunado a la tendencia de buscar alimentos más saludables, orgánicos, menos procesados y más naturales (Ramírez-Navas, 2025). Esto ha llevado a la modificación de las cantidades en cuanto a la ingesta diaria aceptable, prohibiciones o restricciones de uso en alimentos. Estas preocupaciones surgen de organizaciones como la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (AESA), quien afirman que el uso excesivo de los colorantes artificiales, puede tener efectos adversos en el comportamiento de los niños, así como en su sistema respiratorio y desarrollo de alergias por dosis muy altas, asegurando que actualmente, existe la probabilidad de que los

niños los consuman en exceso debido a la gran cantidad de alimentos que los contienen, lo que resultaría en una ingesta mayor a la recomendada (Ortiz, 2021). Adicionalmente, en un estudio realizado por Batada & Jacobson (2016), se encontró que el mayor porcentaje de productos con AFC (Artificial Food Colors) son los dulces (96.3%), seguidos por los refrigerios con sabores frutales (94%) y mezclas de bebidas / polvos (89.7%), lo que genera mayor preocupación por los efectos que tienen los colorantes artificiales en la salud, principalmente en niños (Ortiz, 2021). De igual forma de acuerdo con el estudio realizado por Regal et. al. (2018), quienes relacionan el consumo de los colorantes artificiales con el envejecimiento celular debido al estrés oxidativo, provocado por los radicales libres y especies reactivas del oxígeno en estos aditivos, los cuales, pueden alterar biomoléculas como lípidos, proteínas y ADN, llevando a posibles enfermedades cardiovasculares, neurológicas y/o neoplásicas (Ortiz, 2021). En particular, la tartrazina (Amarillo Nº 5) y el Amarillo Nº 6 han sido asociados con hiperactividad infantil y con respuestas inmunológicas adversas, por lo que se ha exigido su etiquetado obligatorio en la Unión Europea, por otra parte, la eritrosina (Rojo N° 3), en estudios experimentales ha demostrado ser un potencial genotóxico y causante de alteraciones en rutas de señalización neuronal (Ramírez-Navas, 2025). Es por todo lo anterior que los colorantes naturales han tomado gran relevancia, pues buscan ser una alternativa a los sintéticos.

1.8.1.3 Colorantes vegetales

Recientemente se ha visto un aumento en su uso, debido a nuevas técnicas de extracción más eficientes y a nivel mundial gozan de mayor aceptación que los sintéticos, sin embargo, el reto sigue siendo la estabilidad de color y la baja gama de tonalidades que aportan en contra parte con los sintéticos, además cada tipo de material colorante tiene sus propias ventajas y desventajas, no obstante es importante recordar que aunado a su capacidad como colorante, tienen potencial nutracéutico (Badui, 2020).

1.8.1.3.1 Beneficios

Estos compuestos no solo tiñen, sino que también contienen compuestos bioactivos (Campo-Banguero, 2021). Su uso reduce la posible toxicidad y las características alergénicas asociadas a los colorantes sintéticos (Valencia, 2023). Además, puede aumentar la aceptación de los alimentos, ya que en los últimos años los consumidores prefieren productos alimenticios más saludables y con menos químicos (Mazza y Miniati, 2018; Wallace & Giusti,2019). La mayoría

de estos pigmentos naturales también poseen propiedades antioxidantes, que protegerán al organismo de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas, diabetes y cáncer (Damiani et al., 2008). Yaportan sustancias antiinflamatorias, antimicrobianas, vitaminas y minerales (Lara, et al., 2024).

1.8.1.3.2 Clorofila

Se encuentra en todas las plantas que realizan fotosíntesis, es la responsable de transformar la energía lumínica en química, para sintetizar los compuestos orgánicos que necesita la planta y a este compuesto se le debe el color verde de las hojas. La estructura de la molécula de clorofila consiste en una molécula de magnesio coordinada en el centro del tetrapirrol cíclico. Existen varios tipos de clorofilas, pero los principales son la *a* (azul-verde) y *b* (amarillo-verde) que se encuentran en el tejido fotosintético en una relación 3:1 (*a:b*), tanto la clorofila *a* como la *b* difieren en la molécula portadora en la posición 7. La clorofila a lleva CH_3, mientras que la clorofila *b* contiene un grupo CHO. Desde el punto de vista de la tecnología en alimentos, el interés de las clorofilas se centra en lo que ocurre postcosecha, pues es en este proceso e incluso durante el traslado y almacenamiento del material vegetal, donde se degrada la clorofila, por lo que se utiliza poco como aditivo. La alteración más común es la feofitinización, es decir, el reemplazo del Mg por H y la formación de feofitinas a y b, que darán color café y olivo respectivamente, este proceso también se favorece con la disminución del pH, la elevación de la temperatura y la exposición a la luz. Las clorofilas son compuestos insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos como el alcohol etílico, la acetona, el tetracloruro de carbono y en éter de petróleo (Singh, et al., 2023; Cubillos y Pava, 2021; Pichardo, 2019; Badui, 2020).

El uso de la clorofila es variado y puede ser desde medicinal hasta como ingrediente en la industria alimentaria, posee propiedades antioxidantes y ayuda a prevenir el cáncer, la diabetes, las cataratas y las enfermedades cardíacas (Murcia et al., 2020). Según lo mencionan Pérez-Galvez et al., 2017, en los últimos años, se ha demostrado los importantes beneficios para la salud asociados al consumo de clorofila, incluyendo efectos antimutagénicos y antigenotóxicos. Además, de ser estudiada por su potencial para prevenir y tratar afecciones específicas, como el cáncer y los trastornos dermatológicos, aunado a que ayuda a oxigenar la sangre, desintoxicar el organismo, desintegrar cálculos y es efectivo desinflamatorio, también se recomienda para reducir los altos niveles de colesterol y triglicéridos (Ondarza, 2006), no obstante también tiene propiedades antiagregantes y vasoconstrictoras plaquetarias y debido a

su potencial antioxidante, mantiene la integridad de tejidos y retrasa el envejecimiento (Ramírez Mérida et al., 2014).

Y recientemente en la industria de los alimentos se ha utilizado como agente de color y sabor en caramelos, galletas, gomas de mascar entre otros (Ruiz, et al., 2019).

1.8.1.3.3 Betalainas

Son compuestos nitrogenados, en este grupo se encuentran al menos 70 pigmentos hidrosolubles, con estructura de glucósidos derivados de 1, 7-diazoheptametina que se dividen en 2 grandes grupos, las betacianinas (rojas) ,absorben luz a 537 nm, mientras que las betaxantinas (amarillas) a 480 nm, ambas contienen un ácido betalámico, pero se diferencian en que las betacianinas, unidas a este ácido tienen un ciclo-DOPA, derivado de la L-DOPA (L-3-4-dihidroxifenalanina) encargado de la producción de pigmentos rojo-violeta, mientras que la betaxantinas unidas al ácido betalámico tienen un aminoácido o una amina. Así como los demás colorantes naturales, las betalainas están autorizadas por la FDA para su uso como aditivo y no necesita certificación, se comercializan en forma de polvo de betabel y dado que existen restricciones legales para el colorante rojo, la betalaina se ha visto como una alternativa, sin embargo, tiene limitaciones por su estabilidad debido a que el color se altera por varios factores entre ellos, el pH, en un pH < 3 el color cambia a violeta y la intensidad cae, mientras que con un pH>7 el color es azulado, siendo más intenso en un pH>9 , además también son sensibles a la temperatura, un aumento de ésta lleva a una reducción de color gradual, del rojo característico a un color marrón, la luz por su parte también interviene en la degradación de las betalainas, pero esta puede ser reducida con la adición de ácido ascórbico, el oxígeno también juega un papel crucial en la degradación, y más aún si el producto se encuentra almacenado por arriba de los 4ºC y en presencia de luz (Mancha, et al., 2019; Badui, 2020; Pichardo, 2019). Sin embargo, uno de los inconvenientes es que los concentrados de betabel impregnan un cierto sabor mohoso a los alimentos que los contienen, debido al sulfito de dimetilo (Marcano, 2018).

En los últimos años se han estudiado las propiedades de las betalainas entre las cuales destacan su actividad antioxidante (neutralización de radicales libres, inducción de mecanismos de defensa antioxidante como la inducción de enzimas antioxidantes y reducción del daño a ADN), antidiabética, antiinflamatoria y anticancerígena, antiproliferativas, y antimicrobianas

(Mancha, et al., 2019; de Mejia, et al., 2020; Rodríguez-Mena, et al., 2023; Hidalgo y Vásquez, 2023).

Las betalainas se utilizan principalmente en alimentos poco corrosivos, específicamente en productos lácteos como el yogur y helado, ya que son estables en un rango de pH de 3-7 además de sus usos en confitería (Singh, et al., 2023; Ghasempour, et al., 2020; Zin, et al., 2020).

1.8.1.3.4 Antocianinas

Son una subclase de los flavonoides, son compuestos vegetales no nitrogenados, son responsables de una gran gama de colores: rojo, anaranjado, azul y púrpura, principalmente en frutas y flores (Badui, 2020). Las antocianidinas (o agliconas) son la estructura base de las antocianinas, están compuestas por un anillo aromático [A], unido a un anillo heterocíclico [C] que contiene oxígeno, el cual está unido por un enlace carbono-carbono a un tercer anillo aromático [B] y cuando las antocianidinas se encuentran glucosiladas, es decir, unidas a una fracción de un carbohidrato a través de un enlace β-glucosídico, son llamadas antocianinas y es el catión flavilo quien causa la intensidad de su color (Pichardo, 2019). Se conocen aproximadamente 20 antocianidinas de las cuales las más destacadas son: pelargonidina, delfinidina, cianidina, petundina, peonidina y malvina, y cada una de estas puede interactuar con diferentes azúcares, que en orden de abundancia son: glucosa, ramnosa, galactosa, xilosa y arabinosa, generalmente los monosacáridos lo hacen en la posición 3, mientras que los disacáridos lo hacen en las posiciones “3 y 5”, o “3 y 7”, es común que la misma antocianidina interactúe con más de un carbohidrato, dando como resultado un aproximado de 300 antocianinas (Badui, 2020; Pichardo, 2019).

A pesar de que las antocianinas abundan en la naturaleza, su uso como colorante alimenticio, no se ha llevado a cabo debido a su poca estabilidad aunado al difícil proceso de purificación. Un factor de su inestabilidad es el pH, pues el núcleo de flavilo es deficiente en electrones, lo que lo hace muy reactivo, por lo tanto muy sensible a cambios de pH, pues al pH de la mayoría de los alimentos procesados estas pierden intensidad y aumenta la tonalidad azul, por otro lado, el ácido ascórbico decolora las antocianinas en presencia de cobre o hierro, debido a la formación de peróxido de hidrogeno, producto de la degradación del ácido ascórbico al reaccionar con el azúcar en la posición 3, incluso en un pH=2, de la misma manera si la temperatura no es la adecuada se presentarán cambios en su estructura molecular, como la

pérdida del glicósido, que causará una pérdida del color (Badui, 2020; Castañeda-Ovando, 2009; Marcano, 2018; Valencia, 2023).

Las antocianinas tienen actividades biológicas como antioxidantes, antiinflamatorias, actividad antimicrobiana (destruyendo la pared y membrana celular de bacterias Gram negativas e inhibiendo bacterias como *Salmonella* y *Escherichia coli*), mejora de la salud visual, neuroprotectoras (supresión de procesos neuroinflamatorios), y reducción de enfermedades coronarias (disminución de la presión sanguínea y los niveles de glucosa en sangre) (de Mejia, et al., 2020; Rodríguez-Mena, et al., 2023; Hidalgo y Vásquez, 2023). Además de su función como colorantes, las antocianinas han sido estudiadas por sus propiedades nutracéuticas, mostrando efectos preventivos contra el estrés oxidativo, enfermedades crónicas y cáncer (Alvarado Gómez et al., 2016; Arrazola et al., 2014). Por ejemplo, la cianidina 3-O-glucósido, una antocianina presente en muchas frutas, ha demostrado combatir la obesidad, tener efectos antiinflamatorios, antioxidantes y propiedades antitumorales (Albuquerque et al., 2021; Lara et al., 2024).

Estudios clínicos y experimentales recientes demuestran que las antocianinas pueden prolongar la esperanza de vida y ayudar a prevenir o aliviar diversas enfermedades relacionadas con la edad, incluidas las enfermedades neurodegenerativas, como el alzhéimer, párkinson, esclerosis lateral amiotrófica, los trastornos cardiovasculares, el síndrome metabólico, las enfermedades óseas como osteoartritis, osteoporosis, y el cáncer (Ma, et al., 2025).

Las antocianinas se utilizan para dar color a diversos alimentos, como jugos, postres, mermeladas, gelatina, los dulces, los rellenos de frutas y ciertos productos de confitería (Flores, et al., 2024; Orozco, 2025).

1.8.1.3.5 Carotenoides

Su principal función, es captar energía luminosa, para luego transferirla a las clorofilas para ser transformada durante la fotosíntesis. Son compuestos que otorgan color desde amarillo hasta rojo intenso, está presente en flores, verduras, frutas, semillas, plumas de aves, músculos de peces, crustáceos, algas, levaduras, bacterias e inclusive hojas cuando la clorofila se retira de estas, y la presencia en animales es mediante la ingestión ya que los animales por si solos no pueden sintetizar este compuesto (Badui, 2020; Toledo, 2015).

La estructura general de los carotenoides se caracteriza por ser una cadena larga de hidrocarburos, con múltiples enlaces dobles conjugados, químicamente están formados por

unidades repetitivas de isopreno, la mayoría está compuesto por 8 unidades de isopreno, formando así una molécula de 40 carbonos. Los carotenoides se dividen en 2 grupos, en primer lugar, los carotenos que son hidrocarburos, que solo contienen carbono e hidrogeno, su estructura base es la cadena conjugada larga más anillos de β-ionona en los extremos, en este grupo se encuentran los α, β y γ-carotenos; y en segundo lugar están las xantofilas que además de C e H contiene oxígeno (grupos, hidroxilo, epóxido, vetona, etc.), aquí se encuentran la fucoxantina, luteína y la violaxantina. Ambos grupos son hidrofóbicos, los carotenos son muy solubles en disolventes orgánicos e insolubles en disolventes polares, mientras que, las xantofilas son solubles en disolventes polares como alcoholes y disolventes orgánicos como éter (Badui, 2020; Peña, et al., 2018; Paez, et al., 2017).

El consumo de carotenoides en la dieta humana proviene principalmente de alimentos de origen vegetal y la composición en estos se ve afectada por múltiples factores, por ejemplo; variedad, genotipo y estado de maduración del material vegetal, la temporada de cosecha, condiciones de crecimiento, clima, humedad, entre otros aunado a que su estabilidad se ve comprometida por condiciones de almacenamiento y tratamiento de los alimentos (Olmedilla-Alonso, 2017; Peña, et al., 2018).

Actualmente una gran cantidad de carotenoides se obtiene por síntesis química dado que es más económico, sin embargo, debido a las restricciones legales, cada vez se emplean más los de origen natural, principalmente las fucoantinas de algas, la luteina del cempasúchil, el β-caroteno de las zanahorias, la zeaxantina del maíz, el licopeno del jitomate, la capsantina del pimiento, entre otros, (Badui, 2020).

Sin embargo, el principal problema asociado con la obtención y uso de estos compuestos es su inestabilidad frente a la luz, el calor, los ácidos y los agentes oxidantes. Dado que el isopreno, es una estructura repetitiva, se produce un gran número de isómeros geométricos con configuraciones “cis” y “trans”, la mayoría de los carotenoides son “trans”. Sin embargo, la isomerización, además de provocar cambios en el color puede reducir el valor nutritivo, debido a que la configuración “trans” cambia a “cis”, destruyendo la actividad de la provitamina A. Esto sucede a temperaturas altas aún en ausencia de oxígeno (Badui, 2020; Marcano, 2018, Peña, et al., 2018).

Los carotenoides se utilizan en una gran diversidad de alimentos como jugos refrescos, sopas, gelatinas, postres, pastas y productos cárnicos y derivados, inclusive se añaden a la

alimentación de aves para mejorar el color de la piel y la yema de huevo, en la acuicultura también se utilizan para mejorar el color del salmón, trucha, camarón y la langosta (Badui, 2020).

No obstante en la salud humana tienen gran relevancia por ejemplo, el β-caroteno, licopeno y luteína se localizan en la piel y son considerados de vital importancia en la reducción del envejecimiento, tiene, actividades biológicas como provitamina A (implicada en la regulación del crecimiento y la diferenciación celular, en las funciones inmunitarias, el desarrollo de los ojos y la visión), como antioxidantes, actividad anticancerígena y un efecto protector en la función cognitiva (de Mejia, et al., 2020; Rodríguez-Mena, et al., 2023; Hidalgo y Vásquez, 2023). El consumo regular, reduce el riesgo de enfermedades crónicas como cardiovasculares, neurodegenerativas y diabetes (Soukoulis & Bohn, 2018). Además de actuar como colorantes, los carotenoides poseen propiedades antiinflamatorias y la capacidad de mejorar la inmunidad (Li et al., 2022; J. Zhang et al., 2014). Los carotenoides han demostrado tener efectos protectores contra la radiación ultravioleta, lo que los convierte en agentes útiles para la protección de la piel (Stahl & Sies, 2012), los β-carotenos, licopenos, astaxantinas y fucoxantinas han demostrado tener propiedades anti proliferativas y proapoptóticas ante células cancerígenas, debido a que algunos compuestos tienen efecto directo en las vías que usan las células cancerígenas para reproducirse (Li et al., 2022).

1.9 Spinacia oleracea

1.9.1 Origen y distribución

Actualmente la espinaca se cultiva en todo el mundo, se cree que se domestico hace 2000 años en la antigua Persia (Ribera 2021). Su periodo de producción es de 30-60 días, desde la siembra, hasta la cosecha. La producción mundial es de cerca de 26.7 millones de toneladas, siendo el mayor productor China, México ocupa el 5° lugar en exportaciones, generando un total de 48 mil 544 toneladas siendo producida principalmente en los estados de Guanajuato, Puebla, Baja California y el Estado de México. (Mondino et al., 2017; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016; Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023; Ribera et al., 2021).

1.9.2 Características botánicas

1.9.2.1 Taxonomía

Pertenece a la familia: Amaranthaceae que incluye otros cultivos importantes como la remolacha, la quinua y el amaranto, de la subfamilia: Chenopodioideae y el género: Spinacia, siendo la especie: *Spinacia oleracea* L. (Ribera, 2020).

1.9.2.2 Morfología

Es una planta anual cuyo ciclo de desarrollo comprende una fase vegetativa, caracterizada por la formación de hojas, seguida de una fase reproductiva en la que ocurre la floración y producción de semillas. Presenta un sistema radicular pivotante, relativamente ramificado y superficial y hojas de color verde oscuro que forman una roseta, que constituyen la principal parte aprovechada para consumo. Su crecimiento y desarrollo están influenciados por las condiciones ambientales y la época de cultivo (Heras, 2006; Ribera et al., 2020, 2021).

1.9.3 Características fisicoquímicas

Tiene un elevado contenido en agua, mayor al 90%, por lo que el aporte calórico es bajo, el valor de pH oscila típicamente entre 5.1 y 5.6. En presentación deshidratada o en polvo, posee una alta higroscopicidad y un buen índice de solubilidad en agua (Waseem et al., 2021

1.9.4 Composición nutricional

Es una fuente de antioxidantes, como carotenoides, flavonoides y clorofila la luteína, el β-caroteno, la violaxantina y la 9'-(Z)-neoxantina son los principales carotenoides presentes en la espinaca (*Mendelová et al., 2014; Heras, 2006)*

Presenta cantidades elevadas de provitamina A y de vitaminas C, E y B. En cuanto a minerales, las espinacas son ricas en calcio, hierro, magnesio, potasio, sodio, además de presentar cantidades apropiadas de fósforo y yodo (Heras, 2006). En cuanto a macronutrientes, se informó que el contenido de carbohidratos (50,10 a 50,59 %), proteínas (14,13 a 14,44 %) y grasas (23,02 a 23,11 %), También se menciona que las espinacas poseen una fuente esencial de fibra dietética y ácidos grasos esenciales, incluidos los ácidos grasos omega-3 (Ambo, Patience y Ayakeme 2023)

1.9.5 Beneficios a la salud

La amplia variedad de compuestos bioactivos y fitoquímicos de la espinaca hace que posea diversos beneficios, principalmente antioxidantes, antimicrobianas y anticancerígenas. Los

metabolitos secundarios de las espinacas, como, fenoles, flavonoides, saponinas y alcaloides presentes en las hojas, podrían contribuir a la protección contra infecciones, ya que poseen propiedades antimicrobianas (Shivaranjani et al. 2014). Además de sus compuestos bioactivos, la espinaca constituye una fuente de provitamina A y vitaminas C y E, nutrientes relacionados con funciones como el mantenimiento de la visión y del sistema inmunológico, la formación de colágeno, la absorción de hierro y la protección frente al daño oxidativo. También aporta minerales como magnesio, potasio, fósforo y yodo, que participan en procesos fisiológicos relacionados con la función muscular y nerviosa, el equilibrio hídrico, el metabolismo energético y el mantenimiento de huesos y dientes, finalmente el yodo es indispensable para el buen funcionamiento de la glándula tiroidea, que regula el metabolismo (Heras, 2006).

1.10 *Beta vulgaris*

1.10.1 Origen y distribución

Conocido como betabel, remolacha, o betarraga, es un tubérculo comestible de color púrpura intenso y que tiene forma de bulbo (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016). Deriva del ancestro silvestre *Beta vulgaris* subsp. maritima, de origen próximo al mar Mediterráneo, sin embargo, las raíces pivotantes hinchadas no se documentaron hasta el siglo XVI (Biancardi et al., 2012; Felkel et al., 2023; Hayakawa et al., 2026).

A nivel mundial tiene una producción de 275 millones de toneladas anuales. Se ha destinado casi exclusivamente a la extracción de azúcar, representando aproximadamente el 30% de la producción mundial, solo después de la caña de azúcar, Rusia produce el 15% del cultivo (Asgharipour et al., 2012; Rattin et al., 2022). En México se siembra todo el año y en todo el territorio nacional, con una producción de 18,158.8 toneladas, las entidades líderes son: Puebla, Jalisco y el Estado de México (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2023).

1.10.2 Características botánicas

1.10.2.1 Taxonomía

Actualmente se clasifica dentro de la familia Amaranthaceae, subfamilia Betoideae, designada la especie como *Beta vulgaris*, de la subespecie *Beta vulgaris subsp. Vulgaris*, variedad *conditiva*; esto último es importante, ya que existen 2 variedades más con características muy diferentes en cuanto a la morfologia, a los productos que se obtendrán y el uso que se les dará,

la variedad *altissima* (la remolacha azucarera) y el grupo *crassa* (la remolacha forrajera) (Rattin et al., 2022)

10.2.2 Morfología

Beta vulgaris es una planta de ciclo bienal que durante su primer periodo de crecimiento desarrolla una roseta de hojas verde y una raíz blanca carnosa, en la cual se acumulan sustancias de reserva. Durante el segundo periodo inicia la fase reproductiva, caracterizada por el alargamiento del tallo y el desarrollo de las estructuras florales, que posteriormente dan origen a frutos con una sola semilla cada uno (Smith, 1987; Canadian Food Inspection Agency, 2023).

1.9.3 Características fisicoquímicas

Posee una composición rica en agua, azúcares (10-12 °Brix), con un pH ligeramente ácido (~5.7) dependiendo del estado en el que se encuentre ya sea fresco o procesado, la Actividad de Agua, es muy alta en estado fresco, lo que lo hace susceptible a deterioro microbiológico si no se refrigera o procesa adecuadamente., Además en Acidez Titulable, refleja valores bajos por lo que tiene un escaso contenido de ácidos orgánicos (Ramírez-Melo et al., 2019; Gómez y Duque-Cifuentes, 2018)

1.9.4 Composición nutricional

Es una fuente de nutrientes, incluyendo vitaminas (complejo B y C), minerales, fibra, proteínas y sustancias bioactivas, principalmente las betalaínas, pero, también cumarinas, carotenoides, terpenos y flavonoides (astragalina, tilirósido, ramnocitrina, kaempferol, ramnetina) El potasio, el sodio, el fósforo, el calcio, el magnesio, el cobre, el hierro, el zinc y el manganeso algunos de los minerales que contiene (Bangar et al., 2022; Baião et al., 2017).

1.9.5 Beneficios a la salud

El betabel posee función cardioprotectora, antimicrobiana y antihipertensiva, además mejora el rendimiento físico, mientras que su contenido en hierro interviene en el tratamiento de la anemia ferropénica (anemia por deficiencia de hierro) (Cipriano et al., 2022). Investigaciones recientes han descubierto que su consumo contribuye a mejoras en con relación a enfermedades cardiovasculares, hipertensión, diabetes, cáncer, esteatosis y daño hepáticos, cálculos biliares, renales y urinarios. Además, la betalaína elimina eficazmente el estrés oxidativo y nitrativo, disminuye las lipoproteínas de baja densidad (LDL) y previene el daño al ADN, aunado a que

suprimen la proliferación celular, impiden la creación de nuevos vasos sanguíneos y desencadenan la muerte celular programada y la autofagia (Bangar et al., 2022).

1.11 Clitoria Ternatea

1.11.1 Origen y distribución

Comúnmente conocida como guisante mariposa, es una planta trepadora herbácea perenne, se encuentra ampliamente en jardines y también en estado silvestre, es nativa de Zimbabue, Ghana, Guinea, Malasia e Indonesia. Sin embargo, se ha introducido en zonas tropicales de Australia, América y Sudáfrica, por lo que dependiendo de la región será el nombre con el que se le conocerá (Multisona et al., 2023; Jeyaraj et al., 2021).

1.11.2 Características botánicas

1.11.2.1 Taxonomía

Pertenece al reino Plantae, filo Tracheophyte, clase Magnoliopsida, familia Fabaceae del género Clitoria y especie *Clitoria ternatea* (Multisona et al., 2023).

1.11.2.2 Morfología

Es una planta trepadora perenne ornamental que crece hasta 2–3 m de altura, y produce llamativas flores. Tiene siete folíolos elípticos y obtusos, tallos cilíndricos y pubescentes, las vainas del fruto son comprimidas, lineales, y contiene de 6 a 10 semillas. En época lluviosa, produce flores, mientras que en invierno produce frutos. El color de los pétalos de la flor es un azul intenso y vibrante, siendo esta su característica más notable, y miden entre 4 y 5 cm de largo (Ashraf et al., 2024).

Una de sus características más distintiva, es su sensibilidad al pH. El extracto presenta un color azul intenso con un valor cercano a pH=8, pero al descender el pH a valores inferiores a 4, el protón libre interactúa con los electrones de la antocianina, cambiando el color a tonalidades moradas o rosadas, por lo que también puede ser utilizada como indicativa de cambios en pH. El contenido de agua oscila el 92.4% en los pélalos, lo que la hace sumamente perecedera, aunado a compuestos volátiles y susceptibilidad a factores ambientales que promueven el crecimiento microbiano por lo que es común que sea deshidratarla para su uso comercial (Maia et al., 2025; Abdullah et al., 2010).

1.11.4 Composición nutricional

La composición nutricional de las flores de *C. ternatea* ha sido identificada y descrita por Neda et al. (2013) indicando que el porcentaje de grasa, carbohidratos, fibra y proteína es, respectivamente, 2,5, 2,2, 2,1 y 0,32%. También se identificó que las flores son ricas en calcio (3,09 mg/g), magnesio (2,23 mg/g), potasio (1,25 mg/g), zinc (0,59 mg/g), sodio (0,14 mg/g) y hierro (0,14 mg/g). Además, la planta posee varios tipos de metabolitos, incluidos triterpenoides pentacíclicos como taraxerol, taraxerona, ternatinas, alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos y principalmente antocianinas, también algunos ácidos grasos (ácido palmítico, ácido esteárico, ácido petroselínico, ácido linoleico, ácido araquídico, ácido behénico y ácido fitánico) y diversos fitoesteroles, como el campesterol, estigmasterol y β-sitosterol en niveles de 1,24 ± 0,02 mg/100 g PF, 6,70 ± 0,83 mg/100 g PF y 6,77 ± 0,19 mg/100 g PF, respectivamente (Shen et al., 2016; Multisona et al., 2023; Oguis et al., 2019).

1.11.5 Beneficios a la salud

Clitoria ternatea se ha asociado con diversas propiedades biológicas, entre las que destacan sus actividades antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana, antidiabética, hipolipemiante, analgésica y cicatrizante (Tobar & López, 2023). Estas propiedades se relacionan con la presencia de diferentes compuestos bioactivos, particularmente flavonoides, antocianinas y fitoesteroles.

Entre sus compuestos de mayor interés se encuentran las ternatinas, antocianinas características de las flores de *C. ternatea*, que además de ser responsables de su coloración azul presentan actividad antioxidante y han mostrado potencial antiproliferativo en estudios celulares. De manera similar, flavonoides como el kaempferol se han relacionado con efectos antioxidantes, antiinflamatorios y con la regulación de procesos asociados con la proliferación y supervivencia celular. Otros componentes, como campesterol, β-sitosterol y estigmasterol, también han sido estudiados por su posible participación en los efectos biológicos atribuidos a la planta (Marpaung, 2020; Purnamayanti et al., 2022).

Asimismo, *C. ternatea* posee una larga historia de uso tradicional, en la que diferentes partes de la planta se han empleado con fines diuréticos, laxantes y antiinflamatorios (Ashraf et al., 2024).

1.12 Daucus carota

1.12.1 Origen y distribución

La zanahoria es una hortaliza originaria de Asia Central, cerca de Afganistán (Swamy, 2022). Las primeras zanahorias eran principalmente moradas o amarillas, aunque también existían variedades blancas o negras (Paparella et al., 2024). La apreciación de la zanahoria como producto de valor nutricional no fue hasta 1919. (Coronado, 2019). Es una de las hortalizas más consumidas y comercializadas en el mundo con una producción anual de 36 millones de toneladas, con el mercado liderado por China. En México la producción ronda las 331 mil toneladas anuales, siendo Guanajuato el estado con mayor producción, seguido por Puebla y Zacatecas (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016, Ministerio de agroindustria; 2017).

1.12.2Características botánicas

1.12.2.1 Taxonomía

Forma parte de la familia Apiaceae, históricamente conocidas como Umbelíferas, a la que también pertenece el apio, el hinojo y el perejil. El género es Daucus, especie: *Daucus carota* y subespecie: *Daucus carota* subsp. *Sativus*, que es la variedad domesticada (Swamy, 2022; Galapagos Species Database, Daucus carota).

1.12.2.2 Morfología

Es una planta bianual (en condiciones normales, florece en el segundo año después de la siembra), su característica más distintiva es la raíz que acumula reservas y se hipertrofia. En el primer año, formará una roseta de hojas en la base de la planta, esto mientras se fortalece la raíz pivotante, donde almacenará grandes cantidades de carbohidratos para que florezca en el segundo año. El tallo floral alcanzará aproximadamente un metro de altura y producirá inflorescencias definidas como umbelas compuestas. La raíz principal es carnosa, recta, cónica a cilíndrica, de 5 a 50 cm de largo y de 2 a 5 cm de diámetro en la parte superior, de color naranja (el más común), violeta rojizo, amarillo o blanco (Swamy, 2022; Coronado, 2019; Kiełkowska y Kiszczak,2023).

1.12.3 Características fisicoquímicas

La zanahoria tiene un contenido de humedad que ronda el 84-93%, con un pH estimado en 5.6 a 6.2 y teniendo aproximadamente 7-14 °Brix, dependiendo de la variedad y estadio de maduración (e-LABShop, 2024; Renna, 2022).

1.12.4 Composición nutricional

Por cada 100 g de contiene: agua 88,8 g, energía 126 kJ (30 kcal), proteínas 0,7 g, grasas 0,5 g, carbohidratos 6,0 g, fibra dietética 2,4 g, Ca 34 mg, Mg 9 mg, P 25 mg, Fe 0,4 mg, Zn 0,2 mg, caroteno 5,33 mg, tiamina 0,04 mg, riboflavina 0,02 mg, niacina 0,2 mg, folato 28 µg, ácido ascórbico 4 mg (Swamy, 2022). Además, la zanahoria es rica en carotenoides, como el β-caroteno, provitamina A, luteína, licopeno, entre otros también contiene vitaminas como la biotina, la vitamina C y E y minerales como el potasio y fósforo principalmente, aunque también contienen pequeñas cantidades de calcio, hierro, yodo, magnesio, entre otros (Renna, 2022; Coronado, 2019).

1.12.5 Beneficios a la salud

Debido a su contenido de carotenoides, ayuda a proteger contra varios tipos de cáncer, incluidos el de próstata, colon, estómago y mama, regula el azúcar y colesterol en sangre, reduce la presión arterial gracias al potasio, puede reducir el riesgo de degeneración macular relacionada con la edad debido a su contenido de provitamina, fortalece el sistema inmune por sus propiedades antisépticas, antibacterianas y contenido de vitamina C, favorece la digestión por la cantidades de fibra que contiene, retrasa los signos del envejecimiento, mantiene la piel con un aspecto joven y reducir el riesgo de enfermedades cardíacas por sus propiedades antioxidantes que neutralizan los radicales libres (Swamy, 2022). Y de manera tradicional se ha utilizado la zanahoria para tratar afecciones inflamatorias, como cistitis y prostatitis, asociado a la presencia de terpenos y flavonoides en la planta (Wehbe et al., 2009)

1.13 Ananas comosus

1.13.1 Origen y distribución

La piña es nativa de Brasil y Paraguay (Uriza-Ávila et al., 2018). Actualmente, la tendencia en la producción de piña va en aumento desde el 2010, a nivel mundial es el tercer lugar en frutas tropicales, con una producción anual de 25,4 millones de toneladas métricas, liderando la producción esta Costa rica con el 66% del mercado. México ocupa el noveno lugar en la

producción mundial, en el 2020 generó un millón 209 mil toneladas, según lo informó la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2/3 de la producción total, se siembra en Veracruz, seguido de Oaxaca, Tabasco, Nayarit y Jalisco (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021; Hikal et al., 2021; Ali et al., 2020; Uriza-Ávila et al., 2018; Florez et al., 2020; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, 2017).

1.13.2 Características botánicas

1.13.2.1 Taxonomía

Pertenece al orden Bromeliales, familia Bromeliaceae, del género Ananas y especie *A. comosus*. A su vez existen 4 variedades “Red Spanish,” “Pernambuco,” “Queen,” and “Smooth Cayenne” (Wali, 2019; Sharma et al., 2024; Florez et al., 2020).

1.13.2.2 Morfología

Es una planta herbácea perenne que suele alcanzar 1 a 2 metros tanto de ancho como de alto. Está formada por una roseta de hojas duras, lanceoladas, organizadas alrededor de un tallo que constituye el eje de la planta, este es relativamente corto y grueso; en su base es angosto, de 2 a 4 cm, y justo debajo del ápice está su parte más ancha, de 6 a 8 cm de diámetro, donde nacerá la fruta terminada en una corona. Cada planta adulta produce sólo un fruto, con forma cilíndrica. El fruto es compuesto y está formado a partir de una inflorescencia racimosa y puede producir más de cien flores. De hecho, la fruta está formada por el conjunto de flores que crecen alrededor del ápice. Estas frutas se fusionan durante la fructificación hasta originar la piña (Uriza-Ávila et al., 2018; Wali, 2019).

1.13.3 Características fisicoquímicas

El agua es su principal componente, en un 81%–86%, mientras que los sólidos totales son del 13%– 19%, por su parte el pH ronda de 3.2 a 4 (Wali, 2019), también posee celulosa (79 a 83%), lignina (5 a 15%), pectina (1%), hemicelulosa (19%), cera (2%) y cenizas (1%) (Asim et al., 2015).

1.13.4 Composición nutricional

La piña contiene principalmente carbohidratos, agua, fibra dietética, ácidos orgánicos, vitaminas (ácido ascórbico, niacina y tiamina) y minerales (magnesio, manganeso y cobre) (Ancos et al., 2016). Además, la piña contiene una enzima proteolítica llamada bromelina y es esencial para los efectos terapéuticos asociados a la piña (Zdrojewicz et al., 2018). Además, La piña es rica

en vitaminas A y C, flavonoides, taninos y otros compuestos polifenólicos, ácidos orgánicos, monosacáridos y disacáridos solubles (hasta un 15%). Por último, los carotenoides son la fuente del color característico, mientras que el sabor proviene de una mezcla de compuestos alifáticos oxigenados (Ali et al., 2020; Wali, 2019).

1.13.5 Beneficios a la salud

La vitamina C contribuye a su capacidad antioxidante y a la protección celular frente al daño causado por especies reactivas, mientras que la fibra favorece el funcionamiento gastrointestinal. Asimismo, algunos de sus componentes, como el ácido málico y el manganeso, se han relacionado con el mantenimiento de la salud bucal, el metabolismo y la función ósea (Dittakan et al., 2018). La bromelina, un complejo de enzimas proteolíticas característico de la piña. Se le han atribuido principalmente propiedades antiinflamatorias, analgésicas, antimicrobianas y cardioprotectoras, y se ha investigado su potencial como complemento en diferentes procesos inflamatorios e infecciosos. Asimismo, estudios experimentales han descrito actividad frente a algunos patógenos intestinales, como *Vibrio cholerae* y *Escherichia coli*, así como posibles efectos antiproliferativos y proapoptóticos en determinados modelos de células cancerosas (Khalid et al., 2016; Uriza-Ávila et al., 2018; Wali, 2019; Ibarra et al., 2021). No obstante, el consumo o uso de bromelina en concentraciones elevadas debe considerarse con precaución, debido a su posible interacción con algunos medicamentos y sus efectos sobre la coagulación sanguínea (Wali, 2019).

Capítulo 2. Justificación

En los últimos años, ha aumentado la preocupación por los posibles efectos sobre la salud asociados con el consumo de colorantes sintéticos, así como por las restricciones implementadas para su uso en diversos países. Si bien estos aditivos ofrecen importantes ventajas tecnológicas para la industria alimentaria, esta situación ha impulsado la búsqueda de alternativas de origen natural (Badui, 2020; Ortiz, 2021; Ramírez-Navas, 2025).

En este contexto, la industria alimentaria ha orientado sus esfuerzos hacia el desarrollo de productos elaborados con ingredientes naturales y de mayor valor agregado. Entre las alternativas disponibles, los pigmentos de origen vegetal han cobrado especial interés debido a que, además de conferir color, aportan compuestos bioactivos con actividad antioxidante, lo que favorece el desarrollo de alimentos funcionales (Carapia-Vega et al., 2024; Rico & Martín-Diana, 2023; Ramírez-Navas, 2025). No obstante, la sustitución de los colorantes sintéticos por

pigmentos naturales continúa representando un desafío, ya que la estabilidad de estos últimos puede verse afectada por factores como el pH, la temperatura, la luz y el oxígeno, lo que puede limitar su aplicación a nivel industrial.

Si bien se dispone de diversos estudios relacionados con clorofilas, betalaínas, antocianinas y carotenoides, estos pigmentos suelen analizarse de forma individual y bajo diferentes condiciones experimentales. En consecuencia, aún existe información limitada sobre su comportamiento cuando son evaluados de manera comparativa bajo un mismo diseño experimental (Ramírez-Navas, 2025).

Por ello, el presente trabajo evaluará los extractos de *Spinacia oleracea*, *Beta vulgaris*, *Clitoria ternatea*, *Daucus carota* y *Ananas comosus*, desde su caracterización fitoquímica hasta su desempeño en gomitas de gelatina. Esto permitirá identificar las especies con mayor potencial como colorantes naturales, considerando su estabilidad y aceptación sensorial.

Los resultados contribuirán a identificar los pigmentos con mejores características para su aplicación en alimentos, además de servir como referencia para futuras investigaciones orientadas a la sustitución de colorantes sintéticos.

Capítulo 3. Hipótesis

Las diferentes familias de pigmentos naturales adicionadas en una matriz de confitería presentarán diferencias en sus propiedades fisicoquímicas, estabilidad y aceptación sensorial, permitiendo identificar aquellas con mayor potencial como sustitutos de colorantes sintéticos

Capítulo 4. Objetivos

4.1Objetivo general

Evaluar la estabilidad y aceptación sensorial de gomitas de gelatina adicionadas con pigmentos vegetales obtenidos de diferentes fuentes.

4.2Objetivos particulares

Caracterizar los principales compuestos fitoquímicos presentes en los extractos de *Spinacia oleracea, Beta vulgaris, Clitoria ternatea, Daucus carota y Anana comosus.*

Evaluar en el tiempo la estabilidad de las gomitas de gelatina adicionadas con pigmentos vegetales, a través de las propiedades fisicoquímicas.

Evaluar la aceptación sensorial de las gomitas de gelatina adicionadas con pigmentos vegetales mediante una prueba hedónica.

Comparar la estabilidad y aceptación de las gomitas de gelatina adicionadas con los pigmentos vegetales de diferentes fuentes, para identificar aquellas con mayor potencial como colorantes naturales.

Capítulo 5. Materiales

5.1 Materiales de laboratorio

Acetona, pureza: 99%, de Materiales Y Abastos Especializados S.A. de C.V. Benzoato de sodio, marca Deiman, grado alimenticio. DPPH, marca Sigma-Aldrich, pureza: 99%. Etanol absoluto anhidro, pureza: 99.5%, de Materiales Y Abastos Especializados S.A. de C.V. Grenetina marca D´Gari, 290° Bloom. Hexano, marca fermonnt, pureza: 99.6%. Sorbato de potasio, marca Deiman, grado alimenticio. Trolox, marca Sigma-Aldrich, pureza: 99%. Vitamina C, Grupo Pronatur S.A. de C.V.

5.2 Material vegetal

La *Spinacia oleracea*, *Beta vulgaris*, *Daucus carota* y *Ananas comosus*, fueron obtenidas de Chedraui, Alfredo del Mazo, en el Barrio de Tlacopa Toluca de Lerdo, Méx. Durante los meses de septiembre 2025 a mayo de 2026, mientras que *Clitoria Ternatea*, se adquirió en amazon de la marca “Tierra de colores”.

Capítulo 6. Metodología

6.1 Caracterización fitoquímica de los extractos

6.1.1 Cuantificación de clorofila

Se utilizó el método espectrofotométrico descrito por Arnon (1949). Se seleccionaron únicamente hojas de *Spinacia oleracea*, las cuales se lavaron con agua corriente y se secaron suavemente con papel absorbente, posteriormente se cortaron finamente 0.5g y se maceraron en un mortero adicionando 10mL de solución de acetona al 80%, hasta extraer todo el pigmento de la muestra, posteriormente se sometió a centrifugación a 3500 rpm por 10 minutos, se separó el sobrenadante que contenía los pigmentos y se aforó a 25mL con acetona al 80%, se tomaron 2.5mL del extracto y se diluyó hasta 5mL con acetona al 80%. Finalmente se midió en el espectrofotómetro Thermo Scientific GENESYS 10S a longitudes de onda de 645 y 663 nm utilizando acetona al 80% como blanco. Para la determinación de clorofila a, b y total se

utilizaron las siguientes ecuaciones, usando los coeficientes de absorción específicos (Reyna, 2025; Preciado, 2026).

$$Clorofila\ A\ \left(\frac{mg}{L}\right) = (12.7 * Abs\ 663) - (2.69 * Abs\ 645)$$

$$Clorofila\ B\ \left(\frac{mg}{L}\right) = (22.9 * Abs\ 645) - (4.68 * Abs\ 663)$$

$$Clorofila\ Total\ \left(\frac{mg}{L}\right) = (20.2 * Abs\ 645) + (8.02 * Abs\ 663)$$

6.1.2Cuantificación de betalainas

Se lavó *Beta vulgaris*, se retiró la cascara y se cortó en trozos medianos para proceder a pesarlo (125g) y procesarlo en el extractor de jugo donde se obtuvieron 75mL, se tomó 1 mL del jugo de betabel y se le adicionaron 90mL de agua destilada, finalmente se leyó el extracto en el espectrofotómetro Thermo Scientific GENESYS 10S a 538nm y 483nm en el espectrofotómetro (Trych, et al., 2022).

La concentración de betalainas fue determinada acorde a Ravichandran y col. (2011).

$$BC; BX\ \left(\frac{mg}{100g}\right) = \left[\frac{(A * FD * PM * 1000}{\varepsilon * l}\right]$$

$$BT\ (Betalainas\ totales)\ \left(\frac{mg}{100g}\right) = (BC + BX)$$

Donde:

A=Absorbancia, FD=Factor de dilución, y l=Ancho de la celda (1 cm), PM=Peso molecular ε=Coeficiente de extinción molar.

Para la cuantificación de las betacianinas (BC); la absorbancia es a 538nm, PM=550 $\frac{g}{mol}$ y $\varepsilon = 60{,}000\frac{L}{mol \cdot cm}$ *en H2O*

Para la cuantificación de las betaxantinas (BX), la absorbancia es a 483, PM=308 $\frac{g}{mol}$ y $\varepsilon = 48{,}000\frac{L}{mol \cdot cm}$ *en H2O*

6.1.3 Cuantificación de antocianinas

Se utilizó el método de pH diferencial (AOAC 2005.02). Para la extracción del pigmento de *Clitoria ternatea*, se pesaron 0.5g de flor, se maceraron con 20mL del solvente (etanol acidificado al 50%) hasta extraer todo el pigmento posteriormente el contenido fue vertido en un vaso de precipitado cubierto de aluminio y fue puesto en agitación magnética por 30 minutos, después fue centrifugado a 3500rpm por 10 minutos, obteniéndose así el extracto madre. Posteriormente con ayuda de una micropipeta se tomó 1mL del extracto madre se le adicionaron 9mL de buffer de Cloruro de potasio (pH 1.0), y lo mismo se realizó con el buffer de acetato de sodio (pH 4.5) y se dejaron reposar 20min. Finalmente, ambos se leyeron en el

espectrofotómetro Thermo Scientific GENESYS 10S a 620nm y 700nm, usando como blanco agua destilada (Lee, 2005).

Para calcular el contenido de antocianinas se utilizaron las siguientes formulas:
Absorbancia neta:

$$A_{Neta} = (A_{620} - A_{700})_{pH\ 1.0} - (A_{620} - A_{700})_{pH\ 4.5}$$

Antocianinas totales:

$$Antocianinas\ Totales\ \left(\frac{mg}{L}\right) = \frac{A * PM * FD * 1000}{\varepsilon * l}$$

Donde:

A=Absorbancia Neta

PM=Peso molecular de cianidina-3-glucósido $= 449.2\ \frac{g}{mol}$

FD=Factor de dilución

ε=Coeficiente de extinción molar de cianidina-3-glucósido $= 26{,}900\ \frac{L}{mol \cdot cm}$

l=Ancho de la celda (1 cm)

6.1.4 Cuantificación de carotenoides en *Daucus carota*

Se realizó siguiendo el método de Rodríguez-Amaya (1999). Una pieza de ***Daucus carota*** fue lavada, pelada y cortada en trozos pequeño., Se pesaron 2g de muestra y se picaron finamente, posteriormente se colocó en un mortero y se le añadieron 10 mL de acetona fría y se maceró hasta extraer el pigmento, posteriormente se transfirió el líquido a un tubo Falcón de 50mL, se le añadieron 10mL de etanol absoluto y 20mL de hexano, se agito vigorosamente y se le añadieron 5 mL de agua destilada, posteriormente se centrifugo a 3500 rpm por 10 minutos. Después de la centrifugación, se recuperó cuidadosamente la fase superior (hexáno), la cual contenía los carotenoides. El residuo sólido se sometió a tres extracciones sucesivas hasta la pérdida de color, y los extractos obtenidos se reunieron, obteniéndose así el extracto madre, se tomó 1 mL de este extractó y se llevó a un volumen final de 2mL con hexano. Finalmente se realizó la lectura espectrofotométrica a 450nm y el cálculo se realizó con la siguiente formula:

$$Carotenoides\ Totales \left(\frac{\mu g}{g}\right) = \frac{A * V * 10{,}000}{A_{1\%}^{1cm} * m}$$

Donde:

A=Absorbancia

V=Volumen final del extracto

m=Peso de la muestra

$A_{1\%}^{1cm}$ =Coeficiente de absorción del β-caroteno en hexano=2500

6.1.5 Cuantificación de carotenoides en *Anana comosus*

Para la determinación de carotenoides, a una piña primero se le retiró la cáscara y corazón a la piña, se pesaron 6 g de pulpa, los cuales se homogeneizaron en un mortero con 10mL de acetona hasta obtener una pasta uniforme. Posteriormente, se le añadieron 10 mL de etanol y 20 mL de hexano, la mezcla se agitó vigorosamente y se agregaron 5 mL de agua destilada con la finalidad de promover la separación de fases y se centrifugó a 3500 rpm durante 10 minutos, después, se recuperó la fase superior que contenía el hexano con los carotenoides Al residuo sólido se le realizó una extracción más hasta la pérdida del color y ambos extractos obtenidos se reunieron en uno solo para conformar el extracto madre, el cual se leyó a 450nm (Rodríguez-Amaya,1999). Y la determinación del contenido de carotenoides se realizó con la siguiente fórmula:

$$Carotenoides\ Totales\left(\frac{\mu g}{g}\right) = \frac{A * V * 10{,}000}{A_{1\%}^{1cm} * m}$$

Donde:
A=Absorbancia
V=Volumen final del extracto
m=Peso de la muestra
$A_{1\%}^{1cm}$ =Coeficiente de absorción del β-caroteno en hexano=2500

6.1.6 Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH

6.1.6.1 Preparación de muestras

Para la *Spinacia oleracea* se seleccionaron únicamente las hojas, se lavaron y pesaron 2.5 g de muestra y se maceraron con 25mL de metanol al 80%, se agitó en obscuridad a temperatura ambiente por 30 minutos y posteriormente se centrifugó a 3500 rpm por 10 minutos y se recuperó el sobrenadante, tomándose 1mL de este y llevándolo a un volumen de 2mL con metanol al 80% (Sultana, et al., 2009; Qureshi, et al., 2023). Para el caso de B*eta vulgaris*, se pesó 1g de muestra fresca, previamente lavada, pelada y cortada en trozos pequeños, se trituró en un mortero con 10mL de metanol al 80% posteriormente se agitó magnéticamente en oscuridad durante 30 min a temperatura ambiente. Después, se centrifugó a 3500 rpm durante 10 min y se recuperó el sobrenadante, el residuo sólido se reextrajo bajo las mismas condiciones dos veces adicionales, y los sobrenadantes obtenidos se combinaron y se aforaron a un volumen final de 25 mL con el mismo solvente (Guldiken, et al., 2016). Para C*litoria tertanea*, se maceró 1g de flor con 20mL de etanol al 50% y se colocó en un agitador orbital a

96 rpm durante 2 horas a temperatura ambiente, posteriormente se centrifugo a 3500 rpm por 10 minutos y se recuperó el sobrenadante (Jeyaraj, et al., 2021). Con respecto a *Daucus* carota, se lavaron, pelaron y cortaron en rodajas muy finas, para ser llevadas al deshidratador a 40° por 48 horas, pasado este tiempo, se molieron en una licuadora hasta obtener un polvo muy fino (Chatatikun y Chiabchalard, 2013), del cual se pesaron 10g, se colocaron en 60mL de metanol al 80% y se llevaron a agitación magnética protegidos de la luz por 2 horas, posteriormente se filtró y al residuo se le añadieron 40mL más de metanol al 80% y se agitó por otra hora, posteriormente se filtró y al residuo nuevamente se le añadieron 30mL de metanol y se agitó una última vez durante una hora, finalmente se filtró y los 3 extractos obtenidos se combinaron (Jangra, et al., 2015). Para la muestra de *Anana comosus* se retiró la cáscara y corazón, se pesaron 5 g de pulpa y se maceró con un mortero adicionando 25mL de metanol al 80%, se agitó en obscuridad por 30 minutos y se centrifugó a 3500 rpm por 10 minutos para recuperar el sobrenadante (Hossain y Rahman, 2011).

6.1.6.2 Cuantificación por DPPH

Para determinar la capacidad antioxidante por DPPH se utilizó el método de Brand-Williams (1995). En 5 tubos eppendorf de 2mL se colocaron 50µl de muestra, (un tubo por muestra), a cada tubo se le adicionaron 1.95mL de DPPH. Se homogenizó cada tubo con ayuda de un vórtex y se dejaron reposar 30 min en oscuridad, posteriormente se leyó la absorbancia a 515nm, en el espectrofotómetro Thermo Scientific GENESYS 10S, utilizando metanol como blanco y como control la disolución de DPPH.

Determinación del porcentaje de inhibición

$$\%\ de\ inhición = \frac{A_C - A_M}{A_C} * 100$$

Donde:

$A_B = Absorbancia\ del\ control$

$A_M = Absorbancia\ de\ la\ muestra$

6.2 Cuantificación de grados brix de los extractos

Se realizó la extracción de los pigmentos conforme a lo descrito en el apartado 6.3. Posteriormente, se colocó una gota de cada pigmento sobre el prisma principal del refractómetro NANBEI HB-118, verificando que cubriera completamente el área de medición y que no presentara burbujas de aire. A continuación, se cerró la tapa del prisma y se orientó el extremo frontal del refractómetro hacia una fuente de luz. Finalmente, se observó la escala

graduada a través del ocular y se registró la lectura correspondiente al punto donde la línea de color interceptó dicha escala (PCE Instruments, 2006).

6.3 Extracción de pigmentos

6.3.1 Spinacia oleracea

Se seleccionaron únicamente las hojas, se pesaron 60g, se lavaron y desinfectaron con hipoclorito de sodio, según las indicaciones del fabricante, se escurrieron las hojas y se procesaron con ayuda de la licuadora, donde se adicionaron 120mL de agua, cuando se obtuvo una mezcla homogénea, se filtró con apoyo de filtros para café y se almaceno en un frasco ámbar en el refrigerador (Segura,2024).

6.3.2 Beta vulgaris

Se lavó y desinfectó con hipoclorito de sodio, pasado el tiempo recomendado por el fabricante se escurrió, y se le retiró la cáscara para poder ser cortado en trozos medianos y ser pasado por el extractor de jugo Signa EL30C5, una vez obtenido el jugo se filtró con filtros para café y se almacenó en refrigeración en un frasco ámbar (Hernández, 2019).

6.3.3 Clitoria Ternatea

Se pesaron 3g de flor que fueron repartidos en 3 cajas Petri cada una con 1g y se colocaron en el deshidratador SS-16X a 90° por 4 horas, esto para eliminar los microrganismos que pudiera tener, pasadas las 4h el contenido de las 3 cajas fue colocado en un vaso de precipitado e 50mL, donde también se añadieron 30mL de agua potable, se tapó con aluminio y se cubrió de la luz, dejándolo reposar durante 10min, pasado este tiempo se coló con ayuda de un colador de metal, y se depositó el extracto en un frasco ámbar dentro del refrigerador (Zor,2023).

6.3.4 Daucus carota

Se lavaron y desinfectaron 2 a 3 *Daucus carota,* dependiendo del tamaño. Se pelaron y procesaron en el extractor Signa EL30C5, el jugo se almacenó en un frasco ámbar en refrigeración (Cedeño y Vera, 2017).

6.3.5 Ananas comosus

Se le retiró la cáscara y el corazón, la pulpa fue procesada en el extractor Signa EL30C5 y una vez obtenido el jugo, se colocó en un vaso de precipitado de 500mL para ser llevado a ebullición durante 5 min, para desnaturalizar la bromelina, posterior a esto se vació el contenido en un frasco ámbar y se refrigeró (Bueno y Rincón, 2016).

6.4 Formulación de las gomitas

Tabla 3. Cantidad de ingredientes necesarios en cada formulación para 100g

	Spinacia oleracea	*Beta vulgaris*	*Clitoria tenatea*	*Daucus carota*	*Anana comosus*
Grenetina (g)	10	10	10	10	10
Agua (g)	55	55	55	36	28
Sacarosa	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3
Extracto de color (mL)	5	5	5	24	32
Vitamina C	4 cápsulas	4 cápsulas		4 cápsulas	4 cápsulas
Benzoato de sodio (g)	0.1	0.1	0.05	0.1	0.1
Sorbato de potasio (g)			0.05		

6.5 Elaboración de gomitas

Tomando como referencia la metodología de Luna (2024). Se colocó la grenetina correspondiente para cada formulación en tazones de vidrio donde se hidrató por 20 min (10g de grenetina/55ó28ó36mL de agua). Posteriormente, cada tazón se llevó por separado al microondas LG MS3032JAS, operando a una potencia de 900 W, durante 1 minuto. Se agregó la sacarosa y mezcló hasta su competa disolución. Posteriormente, se añadieron el conservante o los conservantes correspondientes y se disolvieron de la misma manera. A continuación, se registró la temperatura de la mezcla y, cuando esta alcanzó los 37 °C, se adicionó la cantidad necesaria del extracto que contenía los pigmentos.

Inmediatamente después de agregar el extracto, se vació el contenido de cuatro cápsulas de vitamina C y se mezclaron completamente. La mezcla obtenida se vertió en moldes de silicón utilizando un gotero. Los moldes se dejaron reposar durante 10 minutos a temperatura ambiente y posteriormente se colocaron en el refrigerador WINIA DFR-1410DMX durante 24 horas. Transcurrido este tiempo, las gomitas se desmoldaron cuidadosamente y se colocaron en los recipientes correspondientes. Este procedimiento se realizó con cada uno de los materiales vegetales evaluados.

6.6 Caracterización de gomitas

6.6.1 Medición de pH

De acuerdo con el método AOAC 10.035, 1995. Se toman 10g de las gomitas y se agregan 90 ml de agua destilada, se disuelve hasta homogenizar la solución, de acuerdo con lo que indica

la norma COVENIN 1315:79 para alimentos semi-sólidos y sólidos, utilizando un potenciómetro, previamente calibrado con una solución buffer, se determina el valor del pH (Cabrera & Uchofen, 2023).

6.6.2 Medición de grados brix

Se colocaron unas gotas de la mezcla final de la elaboración de las gomitas, en el prisma principal del refractómetro NANBEI HB-118, asegurándose de que cubriera toda el área y de que no hubiera burbujas, se bajó la tapa del prisma y se apuntó el extremo frontal del refractómetro, en dirección a la luz, para poder observar por el ocular y tomar la medida donde la línea de color cruza la escala graduada. En las gomitas comerciales, se colocaron 3 gomitas en un tazón de vidrio y se derritieron en microondas por 30 segundos a 900W para repetir el procedimiento descrito anteriormente (PCE Instruments, 2006).

6.6.3 Medición de porcentaje de humedad

Se realizó siguiendo el método de NMX-F-083-1986. Se colocó una gomita en cada caja Petri, empleándose un total de tres cajas Petri por cada tratamiento de las gomitas elaboradas en laboratorio y tres cajas Petri por cada color de las gomitas comerciales, sumando un total de 30 cajas Petri.

Cada gomita se pesó individualmente en una balanza analítica y, posteriormente, se registró el peso de la caja Petri junto con su respectiva gomita. Una vez obtenidos los pesos iniciales, las muestras se introdujeron en el horno de secado Lumistell HEC-4, a una temperatura de 105 ± 2 °C durante un periodo de 4 horas.

Cada hora, las cajas Petri se retiraron del horno para registrar su peso y, posteriormente, se reintrodujeron para continuar el proceso de secado. Este procedimiento se repitió hasta completar las 4 horas establecidas (Pineda, et al., 2024). Al finalizar el procedimiento, a los datos recabados se les aplico la siguiente formula:

$$\%\, humedad = \frac{(P - P_1)}{P_2} * 100$$

Donde

$P = Peso\ del\ recipiente\ con\ la\ muestra\ humeda\ (g)$

$P_1 = Peso\ del\ recipiente\ con\ la\ muestra\ seca\ (g)$

$P_2 = Peso\ de\ la\ muestra\ humeda\ (g)$

6.6.4 Medición de tamaño y peso

Las mismas gomitas comerciales almacenadas para color, se utilizaron para medir el tamaño usando un calibrador digital LEIDSANY X0037VTVOL y para la medición de peso se utilizó una balanza analítica VELAB VE-210. Cabe mencionar que las mediciones se realizaron en las muestras cubiertas con aluminio y también en las que no fueron cubiertas. Estas mediciones también se realizaron en las gomitas comerciales en las mismas condiciones (Patiño et al., 2023).

6.6.5 Medición de color

En tubos Falcón de 5mL, se almacenaron 8 gomitas de cada tratamiento, y 8 gomitas comerciales de cada color (verde, amarillo, rojo, naranja y azul). Cada gomita se almacenó en un tubo Falcón individual. La mitad de las muestras, (tanto las elaboradas en el laboratorio como la comerciales) fueron cubiertas con papel aluminio y la otra mitad se quedó sin cubrir. La prueba de color se realizó durante 30 días, tomando medidas cada tercer día usando un colorímetro modelo 10QC248464, usando una superficie blanca de fondo (Velásquez, et al., 2020).

6.6.6 Medición de textura

Se almacenaron 30 gomitas de cada tratamiento, en tubos Falcón de 50mL, 15 se colocaron en tubos Falcón cubiertos con aluminio y 15 en tubos Falcón sin aluminio. Las gomitas comerciales se almacenaron de la misma forma y en la misma cantidad. Las mediciones de textura se llevaron a cabo cada semana por 4 semanas, usando un texturómetro TA.TXplus de Stable Micro Systems, a una velocidad de 3 mm/s, una deformación del 50% y con una sonda cilíndrica P/25 (Velásquez,et al., 2020; Guambuguete y Hachi, 2023).

6.6.7 Vida útil por estabilidad de color y contaminación microbiana

Tanto las gomitas comerciales como las elaboradas en el laboratorio destinadas al análisis de color fueron utilizadas simultáneamente para evaluar visualmente la presencia de contaminación microbiana durante el periodo de almacenamiento. El límite de vida útil se estableció considerando como criterio de finalización la aparición de signos visibles de contaminación microbiana o un estado avanzado de oxidación y deterioro del color, tomando como punto final el evento que se presentara primero (Pineda, et al., 2024).

6.6.8 Prueba de hedónica

Se utilizaron 50 gomitas de cada color y tratamiento, cada una fue colocada en un vaso transparente del # “0” con una etiqueta blanca, correspondiente a su código de identificación. Esta prueba se realizó con 50 panelistas no entrenados, entre 20 y 52 años, se les indicó como llenar la tarjeta de evaluación y como se realizaría la prueba.. En la primera fase de esta prueba a cada panelista se le entregó una tarjeta de evaluación, 5 gomitas del lote 1, así como un vaso con agua, mismo que utilizaron para limpiar el paladar entre cada muestra, al terminar la sesión 1, se dio un descanso de 40 min y se continuó con la prueba, en la que se dieron otras 5 gomitas, otro vaso de agua y otra tarjeta de evaluación, para que al finalizar la prueba, cada panelista hubiera evaluado, las 5 gomitas comerciales y las 5 hechas en el laboratorio (Regueiro, et al., 2014; Domínguez,2007).

6.6.9 Descripción de la información nutrimental

Se realizó conforme a las cantidades utilizadas de cada ingrediente basándose en la información nutrimental de los mismos. La grenetina D´Gari aporta 2.3g de proteína y 8.2mg de sodio por cada 100g, no aporta grasas ni carbohidratos. La vitamina C aporta 0.101g de proteína, 0.010g de carbohidratos, 0.0017mg de sodio, 300mg de ácido ascórbico y 135mg de citrus aurantium; por cada cápsula. La sacarosa en su totalidad son carbohidratos. Para el caso de los extractos de pigmentos, se correlacionó la cantidad de grados Brix, con el contenido de azúcar ya que $1\,°Brix = \frac{1g\ sacarosa}{100g\ de\ solución}$. Y para conocer el total de calorías se aplicaron las siguientes formulas:

$$1g\ de\ carbohidratos = 4kcal$$
$$1g\ de\ proteina = 4kcal$$

Capítulo 7. Resultados y Discusión

7.1Caracterización fitoquímica

7.1.1Cuantificación de clorofila en *Spinacia oleracea*

En la Tabla 7 se muestra el contenido de clorofila encontrado en el extracto de *Spinacia oleracea*, como puede observarse, se obtuvo una concentración de 1.082 ± 0.005 mg/g de clorofila A, mientras que la clorofila B, una concentración de 0.455± 0.002 mg/g, finalmente la concentración de clorofila total fue de 1.537 ± 0.008 mg/g. Dichos resultados tienen coinciden

con lo encontrado en la literatura; Ji, et al., (2024), reportaron valores máximos y mínimos de 1.187 mg/g y 0.480mg/g respectivamente, para clorofila A; mientras que para clorofila B, el máximo fue 0.466 mg/g y el mínimo 0.170mg/g; por lo que los resultados obtenidos se encuentran dentro de este rango, estando un poco por encima del promedio, ya que según este estudio, el promedio para clorofila A, sería de 0.749mg/g y para clorofila B sería de 0.308mg/g. Por otra parte, Hayes et al. (2020), obtuvieron concentraciones de clorofila A entre 0.425–1.069 mg/g y de clorofila B entre 0.182–0.474 mg/g, los resultados obtenidos en el laboratorio, se encuentran dentro de este rango, cercano a los valores máximos reportados. Las razones por las que hay un rango amplio de las cantidades de clorofila encontradas en espinaca, se deben a varios factores que influyen en la concentración de la clorofila, desde las condiciones climáticas durante la temporada de crecimiento (de Azevedo-Meleiro y Rodríguez-Amaya, 2005), el estado de nitrógeno, la madurez foliar (Rorie et al., 2011), los métodos de cultivo, hasta las condiciones de procesamiento postcosecha (Leong y Oey, 2012; Mendelová et al., 2014), entre ellas la temperatura de procesamiento, el cambio de pH del medio, el tiempo de procesamiento, el impacto de las enzimas, el oxígeno y la luz (Heaton y Marangoni, 1996), inclusive los genotipos de las plantas (Hayes et al., 2020; Kidmose et al., 2001). En adicción, las diferentes condiciones de extracción y métodos de determinación pueden producir resultados diferentes. Por lo que, el contenido de clorofila del extracto de *Spinacia oleracea* encontrado en este estudio podría diferir de otros resultados publicados (Isik, et al., 2025).

Tabla 4. Cuantificación de pigmentos naturales presentes en los extractos vegetales evaluados.

Extracto	Compuesto	Concentración
Spinacia oleracea	Clorofila A (mg/g)	1.082 ± 0.005
	Clorofila B (mg/g)	0.455 ± 0.002
	Clorofila Total (mg/g)	1.537 ± 0.008
Beta vulgaris	Betacianinas (mg/L)	772.255 ± 0.095
	Betaxantinas (mg/L)	484.522 ± 0.57
	Betalainas Totales (mg/L)	1256.777 ± 0.053
Clitoria ternatea	Antocianinas Totales (mg/g)	1.763 ± 0.071
Daucus carota	Carotenoides (mg/100g)	16.304 ± 0.048
Anana comosus	Carotenoides (mg/100g)	0.435 ± 0.004

Los valores representan la media (n=3).

7.1.2Cuantificación de betalainas en *Beta vulgaris*

Los resultados presentados en la Tabla 7, coinciden con lo reportado en la literatura. Trych, et al., (2022); obtuvieron una cantidad de betacianinas entre 600-900 mg/L, siendo en su mayoría

la betanina, que rondó los 700-800mg/L, en cuanto a las betaxantinas en el estudio de Trych, reportaron 80-130 mg/L, sin embargo, los resultados en este trabajo salen de este rango pues se obtuvieron 484 mg/L. La principal diferencia, radica en el uso de HPLC en el estudio de Trych et al., (2022), mientras que en este trabajo se utilizó espectrofotometría, razón por la cual en el caso de la betacianinas, solo identificamos el compuesto que se absorbe a 438nm que corresponde a la betanina pues es el de mayor proporción en las betacianinas lo que nos da un resultado aproximado al contenido total de estas, no obstante, en el caso de las betaxantinas, al ser espectrofotometría, también pueden leerse otros compuestos que se absorben a la misma longitud de onda, lo que puede alterar las lecturas, cuantificando no solo betaxantinas sino otros compuestos, (Dhole, et al., 2012; Kolarič y Šimko 2020). En otro estudio realizado por Kaba et al., (2024), se analizaron las concentraciones de betacianinas, betaxantinas y betalainas totales, con diferentes solventes, para el caso del agua (mismo solvente utilizado en este trabajo), reportaron 606.37 mg/kg para el caso de las betaxantinas reportaron 390.61 mg/kg, mientras que para betalainas totales fue 996.99mg/kg, en este caso todos los resultados obtenidos en este trabajo están por arriba de lo reportado, esto puede deberse a factores como la variedad de *Beta vulgaris*, el lugar de cosecha, ya que en su caso fue Turquía, los métodos de cultivo y la temporada,. Por otro lado, cuando usaron otro solvente (cloruro de colina + glucosa) obtuvieron valores más altos, para betacianinas 702.17 mg/kg, para betaxantinas 467.77 mg/kg y para betalainas totales 1169.94mg/kg, lo anterior nos indica que la concentración también dependerá del solvente utilizado y el método de extracción, así como las condiciones del proceso de extracción, sobre todo en el cuidado de la temperatura y la exposición a la luz (Mancha, et al., 2019).

7.1.3Cuantificación de antocianinas en *Clitoria Ternatea*

Como se observa en la tabla 7, la concentración de antocianinas totales, obtenidas a partir del extracto de *Clitoria ternatea* fue de 1.763 mg equivalentes de cianidina-3-glucosido/g, dicho resultado es similar a lo reportado por Kuswandari, et al., (2022), quienes obtuvieron 1.823 mg/g, por otro lado, Phrueksanan, et al., 2014, obtuvieron 1.46 mg/g un valor cercano y ligeramente por debajo del obtenido en este trabajo. Adicionalmente Salacheep, et al., 2020 obtuvieron valores entre 1.05- 2.19 mg cy-3-glu/g peso seco. Las variaciones en la concentración de antocianinas pueden deberse a las diferencias genéticas en la expresión de enzimas involucradas en la síntesis de flavonoides, generando diferencias significativas en la

acumulación de pigmentos, lo que es directamente proporcional a la cantidad de antocianinas presentes en la flor (Xue, et al., 2024), el momento de la cosecha influye en la cantidad de antocianas presentes al final, pues en flores inmaduras, la cantidad presente es mínima y se va perdiendo conforme avanza la senescencia. Además el método de extracción y solvente utilizado está directamente relacionado con la cantidad de antocianinas que se extraerán, aunado al pH del solvente, se ha demostrado que los solventes hidroalcohólicos acidificados son más eficientes porque estabilizan la forma flavilio de las antocianinas, evitando su transformación estructural, debido a que a pH ácido (<3), predominan las formas catiónicas (flavilio), las cuales son más estables y coloreadas y a un pH neutro o alcalino ocurre hidrólisis, lo que apertura el anillo y produce pérdida del color (Enaru, et al., 2021; Vidana, et al., 2021).

7.1.4Cuantificación de carotenoides en *Daucus carota*

De acuerdo con la tabla 7, el contenido de carotenoides (16.30mg/100g), está dentro del intervalo reportado por Vandekinderen, et al., (2008), donde señalan la cantidad de β-caroteno entre 10.1-17.3mg/g de peso fresco. De manera más reciente en el 2012, Mustafa et al., en un estudio comparativo de zanahorias blandas con zanahorias naranjas, encontraron cantidades de β-caroteno entre 12.3–22.9 mg/100 g y8.1–19.3 mg/100 g respectivamente, el valor encontrado en este trabajo se encuentra entre ambos rangos, no obstante, es importante mencionar que la cantidad de β-caroteno presente en las zanahorias está relacionado con el nivel de madurez, senescencia y procesamiento post cosecha, como lo es el almacenamiento. Por último, Mandrich, et al., (2023), mencionan que el contenido de carotenoides totales generalmente ronda los 16 a 38 mg/100 g en peso fresco. La concentración de carotenoides, esta influenciada por dos factores principales; las características intrínsecas de la zanahoria, como el genotipo y el entorno, donde están incluidos las condiciones ambientales durante el cultivo y el procesamiento después de la cosecha (Gajewski,et al., 2007), por ejemplo, se ha demostrado que cultivos en suelos arenosos tiene menor cantidad de carotenoides que aquellos cultivados en suelos arcillosos, (Martin-Diana, et al., 2007; Rico, et al., 2007; Imsic, et al., 2010; Seljåsen, et al., 2013).

7.1.5 Cuantificación de carotenoides en *Anana comosus*

El contenido de carotenoides encontrado en piña (0.43mg/100g), es cercano al fue reportado por Mollazade, et al., (2023) quienes obtuvieron un promedio de 0.32 mg/g de peso fresco, su estudio se centró en mapear la superficie de la piña para ubicar en que área se encontraban

ciertos compuestos como los carotenoides, por lo que tomaron muestras de varias partes de la piña. , En otro estudio del 2022, Gómez, et al., encontraron para la variedad Mauritius 0.809 mg/100 g, mientras que para la variedad Kew 0.215 mg/100 g, estos valores coinciden con lo encontrado en el presente trabajo, , De acuerdo con Sarkar, et al., (2020) el método de procesado de piña también influye en el contenido de carotenoides, estos autores reportan valores de 0.0252–0.497 mg/100 g, que también coinciden con lo encontrado en este trabajo, de manera general el perfil de carotenoides varía según las condiciones de cultivo, el estado de maduración y las condiciones ambientales de almacenamiento (Sanahuja, et al., 2025).

7.1.5Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH

7.1.5.1 Spinacia oleracea

En este caso, de acuerdo con la Tabla 8, se obtuvo un 60.709% de inhibición y 24.280 µmol TE/g, por lo que hay relación con lo presentado por Naseem, et al., (2023), quienes dependiendo del solvente utilizado reportaron valores entre 31.34-82.48%, por lo que el resultado presentado en este trabajo se encuentra dentro de este rango, además se menciona que la etapa de crecimiento de la planta está directamente relacionada con la producción de metabolitos secundarios como fenoles, flavonoides, carotenoides y vitamina C, lo que le confiere a *Spinacia oleracea*, su capacidad antioxidante. Por otra parte, en otro estudio se obtuvieron valores de 45.86-79.67%, no obstante en este estudio, se evaluaron 2 factores, la variedad e la espinaca y la forma de almacenarla, concluyendo que más que la cantidad de compuestos fenólicos, es el tipo de estos compuestos lo que determina la capacidad antioxidante y estos varían dependiendo del genotipo de la planta, además si la espinaca es congelada se reduce su capacidad antioxidante, por lo que el tratamiento post-cosecha impacta en este aspecto (Bystrická, et al., 2015). Finalmente, en el 2024, Najar, et al., encontraron valores entre 9.59-69.64, sin embargo, la diferencia en este estudio se debe al uso de hongos micorrízicos arbusculares y germanio como mejoradores de crecimiento, calidad nutricional y propiedades bioactivas, por lo que se puede decir que las prácticas agronómicas también influyen en la capacidad antioxidante de *Spinacia oleracea.*

Tabla 5. Porcentaje de inhibición de DPPH

Extracto	*Daucus carota*	*Spinacia oleracea*	*Ananas comosus*	*Beta vulgaris*	*Clitoria ternatea*
% Inhibición	16.150 ± 0.430 a	60.709 ± 0.605 b	61.604 ± 0.215 b	75.585 ± 0.362 c	84.573 ± 0.059 d

Los valores representan la media (n=3), letras diferentes en el mismo renglon corresponden a diferencias significativas, (p<0.05) de acuerdo con la prueba tukey HS

7.1.5.2Beta vulgaris

De acuerdo con la tabla 8, los resultados para *Beta vulgaris* fueron 75.585% de inhibición y 113.075 µmol TE/g, dichos resultados se encuentran dentro del rango reportado por Rehman, et al., (2021) donde obtuvieron entre 60-80% de inhibición, dependiendo de la parte de la planta analizada, reportando una mayor actividad antioxidante en la raíz, debido principalmente a su contenido de betalainas y flavonoides. En otro estudio el porcentaje de inhibición se situó entre 57.51- 60.56, en este caso el resultado obtenido en el laboratorio está fuera de este rango, lo cual puede deberse a la cantidad de betacianinas y betaxantinas presentes en *Beta vulgaris* ya que estas desempeñan un papel fundamental en la capacidad de neutralización de radicales libres (Boatemaa, et al., 2025).

7.1.5.3 Clitoria Ternatea

Para *Clitoria ternatea*, los resultados fueron 84.573% y 33.706 µmol TE/g, en un estudio se reportaron 12.27- 84.21%, por lo que el valor obtenido en este trabajo es ligeramente superior (0.363) (Jha y Kar, 2025), en adicción de acuerdo con Jaafar, et al., 2020; se obtuvieron porcentajes de inhibición entre 32.57-70.35%, a distintas concentraciones de etanol, distinta temperatura y tiempo de reacción, lo que sugiere que estos factores tienen impacto en la actividad antioxidante al estabilizar o degradar los flavonoides y compuestos fenólicos, responsables de la capacidad antioxidante, por otra parte la parte de la planta analizada tiene relación directa con el valor de actividad antioxidante reportado, pues en un estudio se reportó 36.05-62.39% de inhibición en hojas, mientras que en flores fue de 19.43-44.08%, no obstante también influyen factores como el solvente empleado, las condiciones experimentales y de cultivo (Islam, et al., 2023).

7.1.5.4 Daucus carota

En el caso de *Daucus carota* se obtuvo un 16.15% de inhibición de DPPH, en la literatura hay pocos estudios que reporten la actividad antioxidante en % de inhibición, el artículo que se encontró, reporta un % de inhibición menor al 20%, lo que concuerda con los resultados obtenidos, sin embargo, en el mismo estudio se encontraron porcentajes de inhibición más altos hasta un 60%, para partes áreas de Daucus carota (hojas y tallos) debido a su mayor contenido de compuestos fenólicos (Choi, et al., 2025).

7.1.5.5 Anana comosus

Los resultados obtenidos en el estudio arrojan un 61.604% de inhibición, en concordancia con lo encontrado en la literatura científica donde se reportan porcentajes de inhibición entre 31.57-

67.13% por lo que nuestro resultado se encuentra adentro del límite superior reportado (Vásquez y Noriega, 2024), en contraste con un estudio donde se evalúa la infusión de piña, se obtuvo un porcentaje de inhibición del 81.79%, sin embargo este estudio difiere tanto en la metodología, porque fue a través de una infusión como del aparte analizada, ya que la infusión se obtuvo a partir de la corona de piña, por lo cual, los resultados obtenidos tanto en este trabajo como en ese estudio difieren entre si (Nogueira, et al., 2026). En otro estudio se reporta 59.05% de inhibición para el extracto acuosos y 61.48% para el extracto metanoico, no obstante, esto se realizó en cascara de piña (Ugbogu, et al., 2026). La investigación referente *a Anana comosus*, se centra en las propiedades bioactivas de los subproductos (cascara, corazón y corona), ya que actualmente se considera un desperdicio y se está tratando de revalorizarlo para darle un enfoque distinto para ser aplicado como ingrediente funcional.

7.2Cuantificación de grados brix de los extractos

Tabla 6. °Brix de los extractos analizados

Extracto	*Clitoria ternatea*	*Spinacia oleracea*	*Beta vulgaris*	*Daucus carota*	*Ananas comosus*
°Brix	1.333 ± 0.577 a	2.666 ± 0.577 a	9.666 ± 0.577 b	10.333 ±0.577 b	11.333 ± 0.577 b

Los valores representan la media (n=3), letras diferentes en el mismo renglón corresponden a diferencias significativas, (p<0.05) de acuerdo con la prueba tukey HS

El contenido de sólidos solubles totales obtenido para la *Spincia oleracea* fue de 2.666 °Brix, valor que se encuentra por debajo de algunos reportes de la literatura. Kasim y Kasim (2017) reportaron un valor inicial cercano a 3.2 °Brix en hojas frescas de *Spinacia oleracea*, mientras que estudios posteriores han informado valores alrededor de 8.28 °Brix, las diferencias pueden atribuirse a diversos factores, entre ellos, los métodos de cultivo de la espinaca, el estado de madurez, la disponibilidad de agua durante el cultivo, las condiciones climáticas, la fertilización, el manejo postcosecha y el tiempo transcurrido antes del análisis. En particular, las hojas con un mayor contenido de humedad suelen presentar menores valores de sólidos solubles totales (Karim y Yusof, 2017; Bilbao-Sainz, et al., 2020).

En cuanto a *Beta vulgaris,* el contenido de °Brix fue de 9.666, el valor más cercano encontrado en la literatura fue de 9.17, reportado por Mounika, et al., 2020, en el tratamiento con estiércol, vermicompost y azotobacter, en el mismo estudio el valor más bajo reportado fue de 6.31, demostrando que los métodos de cultivo tienen una injerencia directa en el contenido de solidos totales, en otro estudio se obtuvieron valores entre 6.33-8.49, nuevamente esta diferencia se

debió a los tratamientos aplicados, esta vez con selenio, por lo que la variedad, la temporada de cultivo y los tratamientos agronómicos influyen significativamente en la concentración de solidos totales (Šlosár, et al., 2025; Paulauskienė, et al., 2023).

Para *Clitoria ternatea* se determinó que el contenido de °Brix fue de 1.333, éste valor está por debajo de lo reportado por Silva, et al., (2024) quienes obtuvieron 5 °Brix, no obstante, ellos analizaron la flor fresca, y en este trabajo se analizó la flor seca, por lo que se tuvo que infusionar y debido a esto, el contenido de sólidos solubles totales fue diluido, otro estudio que respaldo lo anterior es en el que se fabricó una bebida a partir de Clitoria ternatea y en dicho estudio se obtuvo 1°Brix, lo cual concuerda con el resultado obtenido en este trabajo, por lo que la metodología utilizada influye directamente en la concentración de sólidos totales (Lakshan, et al., 2019).

El contenido de sólidos solubles totales determinado para *Daucus carota* fue de 10.33 °Brix, valor que se encuentra dentro del intervalo superior reportado en la literatura científica para raíces frescas. En la revisión realizada por The influence of chosen organic fertilizers on qualitative parameters of three Daucus carota L. varieties (2020), se encontró que en el 2007 Holley et al., reportaron 7-10.5 °Brix, mientras que en el 2016, otro estudio informó valores entre 6.7 y 10.48 °Brix (Saha et al., 2016), la gran variedad de resultados, se debe a diversos factores agronómicos y fisiológicos, como el método de cultivo, las condiciones ambientales, además del propio genotipo de la zanahoria (Riaz, eta al., 2022). Por otra parte, el almacenamiento también influye significativamente y dependiendo del genotipo puede aumentar o disminuir (Ospina-Sánchez, et al., 2026)

En piña el valor de °Brix obtenido fue de 11.333, concordando con los resultados reportados por Hong, et al., 2013, los cuales se encontraban entre 10.21-13.23, sin embargo, en literatura más reciente los resultados encontrados son más elevados, en el 2025, Manasa, et al. reportaron 14.8 °Brix, estas diferencias se deben principalmente a la madurez del fruto y variedad de la piña, ya que a mayor madurez aumenta el contenido de sólidos solubles totales debido a que durante el proceso de maduración ocurre la conversión de almidón en azúcares solubles, principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, incrementando el contenido de sólidos solubles totales, aunado a la región y métodos de cultivo (Zzaman, et al., 2021)

7.3. Caracterización de las gomitas

7.3.1. pH, ºbrix y porcentaje de humedad

Los parámetros fisicoquímicos evaluados mostraron diferencias significativas entre las gomitas elaboradas en el laboratorio y las comerciales (Tabla 10), particularmente en el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) y el porcentaje de humedad. De manera general, las formulaciones comerciales presentaron valores superiores de °Brix y menor contenido de humedad. Estas diferencias pueden deberse a la composición de ambos productos, debido a que la proporción de agua, azúcares y agentes gelificantes determina en gran medida las propiedades fisicoquímicas de las gomitas y puede tener implicaciones importantes sobre su textura y estabilidad durante el almacenamiento (Wang et al., 2024).

Tabla 7. °Brix, pH y % humedad de las gomitas hechas en el laboratorio y las comerciales

	°Brix	pH	% Humedad
VEN	45.3 ± 0.6 b	4.3 ± 0.6 ab	51 ± 1.3 d
RON	51.3 ± 1.2 d	4.3 ± 0.6 ab	37.9 ± 5.2 b
AZN	39.7 ± 0.6 a	4.3 ± 0.6 ab	48.5 ± 8.4 cd
NAN	49 ± 1 c	4.3 ± 0.6 ab	39.1 ± 3.2 bc
AMN	56.7 ± 0.6 e	4 ± 0 a	40.2 ± 2.4 bc
VEC	80 ± 0 f	5.3 ± 0.6 ab	11.3 ± 0.5 a
ROC	80 ± 0 f	5.3 ± 0.6 ab	11.4 ± 1 a
AZC	80 ± 0 f	5.7 ± 0.6 b	10.7 ± 1.1 a
NAC	80 ± 0 f	5 ± 0 ab	10.8 ± 1.1 a
AMC	80 ± 0 f	5 ± 0 ab	11.2 ± 0.5 a

Los valores representan la media (n=3), letras diferentes en columnas corresponden a diferencias significativas, ($p<0.05$) de acuerdo con la prueba tukey HS

El contenido de sólidos solubles totales presentó la diferencia estadística más evidente, ya que todas las gomitas comerciales (VEC, ROC, AZC, NAC y AMC) registraron 80 ± 0 °Brix, sin diferencias significativas entre ellas ($p > 0.05$), no obstante, es importante mencionar, que alcanzaron la lectura máxima permitida por el equipo, por lo cual, no se puede asegurar que ese sea su contenido real de ºBrix o si está por encima. Por el contrario, las gomitas elaboradas en el laboratorio presentaron valores significativamente menores y diferentes entre sí: AZN mostró el menor valor (39.7 ± 0.6 °Brix) mientras que AMN (56.7 ± 0.6 °Brix) mostró el valor más elevado.

La composición entre las gomitas comerciales y las elaboradas en el laboratorio, permite explicar esta diferencia. De acuerdo con el etiquetado las gomitas comerciales, éstas contienen jarabe de maíz y sacarosa, en comparación con las gomitas elaboradas en laboratorio, donde

solo se utilizó sacarosa, no se incorporó jarabe de maíz y se añadió entre el 28-55% de agua. En las formulaciones tradicionales es común que se empleen conjuntamente la sacarosa y el jarabe de glucosa o maíz. Wang et al. (2024) señalan que el jarabe de glucosa puede representar alrededor del 40 % de una formulación típica y aproximadamente 50–60 % de los sólidos procedentes de edulcorantes, Atalar, et al., (2025) reportaron valores de 81.2 a 86.7 °Brix en gomitas formuladas con gelatina, sacarosa y jarabe de glucosa o concentrados derivados de zanahoria negra, además en otro estudio de gomitas elaboradas con sacarosa, jarabe de glucosa, gelatina y colorante natural de betabel se han alcanzado aproximadamente 85.9–89.4 °Brix después de concentrar térmicamente la mezcla (Toker et al., 2025). En cambio, los valores de 39.7–56.7 °Brix de las gomitas elaboradas en el laboratorio indican una mayor proporción de agua y una menor concentración de sólidos, lo que puede atribuirse tanto a la formulación como a las condiciones de elaboración, especialmente a la cantidad de agua incorporada mediante los extractos vegetales y al grado de evaporación durante el calentamiento, esto permite que las gomitas elaboradas en el laboratorio sean reducidas en azúcar en comparación con las comerciales. Sin embargo, a pesar de que todas fueron elaboradas bajo un esquema general similar, presentaron diferencias significativas entre ellas, lo que sugiere que la incorporación de los diferentes extractos vegetales también contribuyó a modificar la concentración final de sólidos solubles totales (Roudbari et al., 2024).

De los tres parámetros evaluados, el pH fue el que mostró menor diferencia entre las gomitas comerciales y las elaboradas en el laboratorio. Esta diferencia en el pH puede deberse a que en la formulación comercial hay presencia de ácido cítrico y ácido láctico, compuestos utilizados para regular la acidez y las características sensoriales en los productos de confitería. La acidificación también puede modificar las interacciones entre la gelatina y los demás componentes de la matriz, modificando su textura. Wang et al. (2024) demostraron que el ácido cítrico modifica las interacciones entre los biopolímeros de sistemas de gelatina y jarabe de glucosa y puede favorecer la homogeneidad de la matriz. Mientras que, en la mayoría de las formulaciones del laboratorio, se adiciono vitamina C (acido ascórbico), que, junto con los ácidos orgánicos presentes en los extractos de espinaca, betabel, zanahoria y piña, puede explicar los valores de pH entre 4.0 y 4.3. Aun con estas diferencias, tanto las gomitas comerciales como las elaboradas en el laboratorio, se encuentran dentro de intervalos previamente descritos para formulaciones de gomitas. Roudbari, et al. (2024) reportaron valores

de pH entre 3.5 y 6.5 en gomitas funcionales, asimismo, en otro estudio se obtuvieron valores aproximadamente entre 4.28 y 5.68 en formulaciones de gomitas (Atalar et al., 2025).

No obstante, el menor valor corresponde al tratamiento AMN (4.0 ± 0.0),de las gomitas elaboradas con piña, mientras que el tratamiento comercial AZC presentó el valor más elevado (5.7 ± 0.6). El menor pH de AMN puede atribuirse principalmente a la incorporación de piña, la cual contiene cantidades importantes de ácidos orgánicos, principalmente ácido cítrico y, en menor proporción, ácido málico. Krueger et al. (1992) reportaron concentraciones de ácido cítrico de 0.439–1.151 g/100 mL y de ácido málico de 0.073–0.391 g/100 mL en jugos frescos de piña, mientras que Lu et al. (2014) confirmaron que ambos constituyen componentes importantes de la fracción ácida de esta fruta. La presencia de estos ácidos favorece una mayor concentración de iones H^+ y, por consiguiente, una disminución del pH de la matriz alimentaria. Esta tendencia coincide con estudios en productos de confitería, donde la incorporación de ingredientes derivados de piña y otros concentrados de frutas ha ocasionado reducciones del pH (Pekdogan Goztok, 2024). En contraste, AZC presentó el mayor pH, lo que podría relacionarse con una menor contribución de ácidos orgánicos o acidulantes en su formulación. Se ha reportado que las gomitas adicionadas con ácido cítrico suelen presentar valores de pH de aproximadamente 3.0–5.0, mientras que formulaciones con menor acidificación pueden alcanzar valores superiores a 5.0 (Wang & Hartel, 2022). Por tanto, el elevado pH observado en AZC probablemente responde a las características globales de su formulación comercial y no necesariamente al colorante azul de manera aislada.

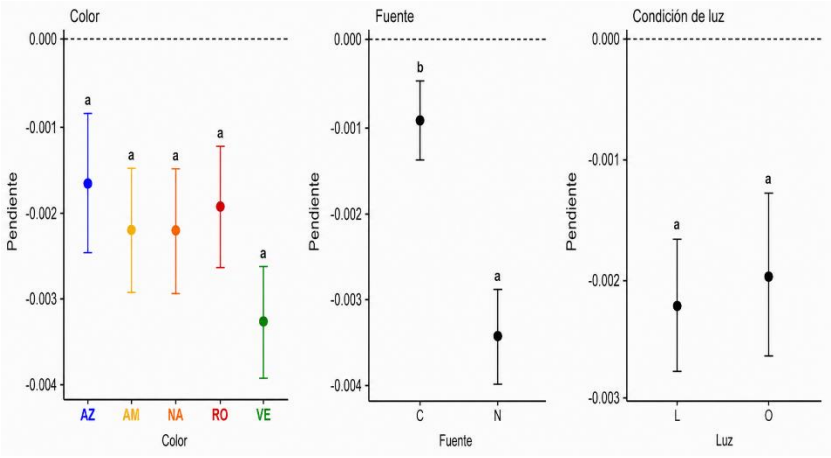
Por último, de las pruebas fisicoquímicas, el % de humedad, también mostró diferencias significativas entre las gomitas comerciales y las elaboradas en el laboratorio. Las gomitas comerciales presentaron valores más bajos y homogéneos, sin diferencias significativas entre ellos ($p > 0.05$). En contraste con las gomitas elaboradas en el laboratorio que presentaron porcentajes mayores, desde 37.9 ± 5.2 % en RON hasta 51 ± 1.3 % en VEN.

Estas diferencias pueden entenderse mejor al considerar los ingredientes y el proceso de elaboración, pues en las gomitas comerciales los ingredientes mayoritarios fueron jarabe de maíz y sacarosa, además de glicerina, este último, funciona como humectante y puede interactuar con el agua, lo que le permite presentar un contenido relativamente bajo de humedad y, simultáneamente, conservar flexibilidad. En contraste con las formulaciones experimentales donde se incorporaron cantidades relativamente elevadas de agua para hidratar la grenetina y

preparar la matriz, además del agua que aportaron los extractos vegetales. En formulaciones de confitería, un menor contenido de agua suele asociarse con una mayor proporción de materia seca y una estructura más firme, mientras que contenidos elevados de humedad favorecen productos más blandos (Toker et al., 2025). Por ejemplo, Atalar et al. (2025) reportaron contenidos de humedad aproximadamente entre 12.37 y 20.19% en sus formulaciones y Roudbari et al. (2024) encontraron contenidos de humedad de 13.00–17.95 % en formulaciones de gomitas funcionales. Asimismo, Vojvodić et al. (2024) señalaron que el contenido de agua y la cantidad y tipo de hidrocoloide constituyen algunos de los factores de mayor influencia sobre la textura de las gomitas, incluso en este estudio los valores obtenidos entre 25–30%, fueron considerados altos para este tipo de confite. Por lo anterior, las gomitas comerciales coinciden con los resultados reportados en la literatura, mientras que las realizadas en el laboratorio presentan porcentajes elevados. La literatura ha demostrado que el contenido de agua de las gomitas repercute en sus propiedades mecánicas, por ejemplo, relacionaron un incremento en humedad con una textura más blanda. Por ello, sería esperable que las diferencias iniciales de humedad encontradas entre las gomitas experimentales y comerciales contribuyan a explicar parte de las diferencias observadas en los parámetros de textura, pérdida de peso y tamaño (Roudbari et al., 2024).

7.3.2. Tamaño y peso

La evaluación de las pendientes permitió determinar la dirección y magnitud de los cambios en el peso de las gomitas durante el periodo de almacenamiento, así como comparar el comportamiento asociado con el color, la fuente (comerciales y experimentales) y la condición de luz. El análisis de la tasa de cambio de una variable en función del tiempo constituye una herramienta útil para describir la estabilidad de parámetros de calidad durante el almacenamiento de alimentos. En este contexto, una pendiente cercana a cero indica una menor variación del peso a través del tiempo y, por lo tanto, una mayor estabilidad del parámetro; una pendiente negativa indica una disminución progresiva del parámetro, mientras que una pendiente positiva representa un incremento conforme avanza el almacenamiento. (Zhang et al., 2021; Al-Dairi et al., 2023).



Grafica 1. Pendientes estimadas e intervalos de confianza del 95 % para color, fuente y condición de luz, para peso

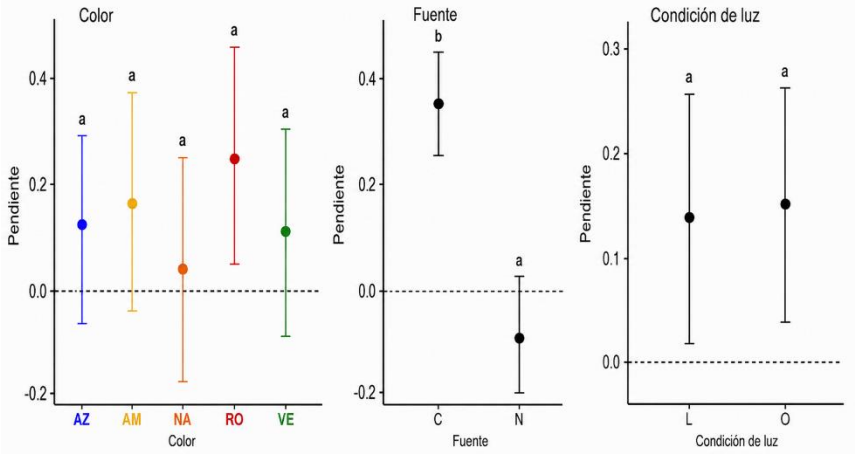
En la Gráfica 1 se observa que todos los colores presentaron pendientes negativas, indicando una disminución progresiva del peso durante el almacenamiento. Sin embargo, en la clasificación por color se evidenció que las pendientes no fueron significativamente diferentes entre AZ, AM, NA, RO y VE ($p > 0.05$), en cambio la fuente fue el único factor que presentó una diferencia estadísticamente significativa, las gomitas comerciales (C) mostraron una pendiente aproximada de −0.0009, mientras que las elaboradas en laboratorio (N) presentaron una pendiente cercana a −0.0035. Aunque tanto las gomitas comerciales como las experimentales perdieron peso, la magnitud de esta reducción fue considerablemente mayor en las gomitas elaboradas en el laboratorio. Por consiguiente, las gomitas comerciales presentaron una mayor estabilidad gravimétrica durante el almacenamiento, mientras que las experimentales fueron más susceptibles a la pérdida de masa. En cuanto al efecto de la condición de luz Las muestras almacenadas en luz (L) presentaron una pendiente aproximadamente de −0.0023, mientras que aquellas mantenidas en oscuridad (O) mostraron un valor cercano a −0.0020. Ambas pendientes fueron negativas, indicando pérdida de peso en ambas condiciones. Sin embargo, no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$), por lo cual no es un factor determinante en la pérdida de peso.

La pérdida de peso está estrechamente relacionada con los factores fisicoquímicos antes mencionados, en primer lugar, las gomitas elaboradas en laboratorio presentaron contenidos de humedad entre 37.9 y 51.0 %, mientras que las comerciales mostraron únicamente 10.7–11.4 %. De manera inversa, las comerciales alcanzaron 80 °Brix, frente a los 39.7–56.7 °Brix de las experimentales. Por tanto, estas últimas comenzaron el almacenamiento con matrices considerablemente más hidratadas y menos concentradas en sólidos. Esta diferencia ayuda a

explicar la mayor pérdida de peso en las formulaciones experimentales, ya que, al contener inicialmente una mayor proporción de agua, esta era susceptible de migrar hacia el ambiente durante el almacenamiento, modificando así su masa, textura y estabilidad durante el almacenamiento (Ergun et al. 2010).

Esto ya ha sido documentado por Figueroa, et al., (2025), quienes indican que las gomitas al ser sistemas higroscópicos, durante el almacenamiento puede ocurrir una pérdida progresiva de humedad, cuya magnitud depende de factores como la formulación, temperatura y el material de empaque.

El comportamiento del tamaño (Gráfica 2), fue diferente al observado para el peso, ya que las pendientes estimadas para los diferentes colores fueron positivas, pero, las pendientes no fueron diferentes significativamente entre las gomitas comerciales (AZ, AM, NA, RO y VE) ($p > 0.05$), sin embargo, resulta contradictorio que si perdieron peso hayan "crecido", no obstante esto pudo deberse a un error en la medición, ocasionado por la flexibilidad de las gomitas durante su almacenamiento, ya que tendían a deformarse dentro del contenedor, y al ser retiradas de este para medirse en apariencia parecían más grandes, aunque solo estaban "estiradas".



Grafica 2. Pendientes estimadas e intervalos de confianza del 95 % para color, fuente y condición de luz para tamaño.

Y al igual que en el peso, el factor más relevante fue la fuente, las gomitas comerciales presentaron una pendiente positiva cercana a +0.35, mientras que las elaboradas en laboratorio mostraron una pendiente ligeramente negativa, aproximadamente de −0.10, lo que indicó una diferencia estadísticamente significativa. No obstante, nuevamente ocurrieron errores en la medición y prueba de ello es la pendiente positiva para las gomitas comerciales, que indicaría una ganancia de tamaño, mientras que en las gomitas del laboratorio, la pendiente es negativa,

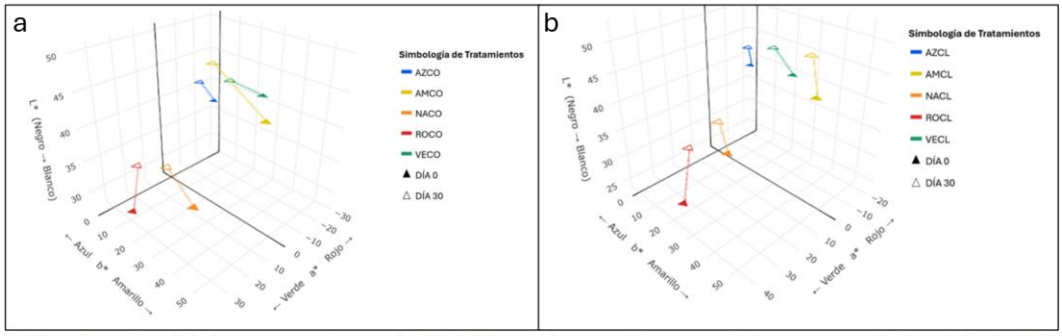
indicando una pérdida de tamaño, y esa diferencia se debió a la formulación de cada una, ya que al contener glicerina, las gomitas comerciales conservaron su flexibilidad, mientras que las experimentales no mantuvieron esta propiedad, lo que hacía más certera la medición en contraste con las comerciales.

Finalmente, así como en el peso, la condición de luz no representó un factor determinante en el cambio de tamaño, pues ambas “L” y “O” no mostraron diferencias significativas, aunque ambas con una pendiente positiva que nuevamente se debió a un error en la medición de tamaño.

Wang et al. (2024) demostraron que la cantidad de agua y la composición de los azúcares modifican las interacciones entre la gelatina y el jarabe de glucosa y, por tanto, las características estructurales del gel, que puede sufrir modificaciones como la deformación o redistribución interna de los componentes de la matriz durante el almacenamiento. Además, las gomitas al ser sistemas viscoelásticos, su estructura puede modificarse con el tiempo como consecuencia de cambios en la movilidad del agua y en las interacciones entre gelatina y azúcares, por lo que la formulación, es determinante para la estabilidad física durante el almacenamiento (Tireki, et al., 2021; Figueroa, et al., 2025).

7.3.3. Color

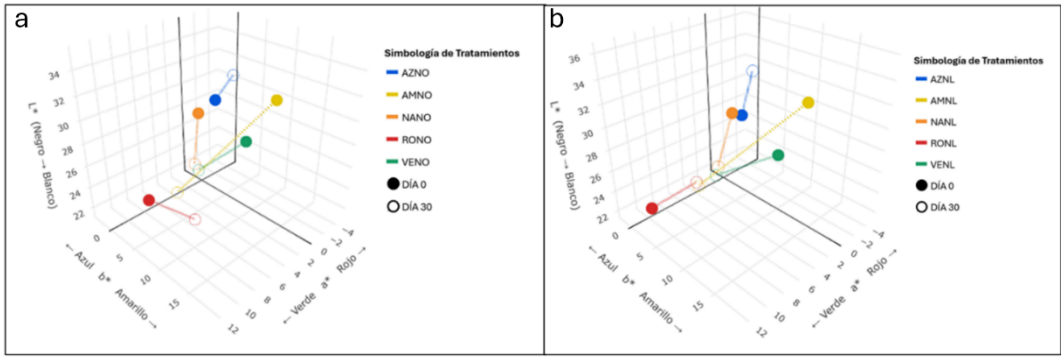
La estabilidad del color constituye un parámetro fundamental para evaluar la calidad de los alimentos durante el almacenamiento, debido a que el color es uno de los primeros atributos sensoriales percibidos por el consumidor y puede influir directamente en la aceptación o rechazo del producto (Cairone et al., 2020; Echegaray et al., 2023). La estabilidad cromática de las gomitas se evaluó mediante el sistema CIELAB, considerando la diferencia total de color (ΔE), el cambio de croma (ΔC) y el desplazamiento de las coordenadas L*, a* y b* entre los días 0 y 30. En este sistema, L* representa la luminosidad, mientras que las coordenadas a* y b* describen los componentes cromáticos en los ejes verde-rojo y azul-amarillo, respectivamente (Ruedt et al., 2023). Por su parte, ΔE expresa la magnitud global de la diferencia de color entre dos mediciones a partir de las variaciones de L*, a* y b*, y croma (C*) representa la saturación o intensidad del color, por lo que ΔC permite describir el cambio en dicha intensidad entre dos momentos de evaluación (Ruedt et al., 2023).



Gráfica 3. a) Cambio de color en el espacio CIELAB para las gomitas comerciales en oscuridad, del día 0 al día 30. b) Cambio de color en el espacio CIELAB para las gomitas comerciales en luz, del día 0 al día 30.

La Gráfica 3. a) muestra el desplazamiento en el espacio CIELAB de las gomitas comerciales mantenidas en oscuridad. Entre ellas, AMCO presentó el cambio global más pronunciado, con $\Delta E = 26.2 \pm 14.7$ y $\Delta C = -25.6 \pm 14.8$, seguido de NACO, con $\Delta E = 18.1 \pm 0.5$ y $\Delta C = -16.8 \pm 0.6$. La magnitud negativa de ΔC en ambos tratamientos indica que una parte importante del cambio total estuvo asociada con una pérdida de saturación. Por el contrario, AZCO presentó mayor estabilidad relativa, con $\Delta E = 7.3 \pm 0.2$ y $\Delta C = -6.2 \pm 0.3$., mientras que VECO y ROCO mostraron cambios intermedios. Mientras que en la Gráfica 3. b), las gomitas comerciales expuestas a luz, ROCL presentó el mayor cambio, con $\Delta E = 17.1 \pm 0.2$ y $\Delta C = -15.9 \pm 0.2$., en contraste con AZCL que fue el tratamiento más estable, con $\Delta E = 3.6 \pm 0.2$ y $\Delta C = -0.1 \pm 0.1$. Otro dato relevante es que AMCL y NACL fueron más estables que sus equivalentes almacenados en oscuridad, por lo tanto la exposición a la luz, no siempre implica una mayor degradación del pigmento, teniendo mayor impacto la acción conjunta de otros factores como la disponibilidad de oxígeno y la matriz, por lo que la estabilidad debe interpretarse para cada

sistema colorante-formulación, ya que depende de la estructura química del colorante y de su interacción con el medio (Wijesekara & Xu, 2024).



Gráfica 4. a) Cambio de color en el espacio CIELAB para las gomitas hechas en el laboratorio en oscuridad, del día 0 al día 30. b) Cambio de color en el espacio CIELAB para las gomitas hechas en el laboratorio en luz, del día 0 al día 30

La Gráfica 4. a) corresponde a las formulaciones naturales mantenidas en oscuridad, donde AZNO mostró la mayor estabilidad cromática, con ΔE = 4.2 ± 0.7 y ΔC = +0.4 ± 0.5, la proximidad de ΔC a cero indica que la saturación prácticamente se conservó durante el periodo de almacenamiento. En contraste, AMNO presentó ΔE = 18.0 ± 3.7 y ΔC = −11.6 ± 1.3, constituyendo el mayor cambio entre las gomitas experimentales en oscuridad, mientras que NANO, VENO y RONO mostraron comportamientos intermedios. En comparación con la Gráfica 4. b), las formulaciones naturales expuestas a luz, AZNL volvió a presentar una elevada estabilidad, con ΔE = 5.4 ± 1.8 y ΔC = −0.1 ± 0.5, RONL, VENL y NANL nuevamente mostraron comportamientos intermedios, mientras que AMNL volvió a representar el mayor cambio global ΔE = 18.6 ± 1.4 y ΔC = −12.1 ± 1.3, valores prácticamente equivalentes a los observados para AMNO en oscuridad.

Las diferencias observadas en las gomitas elaboradas en el laboratorio pueden relacionarse con los pigmentos predominantes de los extractos, clorofila de *Spinacia oleracea*, betalainas de *Beta vulgaris*, antocianinas de *Clitoria ternatea* y carotenoides de *Daucus carota* y *Ananas comosus*. Cada uno de estos pigmentos presenta estructuras químicas y mecanismos de degradación distintos.

En los tratamientos VENO y VENL presentaron cambios intermedios en ΔE y negativos en ΔC, en ambos tratamientos. Lo que es congruente con la sensibilidad de las clorofilas frente a pH ácido, luz, oxígeno y temperatura. Además, en condiciones ácidas puede ocurrir la sustitución del Mg2+ central de la molécula y la formación de feofitinas, lo que provoca una transición de un verde brillante a tonalidades verde oliva o pardas, esto resulta pertinente porque las gomitas

experimentales presentaron valores de pH alrededor de 4.0-4.3, un ambiente suficientemente ácido para favorecer esta transformación en la clorofila y en consecuencia un cambio en el color (Wijesekara & Xu, 2024; Östbring, et al., 2020).

Las gomitas rojas naturales mostraron ΔE de 8.6 ± 10.7 en RONO y 5.5 ± 0.8 en RONL. Actualmente las betalainas han recibido amplio interés como colorantes naturales por su tonalidad intensa y sus propiedades antioxidantes, pero su estabilidad depende de factores como temperatura, luz, oxígeno, actividad de agua, composición química y pH. En alimentos presentan buena estabilidad bajo condiciones moderadamente ácidas, lo que puede explicar los valores relativamente bajos de ΔE (Carreón-Hidalgo et al., 2022; Wijesekara & Xu, 2024).

En cuanto a las gomitas azules, elaboradas en el laboratorio, fueron las que presentaron la mayor estabilidad AZNO presentó ΔE = 4.2 ± 0.7 y ΔC = +0.4 ± 0.5, mientras que AZNL presentó ΔE = 5.4 ± 1.8 y ΔC = −0.1 ± 0.5. La conservación de ΔC alrededor de cero indica que la intensidad cromática prácticamente se mantuvo tanto en oscuridad como en luz. Esto puede explicarse por la composición particular de las antocianinas de *Clitoria ternatea,* ya que contienen una elevada proporción de ternatinas, las cuales son antocianinas poliaciladas derivadas de delfinidina, y la poliacilación favorece interacciones intramoleculares que protegen el cromóforo y contribuyen a una mayor estabilidad que en las antocianinas no aciladas. Vidana et al. (2021) destacan precisamente que las ternatinas confieren una coloración azul característica y poseen interés tecnológico por su estabilidad y actividad antioxidante.

Por otra parte, los tratamientos NANO y NANL presentaron cambios moderados-altos y similares entre sí: ΔE = 11.0 ± 1.8 y 11.4 ± 2.3, respectivamente, con ΔC cercanos a −8 en ambos casos. La semejanza entre luz y oscuridad sugiere que la exposición a esta no el único factor determinante en el cambio de color. *Daucus carota* contiene principalmente α-caroteno y β-caroteno, cuya estructura de dobles enlaces conjugados les proporciona color y capacidad para interactuar con especies reactivas; sin embargo, esa misma estructura los hace susceptibles a oxidación e isomerización. La estabilidad de los carotenoides está influenciada por luz, oxígeno, temperatura, humedad y composición de la matriz (Wijesekara & Xu, 2024). Por tanto, la reducción de ΔC en NANO y NANL se puede explicar por transformaciones oxidativas o isomerización de carotenoides. Desde el punto de vista funcional, los carotenoides poseen importancia nutricional por su actividad provitamina A y su capacidad antioxidante. Sin embargo, al ser extraídos del tejido vegetal y transferidos a una nueva matriz, pierden parte de

la protección estructural que proporciona la célula vegetal y quedan más expuestos al oxígeno (Boon et al., 2010; Rodriguez-Amaya, 1999).

Finalmente, las formulaciones con menor estabilidad dentro de las elaboradas en el laboratorio fueron las amarillas, AMNO alcanzó ΔE = 18.0 ± 3.7 y ΔC = −11.6 ± 1.3, mientras que AMNL presentó ΔE = 18.6 ± 1.4 y ΔC = −12.1 ± 1.3. La similitud entre ambas condiciones evidenció que la oscuridad no evitó el cambio cromático y que la luz no puede considerarse la única causa de la inestabilidad. En este caso particular debe considerarse que el jugo fue sometido previamente a ebullición con la finalidad de inactivar la bromelina, pero pudo contribuir a la elevada modificación cromática observada en AMNO y AMNL, ya que la literatura indica que los tratamientos térmicos modifican significativamente los parámetros de color y pueden favorecer tanto la degradación de carotenoides como el pardeamiento no enzimático (Rattanathanalerk et al., 2005; Chutintrasri & Noomhorm, 2007). Además, la aplicación de calor puede disminuir otros compuestos antioxidantes presentes en la piña, como el ácido ascórbico, reduciendo potencialmente la protección de los carotenoides frente a reacciones oxidativas posteriores (Hoque et al., 2024; Kumar et al., 2025).

7.3.4. Textura

El perfil de textura de las gomitas está determinado por la interacción entre el agente gelificante, el agua, los azúcares y los demás componentes incorporados en la formulación, ya que estos participan en la formación y organización de la red estructural y, en consecuencia, modifican sus propiedades mecánicas (Tireki et al., 2021; Pekdoğan Göztok et al., 2024). Dentro del análisis de perfil de textura (TPA), la dureza representa la resistencia que presenta el alimento frente a la compresión o deformación; la cohesividad se relaciona con la resistencia de los enlaces internos que mantienen la estructura interna del alimento; mientras que la elasticidad describe su capacidad para recuperar su estructura después de haber sido deformado (Jonkers et al., 2022). Por su parte, la gomosidad es un parámetro derivado de la dureza y la cohesividad y, está estrechamente relacionada con la firmeza y la integridad estructural de la matriz alimentaria (Tireki et al., 2021; Toker et al., 2025).

Tabla 8. Cambio en la Textura (dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad) en las gomitas hechas en el laboratorio y las comerciales, del día 0 y 30.

	Dureza (N)		Cohesividad		Elasticidad		Gomosidad (N)	
Tratamiento	**Día 0**	**% Cambio**	**Día 0**	**% Cambio**	**Día 0**	**% Cambio**	**Día 0**	**% Cambio**
VENO	8.11 ± 0.45 c	49.24% ± 16.24 bc	0.98 ± 0.02 bcd	-1.97% ± 1.51 abc	1.00 ± 0.00 a	-0.02% ± 0.09 a	7.96 ± 0.34 c	46.41% ± 17.46 bcd
VENL	8.91 ± 0.21 c	14.56% ± 15.32 bc	1.01 ± 0.01 ab	-4.10% ± 2.54 abc	1.00 ± 0.00 a	0.01% ± 0.01 a	9.03 ± 0.02 c	9.91% ± 15.65 bc
RONO	7.79 ± 1.34 c	34.30% ± 19.55 bc	1.01 ± 0.02 ab	-3.82% ± 1.60 abc	1.00 ± 0.00 a	-0.02% ± 0.02 a	7.83 ± 1.20 c	29.37% ± 20.96 bcd
6RONL	9.18 ± 0.30 c	8.71% ± 5.70 b	1.00 ± 0.01 abc	-4.55% ± 1.18 abc	1.00 ± 0.00 a	0.02% ± 0.00 a	9.20 ± 0.21 c	3.73% ± 4.65 b
AZNO	8.69 ± 0.26 c	72.96% ± 6.17 c	1.01 ± 0.01 ab	-3.65% ± 1.24 abc	1.00 ± 0.00 a	-0.00% ± 0.07 a	8.82 ± 0.27 c	66.69% ± 7.64 d
AZNL	8.72 ± 0.26 c	53.95% ± 3.90 bc	1.03 ± 0.01 a	-5.03% ± 0.94 abc	1.00 ± 0.00 a	-0.00% ± 0.03 a	8.97 ± 0.34 c	46.22% ± 4.73 bcd
NANO	8.24 ± 0.34 c	-71.64% ± 4.18 a	0.98 ± 0.00 bcde	-8.93% ± 6.70 a	1.00 ± 0.00 a	-0.02% ± 0.07 a	8.07 ± 0.35 c	-74.23% ± 3.60 a
NANL	8.77 ± 0.32 c	-80.77% ± 5.97 a	0.97 ± 0.00 cdef	-8.51% ± 1.32 ab	1.00 ± 0.00 a	0.03% ± 0.07 a	8.52 ± 0.31 c	-82.40% ± 5.53 a
AMNO	9.66 ± 0.61 c	72.14% ± 48.67 c	0.96 ± 0.02 def	-3.09% ± 3.07 abc	1.00 ± 0.00 a	0.01% ± 0.08 a	9.23 ± 0.46 c	65.89% ± 41.48 cd
AMNL	11.48 ± 0.88 bc	14.22% ± 7.35 bc	0.94 ± 0.01 f	-0.52% ± 0.35 c	1.00 ± 0.00 a	0.02% ± 0.08 a	10.80 ± 0.77 bc	13.64% ± 7.63 bcd
VECO	17.06 ± 0.68 a	-2.83% ± 10.58 b	0.93 ± 0.01 f	0.58% ± 2.37 c	1.00 ± 0.00 a	0.02% ± 0.02 a	15.92 ± 0.59 a	-2.37% ± 9.26 b
VECL	18.25 ± 1.44 a	-0.03% ± 11.13 b	0.94 ± 0.00 f	-1.04% ± 0.47 c	1.00 ± 0.00 a	-0.00% ± 0.04 a	17.07 ± 1.29 a	-1.08% ± 11.03 b
ROCO	17.76 ± 3.63 a	2.02% ± 32.45 b	0.95 ± 0.03 def	-2.55% ± 3.42 abc	1.00 ± 0.00 a	0.00% ± 0.08 a	16.73 ± 3.03 a	-1.05% ± 29.39 b
ROCL	16.33 ± 0.97 a	4.02% ± 11.91 b	0.94 ± 0.00 f	-0.79% ± 0.75 c	1.00 ± 0.00 a	-0.01% ± 0.03 a	15.32 ± 0.95 a	3.24% ± 12.39 b
AZCO	17.27 ± 3.04 a	17.69% ± 35.02 bc	0.94 ± 0.01 ef	-2.57% ± 2.02 abc	1.00 ± 0.00 a	0.03% ± 0.03 a	16.27 ± 2.70 a	14.22% ± 31.66 bcd
AZCL	16.52 ± 2.23 a	25.87% ± 28.64 bc	0.94 ± 0.00 f	-1.67% ± 0.97 bc	1.00 ± 0.00 a	-0.01% ± 0.03 a	15.52 ± 2.09 a	23.58% ± 27.06 bcd
NACO	17.83 ± 0.25 a	1.10% ± 10.39 b	0.94 ± 0.01 f	-1.71% ± 2.06 bc	1.00 ± 0.00 a	0.01% ± 0.01 a	16.69 ± 0.35 a	-0.60% ± 11.05 b
NACL	17.32 ± 1.77 a	24.03% ± 8.98 bc	0.93 ± 0.01 f	-1.33% ± 1.73 c	1.00 ± 0.00 a	-0.01% ± 0.06 a	16.16 ± 1.41 a	22.31% ± 7.82 bcd
AMCO	16.24 ± 0.52 a	3.60% ± 16.18 b	0.94 ± 0.00 f	-1.04% ± 0.49 c	1.00 ± 0.00 a	0.03% ± 0.06 a	15.22 ± 0.46 a	2.52% ± 15.99 b
AMCL	14.55 ± 1.59 ab	39.39% ± 21.87 bc	0.94 ± 0.00 f	-2.33% ± 0.99 abc	1.00 ± 0.00 a	-0.01% ± 0.06 a	13.66 ± 1.46 ab	36.07% ± 20.57 bcd

Los valores representan la media (n=3), letras diferentes en columnas corresponden a diferencias significativas, ($p<0.05$) de acuerdo con la prueba tukey HS

De inicio ya podemos observar diferencias significativas en el día "0" entre las gomitas comerciales y las elaboradas en el laboratorio. Las gomitas comerciales presentaron durezas aproximadamente entre 16.3N y 18.3N, mientras que la mayoría de las formulaciones

elaboradas en el laboratorio se encontraron entre 7.8N y 11.5N. Así mismo con el pasar del tiempo, las gomitas comerciales aumentaron levemente su dureza ROCO (+2.02%), ROCL (+4.02%) y NACO (+1.10%), con excepción de AZCO (+17.69%), AZCL (+25.87%) y NACL (+24.03%) que mostraron mayores incrementos y (VECO (-2.83%), VECL (-0.03%), que contrario a todas las comerciales disminuyeron su dureza. En contraste la mayoría de los tratamientos elaborados en el laboratorio tuvieron un incremento alto AZNO (+72.96%), AMNO (+72.14%), AZNL (+53.95%), VENO (+49.24%) y RONO (+34.30%), exceptuando NANO (-71.64%) y NANL (-80.77%) que mostraron una disminución en la dureza.

La diferencia en la dureza inicial entre las gomitas comerciales y la hechas en el laboratorio se explica por la composición de las gomitas, las comerciales contenían jarabe de maíz, sacarosa, grenetina y glicerina, además de ácidos orgánicos; mientras que las formulaciones experimentales se elaboraron principalmente con grenetina, sacarosa, agua y el extracto pigmentario. El jarabe de maíz participa en el control de la cristalización de sacarosa y en la movilidad del agua, mientras que la relación entre jarabe, sacarosa y gelatina modifica directamente la resistencia del gel, por lo que los componentes y sus interacciones son determinantes para dureza (Tireki et al., 2021). Además, Pekdogan Goztok et al. (2024) encontraron que los concentrados de fruta utilizados en sustitución del jarabe de glucosa produjeron gomitas más blandas y menos gomosas, atribuyéndolo a diferencias en contenido de azúcares, unión de agua y comportamiento de cristalización.

Estos resultados concuerdan con los resultados de humedad, las gomitas experimentales comenzaron con mayor humedad y menor concentración de sólidos solubles que las comerciales, por lo que al ser una matriz más hidratada puede ejercer un efecto plastificante sobre la red hidrocoloide y reducir inicialmente su resistencia mecánica. El endurecimiento en las gomitas comerciales a través del tiempo pudo deberse a la pérdida de agua durante el almacenamiento, lo que disminuyó el efecto plastificante del agua y aumentó la concentración efectiva de gelatina y azúcares, favoreciendo una estructura más firme (Tireki et al., 2021).

No obstante, las gomitas con *Daucus carota* tuvieron un comportamiento completamente diferente, pues tuvieron una disminución considerable en la dureza, a pesar de que esta formulación ocupó menos agua, ocupó una mayor cantidad de jugo que al ser de zanahoria además de los carotenoides aportó azúcares, pectinas y fibra, los cuales son capaces de modificar la red de gelatina y por tanto la textura.

En cuanto a la cohesividad, el valor inicial se mantuvo próximo a 1.0 en todas las formulaciones, pero las comerciales presentaron valores ligeramente menores. Durante el almacenamiento, los cambios fueron menores en comparación con la dureza: las formulaciones experimentales mostraron disminuciones entre -0.5 a -8.9%, mientras que las comerciales variaron alrededor de -2.6 a +0.6%. La mayor disminución se observó en NANO (-8.93%) y NANL (-8.51%). Este comportamiento indica que, aunque la resistencia mecánica cambió de manera considerable en algunos tratamientos, la integridad interna de la red fue más estable. El hecho de que esto ocurriera tanto en el tratamiento con oscuridad como en el tratamiento con luz sugiere que no se trató de un efecto fotoquímico sobre los carotenoides, sino de una característica en la formulación de zanahoria (Tireki et al., 2021).

El parámetro más estable en todas las formulaciones debido a que no presentó un porcentaje de cambio ni diferencia significativa entre tratamientos fue la elasticidad, pues tanto en el día 0 como al final del periodo de almacenamiento presentó valores de 1.00 o cercanos. La relativa estabilidad de la elasticidad es consistente con otros trabajos de textura; ya se ha descrito que los concentrados de frutas modifican significativamente diversos parámetros del TPA, pero la elasticidad es la excepción. De manera semejante, estudios con extracto de betabel han mostrado que la concentración del colorante natural puede no producir un efecto significativo sobre la elasticidad, aun cuando sí existen interacciones con gelatina y sacarosa en otras propiedades (Pekdogan Goztok et al., 2024; Toker et al., 2025).

Por último, la gomosidad siguió el comportamiento de la dureza, AZNO (+66.69 %), AMNO (+65.89 %), VENO (+46.41 %), AZNL (+46.22 %) y RONO (+29.37 %) aumentaron, mientras que NANO (-74.23 %) y NANL (-82.40 %) disminuyeron drásticamente. Esto es esperable porque la gomosidad se obtiene a partir del producto entre dureza y cohesividad. La similitud entre los patrones de dureza y gomosidad fortalece la interpretación de que los cambios en el almacenamiento estuvieron dominados principalmente por modificaciones en la resistencia de la matriz y no por las variaciones en cohesividad (Tireki et al., 2021). Nuevamente este comportamiento en zanahoria se relacionó con la composición compleja del jugo que además de carotenoides, contiene azúcares, minerales, ácidos orgánicos, compuestos fenólicos y pectinas. En un estudio del 2013 se reportaron aproximadamente 1.10 g de pectato de calcio/100 g de jugo de zanahoria y demostraron que su incorporación podía modificar significativamente las propiedades mecánicas de geles. Sin embargo, el efecto depende del

hidrocoloide empleado, lo que indica que los componentes de la zanahoria interactúan de manera específica con la estructura del gel, modificándola matriz y haciéndola susceptible a la deformación (Banerjee et al., 2013).

7.3.5. Vida en anaquel por contaminación microbiana

La vida útil de las gomitas se estableció mediante observación visual directa durante el almacenamiento, utilizando como criterios de terminación el deterioro evidente del color o la aparición macroscópica de contaminación microbiana. El tiempo de vida útil correspondió al momento en que se presentó alguno de los dos eventos. Sin embargo, es importante mencionar que debido a que no se realizaron recuentos microbiológicos, la evaluación debe interpretarse como una estimación de vida útil aparente y no como una demostración de inocuidad microbiológica. Lo cual es importante porque la norma ISO 16779:2015 reconoce que la vida útil puede evaluarse mediante cambios sensoriales, entre ellos la apariencia, pero señala que la información microbiológica, debe utilizarse de manera complementaria cuando se pretende establecer de forma integral la estabilidad del alimento (International Organization for Standardization [ISO], 2015).

Tabla 9. Gomitas hechas en el laboratorio y gomitas comerciales en condición de luz y oscuridad en el día 0 y 30.

		Día 0	Día 30
NATURALES	LUZ		
	OSCURIDAD		

COMERCIALES	LUZ		
	OSCURIDAD		

El empleo del color como criterio de vida útil es particularmente pertinente en productos de confitería, ya que la apariencia constituye uno de los primeros atributos mediante los cuales el consumidor identifica deterioro o pérdida de calidad. En un estudio de gomitas formuladas con distintas proporciones de jarabe de glucosa, sacarosa, gelatina y almidón durante 12 semanas de almacenamiento, observaron que el cambio de color aumentó progresivamente con el tiempo y con la temperatura (Tireki et al., 2021).

La comparación fotográfica entre los días 0 y 30 muestra que las gomitas elaboradas en el laboratorio experimentaron cambios de apariencia más evidentes que las comerciales. En varias formulaciones naturales se observó un cambio hacia tonalidades más oscuras o pardas y una pérdida de la apariencia inicial. Este comportamiento es consistente con la menor estabilidad que suelen presentar los pigmentos naturales frente a factores como oxígeno, luz, temperatura y pH. En contraste, las gomitas comerciales mantuvieron de manera más marcada sus colores, aunque también pueden apreciarse variaciones de intensidad.

La literatura confirma que, en los pigmentos naturales, el comportamiento durante almacenamiento depende de la naturaleza química del pigmento y, de manera muy importante, de las estrategias utilizadas para protegerlo. Otálora et al. (2019) incorporaron betalainas

encapsuladas de *Opuntia ficus-indica* en gomitas de gelatina y observaron valores de ΔE inferiores a 4 después de 30 días de almacenamiento a 4 °C y en oscuridad, lo que indicó una buena conservación del color. Otros resultados similares son los de Kumar et al. (2020) quienes demostraron que la encapsulación nanoliposomal de betalainas de *Basella rubra* mejoró aproximadamente 76 % su estabilidad de color y permitió desarrollar gomitas con buena retención del pigmento durante 28 días a 5 °C. De igual manera, Otálora et al. (2023) utilizaron betaxantinas microencapsuladas procedentes de subproductos de pitahaya amarilla y observaron estabilidad del color de las gomitas durante 30 días a 18 °C y 60 % de humedad relativa. Esto evidencía que los pigmentos naturales sí pueden conservarse en matrices de confitería, pero que su estabilidad depende de mecanismos de protección y de las condiciones de almacenamiento (Ghosh, et al., 2022).

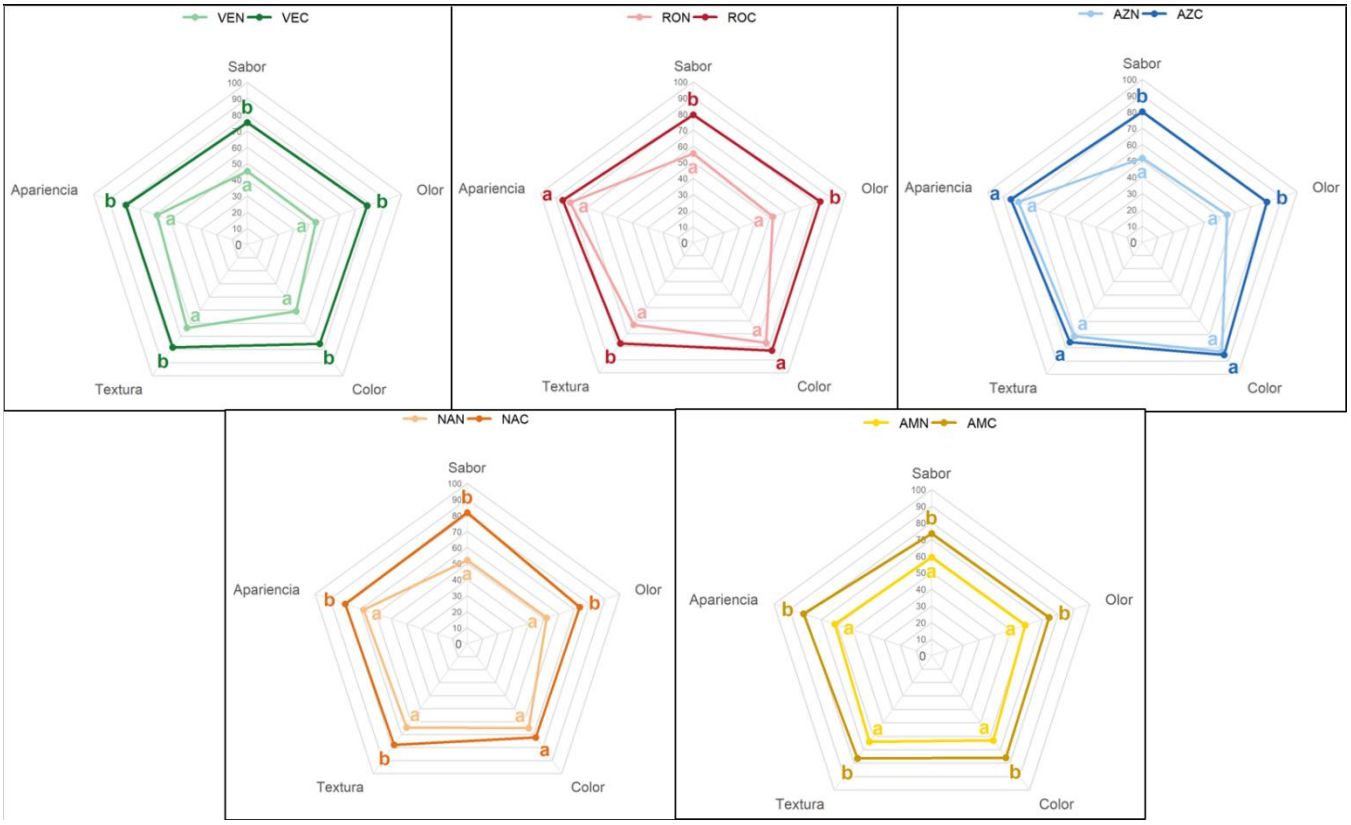
En relación con la estabilidad microbiológica, la observación visual no mostró un crecimiento macroscópico de microorganismos hasta el día 30, esto es consistente con la naturaleza de los productos de confitería, los cuales por su elevada concentración de azúcares reducen la disponibilidad de agua y pueden limitar el crecimiento de microorganismos. Un estudio interesante es el realizado por Dey y Sheth (2023) en gomitas adicionadas con galactooligosacáridos, durante seis meses de almacenamiento no detectaron un incremento significativo de mohos y levaduras ni crecimiento de *Escherichia coli*, atribuyendo la estabilidad, entre otros factores, al envasado hermético, la presencia de ácido cítrico y la disminución de humedad durante el almacenamiento, lo que demuestra que las gomitas pueden alcanzar periodos prolongados de estabilidad microbiológica cuando su formulación, acidez, disponibilidad de agua y empaque son adecuados. Del mismo modo, Roudbari et al. (2024) reportaron ausencia de levaduras y mohos en gomitas funcionales almacenadas durante 90 días a 35 °C. Aun bajo estas condiciones, las formulaciones se conservaron libres de microorganismos, lo que indica que una matriz rica en azucares, puede inhibir eficazmente el crecimiento de microorganismos. También en el 2025 Figueroa et al., desarrollaron gomitas vegetales de bajo contenido de azúcar y evaluaron durante dos meses su estabilidad fisicoquímica y microbiológica a 5 y 25 °C, durante el almacenamiento disminuyó la humedad, la actividad de agua y los parámetros de color L*, a* y b*, mientras aumentaron la dureza y la gomosidad. A pesar de estos cambios, las gomitas permanecieron microbiológicamente estables durante los dos meses, por lo que se demuestra que un producto puede presentar

transformaciones de color y textura sin que necesariamente haya pérdida simultánea de estabilidad microbiológica, esto es comparable con el patrón observado en el presente trabajo, pues, aunque el deterioro visual del color fue evidente no hubo aparición de crecimiento microbiano macroscópico. Por otra parte, la estabilidad microbiológica de las formulaciones experimentales pudo verse favorecida por su pH ácido y por el uso de conservadores (benzoato de sodio y sorbato de potasio), esto porque los medios ácidos restringen el crecimiento de numerosas bacterias, aunque levaduras y mohos pueden tolerar condiciones de mayor acidez. En este sentido, en un estudio se señaló que el pH entre 3.54 y 3.91 en gomitas contribuyó a mantener la estabilidad, mientras que la susceptibilidad residual se relacionó principalmente con mohos y levaduras asociado a los valores relativamente altos de aw, debido a este último factor se decidió emplear conservadores que mitigaran el crecimiento de mohos y levaduras (Vojvodić Cebin et al., 2024).

Por lo que, considerando ambos criterios, los resultados sugieren que, dentro de los 30 días evaluados, la estabilidad visual del color fue un factor más restrictivo que el deterioro microbiano macroscópico, especialmente en las gomitas elaboradas con pigmentos naturales (Tireki et al., 2021; Figueroa et al. 2025).

7.3.8. Prueba de hedónica

La prueba hedónica permitió comparar la aceptación sensorial de las gomitas elaboradas en el laboratorio con sus equivalentes comerciales para cinco atributos: sabor, olor, color, textura y apariencia. En las gráficas de araña, las letras diferentes dentro de cada atributo indican diferencias estadísticas entre el tratamiento natural y el comercial. La literatura confirma que la aceptación de una gomita es un fenómeno multivariable. El consumidor integra simultáneamente sabor, aroma, textura, apariencia y expectativas generadas por el color, por lo que la aceptación general no constituye una respuesta independiente, sino el resultado de la integración de diferentes estímulos sensoriales (Rivero et al. 2023).



Gráfica 5. Gráficos de araña para los diversos pares, evaluando sabor, olor, color, textura y apariencia. a) Par verde. b) Par rojo. c) Par azul. d) Par naranja. e) Par amarillo

El par verde presentó una de las diferencias más claras. En la gráfica de araña, VEC obtuvo valores superiores a VEN en todos los atributos evaluados. La baja aceptación de VEN puede relacionarse con varios factores. En primer lugar, la espinaca posee notas vegetales y herbáceas que pueden resultar menos congruentes con la expectativa de una gomita dulce. En segundo lugar, al no incorporar sabor y aroma frutal, el consumidor recibió un producto visualmente similar pero sensorialmente distinto. Sequeira, et al. (2020) observaron que los sabores y aromas propios de las verduras pueden reducir las puntuaciones hedónicas de olor y sabor. También debe considerarse la textura. Las formulaciones experimentales presentaron una composición y humedad distintas de las comerciales, por lo que la sensación al masticar no necesariamente coincidía con el estándar de referencia del consumidor (Tireki et al. 2021).

El par rojo muestra que sabor, olor y textura fueron superiores en ROC, sin embargo, color y apariencia indicaron ausencia de diferencia significativa en los atributos visuales. Este resultado es importante porque sugiere que el color natural aportado por el betabel logró una apariencia visual comparable a la del producto comercial, pero la aceptación se redujo principalmente

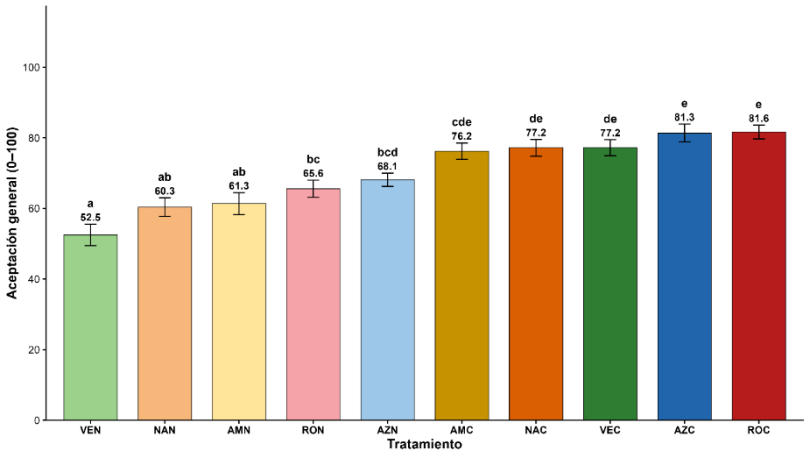
cuando el consumidor olió y probó la muestra. Esto se pudo deber a que el betabel contiene compuestos responsables de notas terrosas tanto en aroma como en sabor que suelen resultar fácilmente perceptibles, la evidencia de Moghaddas, et al. (2020) es directamente comparable pues en su estudio en gomitas con extracto de betabel, la adición de un agente saborizante natural mejoró la aceptación global de 7.4 a 8.2/9. Por lo que, la diferencia entre RON y ROC no necesariamente representa una limitación del pigmento rojo natural. Más bien, indica que el betabel proporcionó un color sensorialmente competitivo, mientras que el perfil de sabor y olor de la formulación requiere optimización, lo que implica que este colorante natural es prometedor.

El par azul mostró la menor separación visual entre producto experimental y comercial, con 3 atributos sin diferencias significativas (apariencia, textura y color), no obstante, nuevamente hubo diferencias significativas entre olor y sabor. Este patrón constituye una de las evidencias más claras de que la menor aceptación de las formulaciones naturales no estuvo relacionada al colorante, *Clitoria ternatea* produjo un color y apariencia que los consumidores evaluaron semejante al producto comercial, y la textura tampoco mostró diferencia significativa dentro de este par. La brecha apareció al evaluar los estímulos químicos de sabor y aroma, precisamente los atributos en los cuales la gomita comercial contaba con saborizantes. Por ejemplo, en un estudio donde evaluaron gomitas de *Clitoria ternatea* mediante escala hedónica, demostraron que pueden obtenerse formulaciones sensorialmente aceptables. De manera similar, investigaciones con productos de Clitoria muestran que la aceptación depende de la formulación completa y no únicamente del pigmento (Kharadi et al., 2025).

En cuanto al par naranja el único atributo que no presentó una diferencia significativa fue el color, por lo tanto, al igual que en el par rojo y azul, la capacidad de la matriz natural para proporcionar color no parece haber sido el principal problema de aceptación. La zanahoria presenta una ventaja sensorial respecto a otras verduras porque posee dulzor natural, en un estudio se reportó aceptación superior al 80 % para gomitas de zanahoria, lo que demuestra que puede usarse exitosamente, no obstante, en el mismo estudio, los autores encontraron que olor y sabor tendieron a ser los atributos de menor valoración debido a las propias notas propias del vegetal (Sequeira, et al., 2020)

Por último, en el par amarillo todos los atributos presentaron diferencias significativas, siendo la gomita comercial la mejor evaluada. En teoría, la piña podría presentar una ventaja frente a matrices como espinaca o betabel debido a su asociación directa con sabores dulces y frutales.

Sin embargo, el jugo fue sometido a calentamiento para inactivar la bromelina, lo que pudo disminuir o modificar los compuestos volátiles responsables del sabor y aroma frutal. La menor aceptación visual de AMN también puede estar relacionada con diferencias de tono e intensidad respecto al amarillo convencional de la gomita comercial. Además, el color puede modificar las expectativas y la percepción posterior del sabor, lo que puede generar una incongruencia sensorial que disminuya el agrado (Spence 2015; y Motoki et al., 2023).



Gráfica 6. Gráfico de barras de la aceptación general de todos los tratamientos, las letras diferentes sobre las gráficas corresponden a diferencias significativas, (p<0.05) de acuerdo con la prueba tukey HS

En la gráfica 12 podemos apreciar que las gomitas comerciales obtuvieron un porcentaje de aceptación general mayor a las gomitas elaboradas en el laboratorio.

Como se pudo apreciar en las gráficas de araña de cada par, las diferencias se debieron principalmente al sabor y olor. Esto pudo deberse a una diferencia fundamental entre las dos fuentes ya que las gomitas comerciales contenían saborizantes y aromas frutales, mientras que las formulaciones elaboradas en el laboratorio no fueron aromatizadas ni saborizadas para imitar frutas. La gomita comercial no solamente ofrecía dulzor y color, sino que está formulada para generar una combinación congruente entre color, olor y sabor; por ejemplo, una gomita roja suele asociarse con fresa, cereza u otra fruta roja, y una naranja con sabores cítricos o frutales. En las formulaciones experimentales, el color podía generar una expectativa de sabor frutal que después no era confirmada por el consumidor dado que veía un producto visualmente similar a una gomita tradicional, pero recibía notas vegetales o un sabor neutro, la incongruencia entre la expectativa visual y la experiencia gustativa pudo disminuir la calificación de sabor y, en consecuencia, la aceptación general. Por lo tanto, la mejora sensorial debería enfocarse más

en el desarrollo de aromas y sabores compatibles que en reemplazar necesariamente dichos pigmentos (Spence, 2015; Moghaddas, et al., 2020; Motoki et al., 2023).

7.4. Descripción de la información nutrimental

La información nutrimental de las gomitas elaboradas en el laboratorio mostró un perfil diferente al producto comercial, especialmente en contenido energético, hidratos de carbono disponibles, azúcares añadidos, presencia de vitamina C y tipo de colorantes empleados (Imagen 1).

En términos comparativos, las formulaciones experimentales aportaron entre 128.36 y 142.04

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL 100g (VEN)	
Contenido Energético	**128.56 Kcal**
Proteínas	0.634 g
Grasas Totales	0 g
Grasas Saturadas	**0 g**
Grasas Trans	**0 mg**
Hidratos de Carbono Disponibles	28.85 g
Azúcares	0.55 g
Azúcares Añadidos	**28.3 g**
Fibra dietética	0 g
Sodio	**0.825 mg**
Vitamina C	3100 mg
INGREDIENTES: Azucares añadidos (sacarosa), grenetina, vitamina C (acido ascórbico), pigmento (extracto de *Spinacia oleracea*), benzoato de sodio.	

a

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL 100g (RON)	
Contenido Energético	**129.96 Kcal**
Proteínas	0.634 g
Grasas Totales	0 g
Grasas Saturadas	**0 g**
Grasas Trans	**0 mg**
Hidratos de Carbono Disponibles	29.2 g
Azúcares	0.9 g
Azúcares Añadidos	**28.3 g**
Fibra dietética	0 g
Sodio	**0.825 mg**
Vitamina C	3100 mg
INGREDIENTES: Azucares añadidos (sacarosa), grenetina, vitamina C (acido ascórbico), pigmento (extracto de *Beta vulgaris*), benzoato de sodio.	

b

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL 100g (AZN)	
Contenido Energético	**128.36 Kcal**
Proteínas	0.634 g
Grasas Totales	0 g
Grasas Saturadas	**0 g**
Grasas Trans	**0 mg**
Hidratos de Carbono Disponibles	28.8 g
Azúcares	0.5 g
Azúcares Añadidos	**28.3 g**
Fibra dietética	0 g
Sodio	**0.825 mg**
INGREDIENTES: Azucares añadidos (sacarosa), grenetina, pigmento (extracto de *Clitoria ternatea*), benzoato de sodio, sorbato de potasio.	

c

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL 100g (NAN)	
Contenido Energético	**137.56 Kcal**
Proteínas	0.634 g
Grasas Totales	0 g
Grasas Saturadas	**0 g**
Grasas Trans	**0 mg**
Hidratos de Carbono Disponibles	31.1 g
Azúcares	2.8 g
Azúcares Añadidos	**28.3 g**
Fibra dietética	0 g
Sodio	**0.825 mg**
Vitamina C	3100 mg
INGREDIENTES: Azucares añadidos (sacarosa), grenetina, vitamina C (acido ascórbico), pigmento (extracto de *Daucus carota*), benzoato de sodio	

d

INFORMACIÓN NUTRIMENTAL 100g (AMN)	
Contenido Energético	**142.04 Kcal**
Proteínas	0.634 g
Grasas Totales	0 g
Grasas Saturadas	**0 g**
Grasas Trans	**0 mg**
Hidratos de Carbono Disponibles	32.22 g
Azúcares	3.92 g
Azúcares Añadidos	**28.3 g**
Fibra dietética	0 g
Sodio	**0.825 mg**
Vitamina C	3100 mg
INGREDIENTES: Azucares añadidos (sacarosa), grenetina, vitamina C (acido ascórbico), pigmento (extracto de *Anana comosus*), benzoato de sodio	

e

DECLARACIÓN NUTRIMENTAL 100 g	
Contenido Energético	**308 kcal (1 309 kJ)**
Contenido Energético por Envase	**3 080 kcal (13 090 kJ)**
Proteínas	6 g
Grasas Totales	0 g
Grasas Saturadas	**0 g**
Grasas Trans	**0 mg**
Hidratos de Carbono Disponibles	71 g
Azúcares	62 g
Azúcares Añadidos	**62 g**
Fibra dietética	0 g
Sodio	**10 mg**
- Información nutrimental proporcionada para su uso en México.	
INGREDIENTES: Azúcares añadidos (Jarabe de maíz, Sacarosa (Azúcar)), Grenetina, Glicerina, Ácido Cítrico, Ácido Láctico, Agente Abrillantador (Aceite Vegetal, Cera de Abeja y Cera de Carnauba), Saborizantes Artificiales y Colorantes Artificiales (Tartrazina y sus lacas No. CI: 19140, Rojo Allura AC y sus lacas No.CI: 16035, Amarillo Ocaso FCF y sus lacas No. CI:15985 y Azul Brillante FCF y sus lacas No. CI: 42900)	

f

Imagen 13. Tablas de información nutrimental, a: gomitas de Spinacia oleracea, b: gomitas de Beta vulgaris, c: gomitas de Clitoria ternatea, d: gomitas de Daucus carota, e: gomitas de Anana comosus, f: gomitas comerciales

kcal/100 g, mientras que la gomita comercial declaró 308 kcal/100 g. Asimismo, las formulaciones naturales presentaron entre 28.8 y 32.22 g de hidratos de carbono disponibles/100 g, frente a 71 g/100 g en el producto comercial, y todas contenían 28.3 g de

azúcares añadidos/100 g, frente a 62 g/100 g en la gomita comercial. Por tanto, las formulaciones experimentales aportaron aproximadamente 54-59 % menos hidratos de carbono disponibles, 54.4 % menos azúcares añadidos y 54-58 % menos calorías por 100 g que el producto comercial. Estas diferencias representan una ventaja nutricional dentro de la categoría de confitería.

La reducción de azúcares es importante porque los azúcares añadidos aportan energía rápidamente disponible y, cuando se consumen en exceso, pueden contribuir al aumento de peso, al respecto la Organización Mundial de la Salud recomienda mantener los azúcares libres por debajo de 10 % de la ingesta energética total y sugiere una reducción adicional por debajo de 5 % para obtener beneficios adicionales, especialmente en relación con caries dental y control del peso (Organización Mundial de la Salud, 2015). Más recientemente, en el 2023 en una revisión paraguas de 73 metaanálisis, concluyeron que un consumo elevado de azúcares se asocia predominantemente con resultados adversos de salud, principalmente cardiacos y metabólicos (Huang et al. (2023). Desde esta perspectiva, disminuir más de la mitad del azúcar añadido frente a una gomita comercial representa una modificación favorable de la formulación. Sin embargo, 28.3 g de azúcares añadidos por 100 g sigue siendo una cantidad elevada para las recomendaciones de salud, por ello, la ventaja debe expresarse como “menor contenido de azúcares y energía que la gomita comercial evaluada”, y no como ausencia de azúcar y debe consumirse con moderación, aun así, la reducción de azúcares y energía es de especial relevancia en el contexto epidemiológico mexicano. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023 reportó que 37.3 % de los adultos presentaba sobrepeso y 38.9 % obesidad, es decir, alrededor de tres cuartas partes de la población adulta tenía exceso de peso (Shamah-Levy et al., 2024). Asimismo, Basto-Abreu et al. (2023), utilizando la Ensanut 2022, estimaron una prevalencia de diabetes total de 18.3 % en adultos mexicanos, integrada por 12.6 % de diabetes diagnosticada y 5.8 % no diagnosticada.

En cuanto al contenido de Vitamina C VEN, RON, NAN y AMN declararon 3100 mg de vitamina C/100 g debido a la incorporación de ácido ascórbico, mientras que AZN no la incluyó. La vitamina C es un micronutriente esencial con actividad antioxidante y funciones como cofactor en diversas reacciones enzimáticas; además, participa en síntesis de colágeno y en el funcionamiento normal de mecanismos de defensa inmunitaria (Carr & Maggini, 2017). Su

incorporación diferencía a estas cuatro formulaciones de la gomita comercial, en cuya etiqueta no se declaró vitamina C.

La vitamina C fue incorporada a las formulaciones experimentales en una cantidad superior a los requerimientos nutricionales diarios con la finalidad de compensar parcialmente las posibles pérdidas que pudieran ocurrir durante la elaboración y el almacenamiento, debido a la elevada susceptibilidad del ácido ascórbico a la degradación en matrices alimentarias, particularmente por efecto de la temperatura, oxígeno, luz, humedad, pH y tiempo de almacenamiento. Sin embargo, la cantidad adicionada inicialmente no debe considerarse necesariamente equivalente al contenido disponible al momento del consumo, ya que sería necesaria su cuantificación después del procesamiento y durante la vida útil para establecer la retención real de vitamina C (Giannakourou & Taoukis, 2021).

Otro aspecto importante que recalcar es el uso de colorantes artificiales en las gomitas comerciales, mientras que, en las gomitas elaboradas en el laboratorio, estos fueron sustituidos por pigmentos vegetales. La formulación comercial declaró tartrazina, rojo Allura AC, amarillo ocaso FCF y azul brillante FCF, además de sus lacas, en contraste con las clorofilas, betalainas, antocianinas y carotenoides de las formulaciones naturales. El uso de colorantes sintéticos continúa siendo objeto de investigación y vigilancia toxicológica. Una revisión reciente de Amchova et al. (2024) analizó nueva evidencia sobre diversos colorantes autorizados, incluidos Sunset Yellow, Allura Red y Brilliant Blue FCF. Los autores señalaron que las ingestas diarias admisibles actuales establecidas por organismos reguladores son, en general, consideradas inocuas en las condiciones autorizadas de uso, pero también destacaron la necesidad de actualizar algunas evaluaciones a medida que surge nueva evidencia. Debido a que estos aditivos pueden encontrarse simultáneamente en diferentes productos de consumo habitual, la exposición total resulta de la suma de las distintas fuentes alimentarias. Evaluaciones realizadas por la EFSA han mostrado que, para determinados colorantes y escenarios de alto consumo, especialmente en población infantil, la exposición estimada puede alcanzar o superar los valores de ingesta diaria permitidos (Doell et al., 2016). En este sentido las gomitas elaboradas en el laboratorio no solamente evitan incorporar colorantes artificiales, sino que proporcionan un valor agregado, ya que los extractos vegetales contienen, además de los pigmentos responsables del color, cantidades variables de metabolitos secundarios propios de las plantas. Antocianinas, betalainas, carotenoides y otros fitoquímicos han sido ampliamente estudiados

por sus propiedades antioxidantes y por sus posibles efectos biológicos relacionados con la salud metabólica y cardiovascular (de Mejia et al., 2020; Rodríguez-Amaya, 2019).

Capítulo 8. Conclusiones

Los resultados obtenidos demostraron que los pigmentos vegetales evaluados pueden incorporarse en gomitas de gelatina como fuentes naturales de color. La caracterización confirmó la presencia de clorofilas en *Spinacia oleracea*, betalainas en *Beta vulgaris*, antocianinas en *Clitoria ternatea* y carotenoides en *Daucus carota* y *Ananas comosus*, además de la capacidad antioxidante en los extractos. La estabilidad de las gomitas dependió de la fuente vegetal y de la formulación. En color, *Clitoria ternatea* presentó el comportamiento más estable entre las formulaciones naturales, mientras que *Ananas comosus* mostró los mayores cambios cromáticos. En textura, la elasticidad fue el parámetro más estable, mientras que la dureza y la gomosidad presentaron mayores variaciones, particularmente en las formulaciones con *Daucus carota*. Durante los 30 días de almacenamiento no se observó crecimiento microbiano macroscópico; sin embargo, el deterioro visual del color fue el principal factor limitante de la vida útil aparente de las gomitas naturales. En la evaluación sensorial, las gomitas comerciales mostraron mayor aceptación general, principalmente en sabor y olor. No obstante, las formulaciones con *Beta vulgaris* y *Clitoria ternatea* alcanzaron valoraciones visuales comparables con sus equivalentes comerciales, lo que indica que la principal oportunidad de mejora se encuentra en la optimización del sabor, aroma y formulación. En conjunto, los resultados respaldan la hipótesis planteada, ya que las diferentes fuentes de pigmentos presentaron comportamientos distintos en estabilidad y aceptación sensorial.

Capítulo 9. Perspectivas

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda optimizar individualmente las formulaciones, ajustando la concentración de extractos, agua, azúcares y agentes gelificantes para mejorar la estabilidad del color y las propiedades de textura. También sería conveniente incorporar saborizantes y aromatizantes naturales compatibles con cada fuente vegetal, especialmente en las formulaciones con *Beta vulgaris* y *Clitoria ternatea*, para determinar si la mejora del perfil de sabor y olor permite alcanzar una aceptación semejante a la de las gomitas comerciales. Para incrementar la estabilidad de los pigmentos podrían evaluarse estrategias de protección como microencapsulación, nanoencapsulación o el uso de biopolímeros. Asimismo, se recomienda

ampliar el periodo de almacenamiento y evaluar diferentes condiciones de temperatura, humedad y empaque. Futuros estudios deberían complementar la evaluación de vida útil con actividad de agua y análisis microbiológicos cuantitativos, así como determinar la, capacidad antioxidante y vitamina C después del procesamiento y durante el almacenamiento. Finalmente, sería de interés estudiar la bioaccesibilidad y estabilidad digestiva de los pigmentos y compuestos bioactivos, con el fin de valorar de manera más integral su potencial como ingredientes de valor agregado en productos de confitería.

Capítulo 10. Bibliografía

Abdullah, R., Lee, P. M., & Lee, K. H. (2010). Multiple color and pH Stability Of Floral Anthocyanin Extract: Clitoria Ternatea. In 2010 International Conference On Science And Social Research (CSSR 2010) (Pp. 254-258).

Aguilar Vasquez, G., Báez González, J. G., Gallardo Rivera, C. T., García Alanís, K. G., Farías Buitron, M. J., Bautista Villarreal, M., & Castillo Hernández, S. L. (2018). Estudio del Efecto de Hidrocoloides en el Control de la Actividad Acuosa en Gomitas Funcionales. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *3*, 588-594.

Albuquerque, B. R., Oliveira, M. B. P. P., Barros, L., & Ferreira, I. C. F. R. (2021). Could Fruits Be A Reliable Source Of Food Colorants? Pros And Cons Of These Natural Additives. Critical Reviews In Food Science And Nutrition, 61(5), 805-835.

Al-Dairi, M., Pathare, P. B., Al-Yahyai, R., Jayasuriya, H., & Al-Attabi, Z. (2023). Postharvest quality, technologies, and strategies to reduce losses along the supply chain of banana: A review. Trends in Food Science & Technology, 134, 177-191.

Ali, M. M., Hashim, N., Abd Aziz, S., & Lasekan, O. (2020). Pineapple (Ananas Comosus): A Comprehensive Review Of Nutritional Values, Volatile Compounds, Health Benefits, And Potential Food Products. Food Research International, 137, 109675.

Alipal, J., Pu'Ad, NM, Lee, TC, Nayan, NHM, Sahari, N., Basri, H., ... & Abdullah, HZ (2021). Una revisión de la gelatina: propiedades, fuentes, proceso, aplicaciones y comercialización. *Materials Today: Proceedings* , *42* , 240-250.

Alvarado Gómez, L. C., Graillet Juárez, E. M., Martínez Martínez, M., Arieta Román, R. D. J., & Fernández Figueroa, J. A. (2016). Potencial De Rendimiento Y Variabilidad Del Maíz Nativo (Zea Mays L.) Rojo En Suelos Ácidos De Baja Fertilidad En Acayucan, Veracruz. Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan, 4(2), 112-117.

Ambo, A. I., Patience, O., & Ayakeme, E. B. (2023). Evaluation Of The Proximate Composition And Metal Content Of Spinach (Spinacia Oleracea) From Selected Towns In Nasarawa State, Nigeria. Science World Journal, 18(1), 26-30. Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural (2023). Conoce La Espinaca, El Producto Más Nutritivo

Amchova, P., Siska, F., & Ruda-Kucerova, J. (2024). Food safety and health concerns of synthetic food colors: an update. Toxics, 12(7), 466.

Ancos, B., S´Anchez-Moreno, C., & Gonz´Alez-Aguilar, G. A. (2016). Pineapple Composition And Nutrition. Handbook Of Pineapple Technology: Postharvest Science, Processing And Nutrition, 221–239.

Arnon D, (1949). Copper Enzymes Isolated Chloroplasts, Polyphenoloxidase In Beta Vulgaris. Plant Physiology. 24: 1-15.

Arrazola, G., Herazo, I., & Alvis, A. (2014). Microencapsulación De Antocianinas De Berenjena (Solanum Melongena L.) Mediante Secado Por Aspersión Y Evaluación De La Estabilidad De Su Color Y Capacidad Antioxidante 25(3), 31-42.

Asgharipour, M.R.; Mondani, F.; Riahinia, S. 2012. Energy Use Efficiency And Economic Analysis Of Sugar Beet Production System In Iran: A Case Study In Khorasan Razavi Province. Energy 44 (1), 1078-1084.
Ashraf, K., Adlin, N. F., Basri, A. N., Ahmad, W., & Sultan, S. (2024). The Traditional Uses, Phytochemistry, And Pharmacological Effects Of Clitoria Ternatea: A Review. Indian Journal Of Pharmaceutical Education & Research, 58(1).
Asim, M., Abdan, K., Jawaid, M., Nasir, M., Dashtizadeh, Z., Ishak, M. R., & Hoque, M. E. (2015). A Review On Pineapple Leaves Fibre And Its Composites. International Journal Of Polymer Science, 2015, 1–17.
Atalar, İ., Tüzün, B., Palabiyik, I., Toker, O. S., Uzun, S., Elobeid, T., & Konar, N. (2025). Valorization black carrot colorant process liquid waste by clarification and Decolorization: A novel sugar alternative for gummies. Food Chemistry: X, 27, 102362.
Ayala Lara, N. L. (2024). Conservantes Artificiales En Alimentos Procesados Y Su Incidencia En La Salud De Las Personas (Bachelor's Thesis, BABAHOYO: UTB, 2024).
Azurdia Juárez, A. A. (2022). Desarrollo De Tres Formulaciones De Dulces Tipo Gomita Con Propiedades Funcionales Y Reducidas En Azúcar.
B Manasa, R Purnima Mishra, Veena Joshi and D Vijaya. Physico-chemical characterization of fresh pineapple (Ananas comosus L.) fruit. (2025) Int. J. Adv. Biochem;9(11S):1188-1190.
Badillo, C. A. (2008). Consecuencias Y Beneficios De Los Conservadores Químicos En Alimentos.
Badui D. S. (2020) Qumica dde los alimentos. Ed. 6 Pearson
Baião, D. D. S., Da Silva, D. V., Del Aguila, E. M., & Paschoalin, V. M. F. (2017). Nutritional, Bioactive And Physicochemical Characteristics Of Different Beetroot Formulations. Food Additives, 6(6), 21-43.
Banerjee, S., Ravi, R., & Bhattacharya, S. (2013). Textural characterisation of gellan and agar based fabricated gels with carrot juice. LWT-Food Science and Technology, 53(1), 255-261.
Bangar, S. P., Sharma, N., Sanwal, N., Lorenzo, J. M., & Sahu, J. (2022). Bioactive Potential Of Beetroot (Beta Vulgaris). Food Research International, 158, 111556.
Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G. L., Carnalla, M., ... & Barrientos-Gutiérrez, T. (2023). Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022. Salud publica de Mexico, 65, s163-s168.
Batada, A., & Jacobson, M. F. (2016). Prevalence of artificial food colors in grocery store products marketed to children. *Clinical pediatrics*, *55*(12), 1113-1119.
Batchu, S., Chaudhary, K., Wiebe, G., Seubert, J. 2013. Bioactive Compounds In Heart Disease, Chapter 28. Bioactive Food As Dietary Interventions For Cardiovascular Disease. University Of Alberta, Edmonton, AB, Canada.
Biancardi, E.; Panella, L.W.; . Lewellen, R.T. 2012. Beta Maritima. The Origin Of Beets. Springer. 294 P.
Biesalski, H. K., Dragsted, L. O., Elmadfa, I., Grossklaus, R., Müller, M., Schrenk, D., ... & Weber, P. (2009). Bioactive Compounds: Definition And Assessment Of Activity. Nutrition, 25(11-12), 1202-1205.
Bilbao-Sainz, C., Sinrod, A. G., Dao, L., Takeoka, G., Williams, T., Wood, D., ... & McHugh, T. (2020). Preservation of spinach by isochoric (constant volume) freezing. International Journal of Food Science and Technology, 55(5), 2141-2151.
Boatemaa, E., Larbie, C., Tandoh, M. A., & Lutterodt, H. E. (2025). Assessment of the Nutritional and Phytochemical Composition in Beta vulgaris bulb, stalk and leaves Powder. Applied Food Research, 101442.
Boon, C. S., McClements, D. J., Weiss, J., & Decker, E. A. (2010). Factors influencing the chemical stability of carotenoids in foods. Critical reviews in food science and nutrition, 50(6), 515-532.
Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use Of A Free Radical Method To Evaluate Antioxidant Activity. LWT-Food Science And Technology, 28(1), 25-30.
Bueno López, L., & Rincón Buriticá, N. (2016). Aprovechamiento De Piñas De Segunda, Para La Obtención De Un Zumo De Piña Comercial.
Bystrická, J., Musilová, J., Tomáš, J., Kavalcová, P., Lenková, M., & Tóthová, K. (2015). Varietal Dependence Of Chemoprotective Substances In Fresh And Frozen Spinach (Spinacia Oleracea L.). Slovak Journal of Food Sciences/Potravinarstvo, 9(1).

Cabrera Vallejos, C. J., & Uchofen Sampi, M. L. (2023). Formulación De Gomitas Naturales A Base De Zanahoria (Daucus Carota), Caigua (Cyclanthera Pedata) Y Remolacha (Beta Vulgaris).
Cairone, F., Carradori, S., Locatelli, M., Casadei, M. A., & Cesa, S. (2020). Reflectance colorimetry: A mirror for food quality—A mini review. European Food Research and Technology, 246(2), 259-272.
Campo-Banguero, L. M., & Ramírez-Navas, J. S. (2021). Antioxidant Capacity In Ice Cream And Dairy Products. Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales, 8(1), 23–41.
Canadian Food Inspection Agency. (2023). The Biology Of Beta Vulgaris L. (Sugar Beet). Inspection.Canada.Ca.
Carapia-Vega, N., Fonseca-Valtierra, R. E., De León, K. V. N. D., Saavedra-Triana, G. M., & Escobedo-Martínez, C. (2024). Alimentos Funcionales Y Nutracéuticos. El Papel Que Juegan En La Salud. Jóvenes En La Ciencia, 28.
Carr, A. C., & Maggini, S. (2017). Vitamin C and immune function. Nutrients, 9(11), 1211.
Carreón-Hidalgo, J. P., Franco-Vásquez, D. C., Gómez-Linton, D. R., & Pérez-Flores, L. J. (2022). Betalain plant sources, biosynthesis, extraction, stability enhancement methods, bioactivity, and applications. Food Research International, 151, 110821.
Castañeda-Ovando, A., Pacheco-Hernández, M., Páez-Hernández, M., Rodríguez, J., Y Galán-Vidal, C. A. (2009). Chemical Studies Of Anthocyanins: A Review. Food Chemistry, 113, 859-871.
Castillo-Velarde, E. R. (2019). Vitamina C en la salud y en la enfermedad. *Revista de la Facultad de Medicina Humana*, *19*(4), 95-100.
Castro Coronado, A. L. (2023). Análisis De La Exposición Alimentaria Diaria Probable De La Población A Los Benzoatos Y Sorbatos En Alimentos Procesados Consumidos En Costa Rica.
Cedeño Ortiz, O. A., & Vera Ponce, J. J. (2017). Determinación Del Tipo De Preservante Apto Para La Preservación Del Jugo De Zanahoria.
Chatatikun, M., & Chiabchalard, A. (2013). Phytochemical Screening And Free Radical Scavenging Activities Of Orange Baby Carrot And Carrot (Daucus Carota Linn.) Root Crude Extracts. Journal Of Chemical And Pharmaceutical Research, 5(4), 97-102.
Choi, S. S., Lee, J. E., Lee, H. J., & Lee, K. A. (2025). Comparative Evaluation of the Antioxidant and Immunomodulatory Activities of Carrot (Daucus carota L.) Aerial Parts and Roots Using Different Extraction Methods. Foods, 14(23), 3993.
Chutintrasri, B., & Noomhorm, A. (2007). Color degradation kinetics of pineapple puree during thermal processing. LWT-Food Science and Technology, 40(2), 300-306.
Cipriano, J. G., Rojas, Q. Y. Z., Cansino, N. D. S. C., Román, M. E. M., Moreno, E. R., & Rosales, R. U. G. (2022). Uso Del Betabel (Beta Vulgaris) Como Tratamiento Alternativo En La Anemia Ferropénica. Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo, 10(20), 160-166.
Čižauskaite, U., Jakubaityte, G., Žitkevičius, V., & Kasparavičiene, G. (2019). Natural Ingredients-Based Gummy Bear Composition Designed According To Texture Analysis And Sensory Evaluation In Vivo. Molecules, 24(7).
Conferencia De Las Naciones Unidas Sobre Comercio Y Desarrollo. Piña: Perfil De INFOCOMM. Fundo De La UNCTAD Para La Información Sobre Los Mercados De Productos Básicos Agriculturas
Coronado M. R. (2019). Elaboración De Una Bebida Con Extracto De Zanahoria (Daucus Carota) Combinado Con Zumo De Mandarina (Citrus Reticulata) Y Naranja Agria (Citrus Aurantium) Y Evaluación De Su Capacidad Antioxidante. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión
Cruzado, M., & Cedrón, J. C. (2012). Nutracéuticos, Alimentos Funcionales Y Su Producción. Revista De Quimica, 26(1-2), 33-36.
Cubillos, L., & Pava, L. (2021). Evaluación De La Extracción De Pigmentos Vegetales Como La Antocianina A Partir De Diferentes Frutos Silvestres Para Uso Alimenticio.
Damiani, E., Astolfi, P., Carloni, P., Stipa, P., & Greci, L. (2008). Antioxidants: How They Work. En G. Valacchi & P. A. Davis (Eds.), Oxidants In Biology (Pp. 251-266). Springer Netherlands.
De Azevedo-Meleiro, C. H., & Rodriguez-Amaya, D. B. (2005). Carotenoids Of Endive And New Zealand Spinach As Affected By Maturity, Season And Minimal Processing. Journal Of Food Composition And Analysis, 18(8), 845-855.

De Mejia, E. G., Zhang, Q., Penta, K., Eroglu, A., & Lila, M. A. (2020). The Colors Of Health: Chemistry, Bioactivity, And Market Demand For Colorful Foods And Natural Food Sources Of Colorants. Annual Review Of Food Science And Technology, 11, 145–182.
Dhole, S. M., Amnerkar, N. D., & Khedekar, P. B. (2012). Comparison Of UV Spectrophotometry And High Performance Liquid Chromatography Methods For The Determination Of Repaglinide In Tablets. Pharmaceutical Methods, 3(2), 68-72.
Dittakan, K., Theera-Ampornpunt, N., & Boodliam, P. (2018). Non-Destructive Grading Of Pattavia Pineapple Using Texture Analysis. International Symposium On Wireless Personal Multimedia Communications, 144–149.
Doell, D. L., Folmer, D. E., Lee, H. S., Butts, K. M., & Carberry, S. E. (2016). Exposure estimate for FD&C colour additives for the US population. Food Additives & Contaminants: Part A, 33(5), 782-797.
Domínguez, M. R. (2007). Guía Para La Evaluación Sensorial De Alimentos. Instituto De Investigación Nutricional–IIN Consultora-Agrosalud, 2-45.
Echegaray, N., Guzel, N., Kumar, M., Guzel, M., Hassoun, A., & Lorenzo, J. M. (2023). Recent advancements in natural colorants and their application as coloring in food and in intelligent food packaging. Food Chemistry, 404, 134453.
E-Labshop (2024). Indices De Frutas Y Verduras. Http://E-Labshop.Com/Indices-De-Frutas-Y-Verduras/
Enaru, B., Drețcanu, G., Pop, T. D., Stănilă, A., & Diaconeasa, Z. (2021). Anthocyanins: Factors Affecting Their Stability And Degradation. Antioxidants, 10(12), 1967.
Ergun, R., Lietha, R., & Hartel, R. W. (2010). Moisture and shelf life in sugar confections. Critical reviews in food science and nutrition, 50(2), 162-192.
Felkel, S., Dohm, J. C., & Himmelbauer, H. (2023). Genomic Variation In The Genus Beta Based On 656 Sequenced Beet Genomes. Scientific Reports, 13(1), 8654.
Figueroa, L. E., Hughes, M. H., Tarifa, M. C., Brugnoni, L. I., & Genovese, D. B. (2025). Development and stability of low-sugar, plant-based gummy candies prepared via an innovative ionotropic gelation technique. Food and Humanity, 5, 100708.
Flores, N. E. G., Cortes, E. H., Vaquero, E. O. R., Sosa, S. M. M., & Evangelista, J. G. V. (2024). Antocianinas, Más Allá Del Color Y El Ph: Una Revisión Bibliométrica. Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar, 8(5), 9053-9080.
Florez Martinez, D. H., Gonzalez Ceron, S. P., Ruiz Ramirez, D. M., & Uribe Galvis, C. P. (2020). Perspectivas Tecnológicas Y Comerciales Para El Cultivo De Piña En Colombia. Mosquera, Colombia: Corporacion Colombiana De Investigacion Agropecuaria (Agrosavia).
Fragoso, B. Y. S. A., Curiel, L. G., Flores, J. G. P., López, E. C., Escalante, E. P., Torres, L. A. P., ... & Godínez, J. R. (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.
Gajewski, M.; Szymczak, P.; Elkner, K.; Da˛browska, A.; Kret, A.; Danilcenko, H. Some Aspects Of Nutritive And Biological Value Of Carrot Cultivars With Orange, Yellow And Purple-Coloured Roots. Veg. Crop. Res. Bull. 2007, 67, 149–161.
Galapagos Species Database, Daucus Carota, Datazone. Charles Darwin Foundation, Https://Datazone.Darwinfoundation.Org/Es/Checklist/?Species=805.
Gan, D., Xu, M., Chen, L., Cui, S., Deng, C., Qiao, Q., Guan, R., & Zhong, F. (2022). Intake Of Sugar Substitute Gummy Candies Benefits The Glycemic Response In Healthy Adults: A Prospective Crossover Clinical Trial. Gels, 8(10).
García M. (1993). Biotecnología Alimentaria. Limusa. 1era Edición. México.
Ghasempour, Z., Javanmard, N., Langroodi, A. M., Alizadeh-Sani, M., Ehsani, A., & Kia, E. M. (2020). Development Of Probiotic Yogurt Containing Red Beet Extract And Basil Seed Gum; Techno-Functional, Microbial And Sensorial Characterization. Biocatalysis And Agricultural Biotechnology, 29, 101785.
Ghosh, S., Sarkar, T., Das, A., & Chakraborty, R. (2022). Natural colorants from plant pigments and their encapsulation: An emerging window for the food industry. Lwt, 153, 112527.

Giannakourou, M. C., & Taoukis, P. S. (2021). Effect of alternative preservation steps and storage on vitamin C stability in fruit and vegetable products: Critical review and kinetic modelling approaches. Foods, 10(11), 2630.
Gironza Bubillo, J. A. (2025). Benzoato De Sodio Como Aditivo, Conservante Y Agente Antimicrobiano Para La Elaboración De Salsa De Tomate.
Gómez, M. N., & Duque-Cifuentes, A. L. (2018). Caracterización Fisicoquímica Y Contenido Fenólico De La Remolacha (Beta Vulgaris L.) En Fresco Y Sometida A Tratamiento Térmico. Revista Ion, 31(1), 43-47.
González, Y. (1997). Vitamina C: Influencia Que Ejerce En La Cicatrización Y Alteraciones De La Cavidad Bucal
Grand View Research. (2024, July 4). Market Analysis Report. Gummy Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Vitamins, Minerals, Dietary Fibers), By Ingredient (Gelatin, Plant-Based Gelatin Substitutes), By End-Use (Adults, Kids), By Distribution Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2024 - 2030.
Guambuguete Quinatoa, C. E., & Hachi López, A. L. (2023). Obtención De Gomitas Masticables Bajas En Calorías A Base De Almidón De Yuca, Propóleo Y Stevia.
Guldiken, B., Toydemir, G., Memis, K. N., Okur, S., Boyacioglu, D., & Capanoglu, E. (2016). Home-Processed Red Beetroot (Beta Vulgaris L.) Products: Changes In Antioxidant Properties And Bioaccessibility. International Journal Of Molecular Sciences, 17(6), 858.
Gunes, R., Palabiyik, I., Konar, N., & Said Toker, O. (2022). Soft Confectionery Products: Quality Parameters, Interactions With Processing And Ingredients. Food Chemistry, 385, 132735.
Hartel, R. W. (2018). Confectionery Science And Technology. Springer Science Business Media.
Hasler, C.M; Brown, A.C. 2009. American Dietetic Association. Position Of The American Dietetic Association: Functional Foods. J Am Diet Assoc. 109(4): 735-746.
Hayakawa, R., Taniguchi, E., Oishi, M., Nishimura, S., Matsuhira, H., Narihiro, T., ... & Kitazaki, K. (2026). Globular Garden Beet Represents A Distinct Lineage In The Domestication Of Beta Vulgaris. BMC Plant Biology.
Hayes, M., Pottorff, M., Kay, C., Van Deynze, A., Osorio-Marin, J., Lila, M. A., & Ferruzzi, M. G. (2020). In Vitro Bioaccessibility Of Carotenoids And Chlorophylls In A Diverse Collection Of Spinach Accessions And Commercial Cultivars. Journal Of Agricultural And Food Chemistry, 68(11), 3495-3505.
Heaton, J. W., & Marangoni, A. G. (1996). Chlorophyll Degradation In Processed Foods And Senescent Plant Tissues. Trends In Food Science & Technology, 7(1), 8-15.
Heras C. C. (2006). Proceso De Extracción De La Clorofila, A Partir De Espinacas (Spinacia Oleracea). Universidad Michoacana De San Nicolas De Hidalgo
Hernández, J. M. M. (2019). Evaluación Del Efecto Del Consumo De Jugo De Betabel Sobre Estrés Oxidativo Y El Rendimiento De Nadadores Máster Durante Una Etapa De Resistencia Lactácida.
Hidalgo, J. P. C., & Vásquez, D. C. F. (2023). Pigmentos Vegetales: Una Alternativa Frente A Colorantes Sintéticos. Revista De Divulgación Científica Ibio, 5(1).
Hikal, W. M., Mahmoud, A. A., Said-Al Ahl, H. A., Bratovcic, A., Tkachenko, K. G., Kačániová, M., & Rodriguez, R. M. (2021). Pineapple (Ananas Comosus L. Merr.), Waste Streams, Characterisation And Valorisation: An Overview. Open J. Ecol, 11(9), 610-634.
Holley, S. L., Edwards, C., Thorngate, J., Fellman, J., Matiinson, D. S., Sorensen, E. J., Dougherty, R. H. 2007. Chemical Characterization of differentlines of Daucus Carota L. Roots. Journal of Food Quality, vol. 23, no. 2000, p. 487502.
Hong, K., Xu, H., Wang, J., Zhang, L., Hu, H., Jia, Z., … & Gong, D. (2013). Quality changes and internal browning developments of summer pineapple fruit during storage at different temperatures. Scientia Horticulturae, 151, 68-74.
Hoque, M., Talukdar, S., Roy, K. R., Hossain, M. A., & Zzaman, W. (2024). Sonication and thermal treatment of pineapple juice: Comparative assessment of the physicochemical properties, antioxidant activities and microbial inactivation. Food Science and Technology International, 30(1), 37-48.
Hossain, M. A., & Rahman, S. M. M. (2011). Total Phenolics, Flavonoids And Antioxidant Activity Of Tropical Fruit Pineapple. Food Research International, 44(3), 672–676.

Huang, Y., Chen, Z., Chen, B., Li, J., Yuan, X., Li, J., ... & Liu, L. (2023). Dietary sugar consumption and health: umbrella review. Bmj, 381.
Ibarra, E. O., Ramírez, G. H., & Ibarra, I. H. O. (2021). Composición Nutricional Y Compuestos Fitoquímicos De La Piña (Ananas Comosus) Y Su Potencial Emergente Para El Desarrollo De Alimentos Funcionales. Boletín De Ciencias Agropecuarias Del ICAP, 7(14), 24-28.
Imsic, M.; Winkler, S.; Tomkins, B.; Jones, R. E_Ect Of Storage And Cooking On _-Carotene Isomers In Carrots (Daucus Carota L. Cv. 'Stefano'). J. Agric. Food Chem. 2010, 58, 5109–5113.
Innocuous Preventative And Chemotherapeutic Agent Against Chemically Induced Breast Cancer. J. Food Sci. Technol, 7, 442–455.
Institute Of Medicine. 2000. Dietary Reference Intakes For Vitamin C, Vitamin E, Selenium, And Carotenoids. Washington, DC: The National Academies Press.
International Organization for Standardization. (2015). ISO 16779:2015 Sensory analysis—Assessment (determination and verification) of the shelf life of foodstuffs. ISO.
Ishchenko, S., & Złotek, U. (2025). Herbal and spice additives in functional confectionery products: a review. *Molecules*, *30*(16), 3449.
Isik, B. S., Bayram, S., & Altay, F. (2025). Electrospinning Encapsulation Of Chlorophylls Microwave-Extracted From Spinach Waste And Utilization As Coloring Agent In Yogurt. Food And Bioprocess Technology, 18(5), 4684-4706.
Islam, M. A., Mondal, S. K., Islam, S., Akther Shorna, M. N., Biswas, S., Uddin, M. S., ... & Saleh, M. A. (2023). Antioxidant, cytotoxicity, antimicrobial activity, and in silico analysis of the methanolic leaf and flower extracts of Clitoria ternatea. Biochemistry research international, 2023(1), 8847876.
Jaafar, N. F., Ramli, M. E., & Salleh, R. M. (2020). Optimum extraction condition of Clitorea ternatea flower on antioxidant activities, total phenolic, total flavonoid and total anthocyanin contents. Tropical life sciences research, 31(2), 1.
Jackson, E.B. (1990). Sugar Confectionery Manufacture. Glasgow: Blackie.
Jangra, S. S., Madan, V. K., & Singh, S. (2015). Effect Of Solvents On Extraction Of Various Phytochemicals And Antioxidant Activity In Carrot (Daucus Carota L.). Journal Of The Indian Chemical Society, 92(7), 1149-1154.
Jeyaraj, E. J., Lim, Y. Y., & Choo, W. S. (2021). Effect Of Organic Solvents And Water Extraction On The Phytochemical Profile And Antioxidant Activity Of Clitoria Ternatea Flowers. ACS Food Science & Technology, 1(9), 1567–1577.
Jeyaraj, E.J.; Lim, Y.Y.; Choo,W.S. (2021). Extraction Methods Of Butterfly Pea (Clitoria Ternatea) Flower And Biological Activities Of Its Phytochemicals. J. Food Sci. Technol, 58, 2054–2067
Jha, Y. J., & Kar, A. (2025). Clitoria Ternatea Flower Extract May Have The Potential To Regulate Hyperthyroidism In Mice.
Ji, N.; Liu, Z.; She, H.; Xu, Z.; Zhang, H.; Fang, Z.; Qian,W. A Genome-Wide Association Study Reveals The Genetic Mechanisms Of Nutrient Accumulation In Spinach. Genes 2024, 15, 172.
Jonkers, N., Van Dommelen, J. A. W., & Geers, M. G. D. (2022). Intrinsic mechanical properties of food in relation to texture parameters. Mechanics of Time-Dependent Materials, 26(2), 323-346.
Kaba, B., Zannou, O., Ali Redha, A., & Koca, I. (2024). Enhancing Extraction Of Betalains From Beetroot (Beta Vulgaris L.) Using Deep Eutectic Solvents: Optimization, Bioaccessibility And Stability. Food Production, Processing And Nutrition, 6(1), 38.
Karim, N. U., & Yusof, N. L. (2021). Effect of Vacuum Impregnation with Sucrose and Plant Growth Hormones to Mitigate the Chilling Injury in Spinach Leaves. Applied Sciences, 11(21), 10410.
Kasım, M. U., & Kasım, R. (2017). Yellowing of fresh-cut spinach (Spinacia oleracea L.) leaves delayed by UV-B applications. Information processing in agriculture, 4(3), 214-219.
Khalid, N., Suleria, H. A. R., & Ahmed, I. (2016). Pineapple Juice. In F. Shahidi & C. Alasalvar (Eds.), Handbook Of Functional Beverages And Human Health (1st Editio, Pp. 489–500).
Kharadi, T., Muskan, & Wadhawan, N. (2025). Sensory evaluation of butterfly pea flower (Clitoria ternatea) based gummies with varying pectin concentrations. International Journal of Advanced Biochemistry Research, 9(8), 159–163.

Kidmose, U., Knuthsen, P., Edelenbos, M., Justesen, U., & Hegelund, E. (2001). Carotenoides Y Flavonoides En Genotipos De Espinaca (Spinacia Oleracea L) Cultivada Orgánicamente Después De Almacenamiento Ultracongelado. Journal Of The Science Of Food And Agriculture, 81 (9), 918-923.
Kiełkowska, A., & Kiszczak, W. (2023). History And Current Status Of Haploidization In Carrot (Daucus Carota L.). Agronomy, 13(3), 676.
Kolarič, L., & Šimko, P. (2020). The Comparison Of HPLC And Spectrophotometric Method For Cholesterol Determination. Slovak Journal Of Food Sciences/Potravinarstvo, 14(1).
Krueger, D. A., Krueger, R. G., & Maciel, J. (1992). Composition of pineapple juice. Journal of AOAC International, 75(2), 280–282.
Kumar, A., Mahboob, M. R., & Srivastava, B. (2025). Continuous Ohmic Heating Assisted Isothermal Treatment of Standardized Pineapple Juice: Its Effect on Bromelain Inactivation, Vitamin C Degradation, and Their Kinetic Modeling. Journal of Food Process Engineering, 48(4), e70093.
Kumar, S. S., Chauhan, A. S., & Giridhar, P. (2020). Nanoliposomal encapsulation mediated enhancement of betalain stability: Characterisation, storage stability and antioxidant activity of Basella rubra L. fruits for its applications in vegan gummy candies. Food chemistry, 333, 127442.
Kuswandari, F., Sinaga, E., Nurbaiti, N., & Husni, A. (2022). Analysis Of Total Phenols, Total Flavonoids And Anthocyanin Levels In Blue Pea Flowers (Clitoria Ternatea L). Journal Of Tropical Biodiversity, 2(3), 152-159.
Labropoulos, A. Y Anestis, S. (2012). Nutritional Aspects, Applications, And Production Technology. Estados Unidos
Lakshan, S. A. T., Jayanath, N. Y., Abeysekera, W. P. K. M., & Abeysekera, W. K. S. M. (2019). A commercial potential blue pea (Clitoria ternatea L.) flower extract incorporated beverage having functional properties. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2019(1), 2916914.
Lara, K. P. S., Flores, J. G. P., López, R. E. C., Vega, K. S., Curiel, L. G., Escalante, E. P., ... & Torres, L. A. P. (2024). Exploración Integral De Los Colorantes Naturales En La Industria Alimentaria: Desafíos Y Oportunidades. Ciencia Latina: Revista Multidisciplinar, 8(3), 4586-4614.
Larrea, S. V., Quiles, C. A., Hernando, H. I. Aditivos Alimentarios: Colorantes. Universitat Politècnica De València
Lee, J., Durst, R. W. Y Wrolstad, R. E. (2005). Determination Of Total Monomeric Anthocyanin Pigment Content Of Fruit Juices, Beverages, Natural Colorants, And Wines By The Ph Differential Method: Collaborative Study. Journal Of AOAC International, 88(5), 1269–1278.
Leong, SY, & Oey, I. (2012). Efectos Del Procesamiento En Antocianinas, Carotenoides Y Vitamina C En Frutas Y Verduras De Verano. Química De Los Alimentos, 133 (4), 1577-1587.
Li, N., Wang, Q., Zhou, J., Li, S., Liu, J., & Chen, H. (2022). Insight Into The Progress On Natural Dyes: Sources, Structural Features, Health Effects, Challenges, And Potential. Molecules, 27(10), 3291.
Lim,Kim,Lee,Shin. (2019). Dietary Exposure Assessment Of Synthetic Food Colours Using Analytical Concentrations In Korea. Food Aditives And Contaminants, 36(10), 15.
Luengo, E. F. (2007). Alimentos Funcionales Y Nutracéuticos. Sociedad Española De Cardiología.
Luna Flores, E. (2024). Extracción De Compuestos Bioactivos Del Pepino (Cucumis Sativus L.) Para La Elaboración De Un Alimento Funcional Tipo Gomita.
Ma, X., Jin, Z., Rao, Z., & Zheng, L. (2025). Health Benefits Of Anthocyanins Against Age-Related Diseases. Frontiers In Nutrition, 12.
Madrigal, P. R., Moreno, A. I., & Robles, I. G. C. (2020). Tecnología De Elaboración De Gomitas De Grenetina Adicionadas Con Vitamina C. Humanidades, Tecnología Y Ciencia Del Instituto Politécnico Nacional, 22, 1-6.
Maia, N. M. A., Andressa, I., Cunha, J. S., Costa, N. D. A., De Oliveira, E. B., Leite Júnior, B. R. D. C., & Vieira, É. N. R. (2025). Clitoria Ternatea: Perspectives On Its Application In Foods And Potential Health Benefits. Plants, 14(21), 3322.
Mainani, G., Azzini, E. Y Ferro-Luzzi, A. 1993. “Vitamin C”. Int. J. Vitam: Nutr. Res. 63:289-295.
Mancha, M. A. F., Monterrubio, A. L. R., Vega, R. S., & Martínez, A. C. (2019). Estructura Y Estabilidad De Las Betalaínas. Interciencia, 44(6), 318-325.

Mandrich, L.; Esposito, A.V.; Costa, S.; Caputo, E. (2023) Chemical Composition, Functional And Anticancer Properties Of Carrot. Molecules, 28, 7161

Marcano, D. (2018). Introducción A La Química De Los Colorantes. Colección Divulgación Científica Y Tecnológica. Academia De Ciencias Físicas, Matemáticas Y Naturales, Caracas, Venezuela. 254 P.

Marpaung, A. M. (2020). Tinjauan Manfaat Bunga Telang (Clitoria Ternatea L.) Bagi Kesehatan Manusia. Journal Of Functional Food And Nutraceutical, 1(2), 63–85.

Martín-Diana, A.B.; Rico, D.; Frías, J.M.; Barat, J.M.; Henehan, G.T.M.; Barry-Ryan, C. Calcium For Extending The Shelf Life Of Fresh Whole And Minimally Processed Fruits And Vegetables: A Review. Trends Food Sci. Technol. 2007, 18, 210–218.

Mathlouthi, M. (2001). Water content, water activity, water structure and the stability of foodstuffs. *Food control*, *12*(7), 409-417.

Mazza, G., & Miniati, E. (2018). Anthocyanins In Fruits, Vegetables, And Grains. CRC Press.

Medhi, M., Gupta, A. K., Dhua, S., & Mishra, P. (2022). Food additives. In *Advances in food chemistry: Food components, processing and preservation* (pp. 255-292). Singapore: Springer Nature Singapore.

Mendelová, A., Mendel, Ľ., Czako, P., & Mareček, J. (2014). Seguimiento De Los Cambios En La Clorofila Y Los Carotenoides En El Proceso De Producción De Puré De Espinacas Congelado. Journal Of Microbiology, Biotechnology And Food Sciences, 3, 263-266.

Ministerio De Agroindustria (2017) Perfil Del Mercado De Zanahoria. Gobierno De Argentina

Moghaddas, K. E., Ghaderzadeh, S., Mojaddar, L. A., Ghasempour, Z., & Ehsani, A. (2020). Red Beet Extract Usage In Gelatin/Gellan Based Gummy Candy Formulation Introducing Salix Aegyptiaca Distillate As A Flavouring Agent. Journal Of Food Science And Technology, 57(9), 3355–3362.

Mollazade, K.; Hashim, N.; Zude-Sasse, M. Towards A Multispectral Imaging System For Spatial Mapping Of Chemical Composition In Fresh-Cut Pineapple (Ananas Comosus). Foods 2023, 12, 3243.

Mondino, M. C., Balaban, D., & Vicente, D. (2017). Evaluación Agronómica De Cultivares De Espinaca (Spinacia Oleracea L.) Con Destino Industrial En El Cinturón Hortícola De Rosario.

Motoki, K., Spence, C., & Velasco, C. (2023). When visual cues influence taste/flavour perception: A systematic review. Food Quality and Preference, 111, 104996.

Mounika, V., Lakshminarayana, D., Srinivas, J., Sathish, G., & Gouthami, P. (2020). Effect of integrated nutrient management on quality and economics of beet root (Beta vulgaris L.) Cv. Crimson Globe under alkaline conditions. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9(10), 2565-2569.

Multisona, R. R., Shirodkar, S., Arnold, M., & Gramza-Michalowska, A. (2023). Clitoria Ternatea Flower And Its Bioactive Compounds: Potential Use As Microencapsulated Ingredient For Functional Foods. Applied Sciences, 13(4), 2134.

Murcia, M. A., Jiménez-Monreal, A. M., Gonzalez, J., & Martínez-Tomé, M. (2020). Spinach. In *Nutritional composition and antioxidant properties of fruits and vegetables* (pp. 181-195). Academic Press.

Mustafa, A., Trevino, L. M., & Turner, C. (2012). Pressurized Hot Ethanol Extraction Of Carotenoids From Carrot By-Products. Molecules, 17(2), 1809-1818.

Najar B, Zrig A, Alsherif EA, Selim S, Aloufi AS, Korany SM, Nhs M, Aldilam M, Bouqellah NA. Synergistic Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Germanium on the Growth, Nutritional Quality, and Health-Promoting Activities of Spinacia oleracea L. Plants (Basel). 2024, 14;13(20):2869.

Naseem, A., Akhtar, S., Ismail, T., Qamar, M., Sattar, D.-e.-s., Saeed, W., Esatbeyoglu, T., Bartkiene, E., & Rocha, J. M. (2023). Effect of Growth Stages and Lactic Acid Fermentation on Anti-Nutrients and Nutritional Attributes of Spinach (Spinacia oleracea). Microorganisms, 11(9), 2343.

Neda, G.D.; Rabeta; Ong, M.T. (2013). Chemical Composition And Anti-Proliferative Properties Of Flowers Of Clitoria Ternatea. Int. Food Res. J. 20, 1229–1234.

Nogueira, T. B. D. B., Silva, L. S. D., Lima, C. F. A., Carvalho, M. G. D. O., Marques, M. R. D. C., Felzenszwalb, I., ... & Fai, A. E. C. (2026). Transforming waste into a bioactive resource: phenolic profile, antioxidant, and antimutagenic properties of pineapple (Ananas comosus) crown infusion. Sustainable Food Technology, 4(1), 1115-1125.

Oguis, G. K., Gilding, E. K., Jackson, M. A., & Craik, D. J. (2019). Butterfly Pea (Clitoria Ternatea), A Cyclotide-Bearing Plant With Applications In Agriculture And Medicine. Frontiers In Plant Science, 10, 645.

Olmedilla-Alonso, B. (2017). Carotenoids: Content In Foods, In Diet And Bioavailability. COST Action EUROCAROTEN (CA15136), Scientific Newsletter 2, 1-9

Ondarza N. (2006) Biología Moderna. Editado Por Editorial Trillas México, Pp214-218.

Orozco Coneo, B. M. (2025). Revisión De Compuestos Bioactivos En Frutas Y Vegetales De Color Morado De La Región Andina: Implicaciones Para La Salud Y La Nutrición, Con Enfoque En Procesos Biotecnológicos.

Ortiz Melo, G. (2021). Consumo De Alimentos Con Rojo 40 Como Estilo De Vida Y Sus Implicaciones En La Salud. Benemérita Universidad Autónoma De Puebla.

Ospina-Sanchez, P. A., Henao-Rojas, J. C., Melgarejo, L. M., & Ramirez-Gil, J. G. (2026). Temporal Dynamics of Postharvest Quality in Carrot Genotypes: A Multidimensional Analysis of Physicochemical, Biofunctional, Spectral, and Sensory Attributes. Horticulturae, 12(6), 657.

Östbring, K., Sjöholm, I., Rayner, M., & Erlanson-Albertsson, C. (2020). Effects of storage conditions on degradation of chlorophyll and emulsifying capacity of thylakoid powders produced by different drying methods. Foods, 9(5), 669.

Otálora, M. C., de Jesús Barbosa, H., Perilla, J. E., Osorio, C., & Nazareno, M. A. (2019). Encapsulated betalains (Opuntia ficus-indica) as natural colorants. Case study: Gummy candies. Lwt, 103, 222-227.

Otálora, M. C., Wilches-Torres, A., & Gómez Castaño, J. A. (2023). Microencapsulation of Betaxanthin pigments from pitahaya (Hylocereus megalanthus) by-products: Characterization, food application, stability, and in vitro gastrointestinal digestion. Foods, 12(14), 2700.

Padayatty, S. J., Katz, A., Wang, Y., Eck, P., Kwon, O., Lee, J. H., ... & Levine, M. (2003). Vitamin C As An Antioxidant: Evaluation Of Its Role In Disease Prevention. Journal Of The American College Of Nutrition, 22(1), 18-35.

Páez, M. R., Muñoz, N. C., Nieto, M. I. B., Monsalve, J. M., Varela, B. M., Henao, A. J., & Carvalho, C. P. (2017). Implementación De La Extracción Y Análisis B-Caroteno En Zanahoria (DAUCUS CAROTA L.) Por Fluidos Supercríticos (FSC) Y UHPLC-DAD. Encuentro SENNOVA Del Oriente Antioqueño, 3(1), 47-65.

Paparella, A., Kongala, P. R., Serio, A., Rossi, C., Shaltiel-Harpaza, L., Husaini, A. M., & Ibdah, M. (2024). Challenges And Opportunities In The Sustainable Improvement Of Carrot Production. Plants, 13(15), 2092.

Patiño, T., Casco, M., Quinatoa, E., Chimborazo, E., & Mendoza, M. (2023). Evaluación Sensorial Y Fisicoquímica De Materias Primas Cítricas De La Estación Experimental “La Playita” De La Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Maná. LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades, 4(3).

Paulauskienė, A., Šileikienė, D., Karklelienė, R., Tarasevičienė, Ž., & Česonienė, L. (2023). Quality Research of the Beetroots (Beta vulgaris L., ssp. vulgaris var. conditiva Alef.) Grown in Different Farming Systems Applying Chemical and Holistic Research Methods. Sustainability, 15(9), 7102. https://doi.org/10.3390/su15097102

PCE Instruments (2006) Refractómetro De Mano. Instrucciones De Uso.

Pekdogan Goztok, S., Habibzadeh Khiabani, A., Toker, O. S., Palabiyik, I., & Konar, N. (2024). Development of healthier gummy candy by substituting glucose syrup with various fruit juice concentrates. Food Science & Nutrition, 12(10), 7864-7876.

Peña, M. A. G., Ramírez, J. D. L., Abascal, L. T., & Regules, A. E. O. (2018). Los Beneficios Del Consumo De Carotenoides. Departamento De Ingeniería Química, Alimentos Y Ambiental Universidad De Las Américas Puebla, 31.

Perez-Galvez, A., Viera, I., & Roca, M. (2017). Chemistry In The Bioactivity Of Chlorophylls: An Overview. Current Medicinal Chemistry, 24(40), 4515-4536.

Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., & Castelló, M. L. (2014). Optical, Mechanical And Sensory Properties Of Based-Isomaltulose Gummy Confections. Food Bioscience, 7, 37–44.

Phrueksanan, W., Yibchok-Anun, S., & Adisakwattana, S. (2014). Protection Of Clitoria Ternatea Flower Petal Extract Against Free Radical-Induced Hemolysis And Oxidative Damage In Canine Erythrocytes. Research In Veterinary Science, 97(2), 357-363.

Pichardo Pérez, F. F. (2019). Obtención De Pigmentos Bioactivos A Partir De Col Morada (Brassica Oleracea Var. Capitata) Y Evaluación De Su Aplicación En Un Producto Alimenticio.

Pineda, M. L. C., Valladares, P. D. G., Toapanta, E. A. R., Ortega, R. A. F., & Calvopiña, I. L. T. (2024). Evaluación Sensorial, Análisis Fisicoquímico Y Microbiológico De Las Gomitas De Badea (Passiflora Quadrangularis) Y Mora (Morus Alba L) Provenientes De Malqui-Machay, Con Propiedades Antioxidantes. ARANDU UTIC, 11(2), 1977-1991.

Porras Leonardo, G. P. (2017). Porras-Genesis.Pdf [Universidad Rafael Landívar].

Preciado, P. J. C. (2026). Diseño Y Construcción De Un Panel Solar Con Placas De Clorofila, Para El Aprovechamiento Del Espectro Electromagnético Uv En Iluminación Pasiva. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo Facultad De Ciencias.

Purnamayanti, A., Gondokesumo, M. E., & Budipramana, K. (2022). Potential Application Of Clitoria Ternatea In Cancer Treatment. Pharmaceutical Sciences And Research (PSR), 9(3), 109-124.

Qureshi, S., Ahmed, S., Anjum, F. M., Saeed, F., Sultan, M. T., & Hussain, S. (2023). Effect Of Growth Stages And Lactic Acid Fermentation On Anti-Nutrients And Nutritional Attributes Of Spinach (Spinacia Oleracea). Foods, 12(18), 3408.

Ramírez-Melo, L. M., Hernández-Traspeña, J. L., Del Socorro Cruz-Cansino, N., Delgado-Olivares, L., Ramírez-Moreno, E., Ariza-Ortega, J. A., & Alanís-García, E. (2019). Evaluación De Las Propiedades Fisicoquímicas Y Microbiológicas Del Jugo De Betabel (Beta Vulgaris L.) Termoultrasonicado. Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo, 7(14), 60-64.

Ramírez-Mérida, L.G., Zepka, Q.L. Y Jacob-Lopes, E. 2014. Microalgas Y Cianobacterias Aplicación En Medicina. Revista Electronica Portalesmedicos. Com. 9(4):149.

Ramírez-Navas J. S. (2025). Colorantes Naturales: Mucho Más Que Color En Los Alimentos. Centro Interdisciplinario De Estudios En Salud – Departamento De Alimentación Y Nutrición – Facultad De Ciencias De La Salud, Pontificia Universidad Javeriana, Cali, Colombia

Rattanathanalerk, M., Chiewchan, N., & Srichumpoung, W. (2005). Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. Journal of Food engineering, 66(2), 259-265.

Rattin, J., Echarte, M., Barrera, L., Tognetti, J., & Di Benedetto, A. (2022). Las Multifacéticas Remolachas: Una Reevaluación De Sus Posibilidades Productivas A La Luz De Los Conocimientos Actuales. RIA. Revista De Investigaciones Agropecuarias, 48(1), 24-40.

Ravichandran, K., Saw, N. M. M. T., Mohdaly, A. A., Gabr, A. M., Kastell, A., Riedel, H., & Smetanska, I. (2011). Impact Of Processing Of Red Beet On Betalain Content And Antioxidant Activity. Food Res. Int. 50, 2011, Pp. 670-675

Regueiro, V. G., Mauriz, C. R., Fero, C. S., Plana, S. V., & Rey, C. R. M. (2014). Introducción Al Análisis Sensorial Estudio Hedónico Del Pan En El IES Mugardos. IV Concurso Incubadora De Sondaxes E Experimentos. Sociedad Gallega De Fomento De La Estadística Y La Investigación Operativa, 12-16.

Rehman, S., Shah, S., Butt, A. M., Shah, S. M., Jabeen, Z., & Nadeem, A. (2021). Biochemical profiling and elucidation of biological activities of Beta vulgaris L. leaves and roots extracts. Saudi Journal of Biological Sciences, 28(1), 592-602.

Renna, A. J. (2022). Caracterización Y Evaluación De La Calidad Físico-Química De Nuevas Variedades De Zanahoria (Daucus Carota L.) Obtenidas Por Mejoramiento Clásico, Para Consumo En Fresco Y/O Industria. Universidad Nacional De Cuyo. Facultad De Ciencias Agrarias.

Reyna Ávila, E. D. (2025). Respuesta De Variedades De Spinacia Oleracea Cultivadas En Una Biofábrica Con Iluminación Artificial (Doctoral Dissertation, Universidad Autónoma De Nuevo León).

Riaz, N., Yousaf, Z., Yasmin, Z., Munawar, M., Younas, A., Rashid, M., … & Simon, P. W. (2022). Development of carrot nutraceutical products as an alternative supplement for the prevention of nutritional diseases. Frontiers in nutrition, 8, 787351.

Ribera, A., Bai, Y., Wolters, A. M. A., Van Treuren, R., & Kik, C. (2020). A Review On The Genetic Resources, Domestication And Breeding History Of Spinach (Spinacia Oleracea L.). Euphytica, 216(3), 48.

Ribera, A., Van Treuren, R., Kik, C., Bai, Y., & Wolters, A. M. A. (2021). On The Origin And Dispersal Of Cultivated Spinach (Spinacia Oleracea L.). Genetic Resources And Crop Evolution, 68(3), 1023-1032.

Rico, D., & Martín-Diana, A. B. (2023). Nutracéuticos Y Alimentos Funcionales Aliados Para La Salud: La Necesidad De Un Diseño “A Medida”. Nutrición Clínica En Medicina, 17(2), 103-118.
Rico, D.; Martín-Diana, A.B.; Barat, J.M.; Barry-Ryan, C. Extending And Measuring The Quality Of Fresh-Cut Fruit And Vegetables: A Review. Trends Food Sci. Technol. 2007, 18, 373–386.
Rivero, R., Archaina, D., Sosa, N., & Schebor, C. (2023). Sensory characterization, acceptance, and stability studies on low calories fruit jelly candies. Journal of Food Science and Technology, 60(8), 2204-2212.
Rodriguez-Amaya, D. B. (1999). Changes in carotenoids during processing and storage of foods. Organo Oficial de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición.
Rodriguez-Amaya, D. B. (2019). Update on natural food pigments-A mini-review on carotenoids, anthocyanins, and betalains. *Food Research International*, *124*, 200-205.
Rodríguez-Mena, A., Ochoa-Martínez, L. A., González Herrera, S. M., Rutiaga-Quiñones, O. M., González-Laredo, R. F., & Olmedilla-Alonso, B. (2023). Natural Pigments Of Plant Origin: Classification, Extraction And Application In Foods. Food Chemistry, 398 (2023). 133908.
Rorie, RL, Purcell, LC, Mozaffari, M., Karcher, DE, King, CA, Marsh, MC Y Longer, DE (2011). Asociación Del “Verdor” En El Maíz Con El Rendimiento Y La Concentración De Nitrógeno En Las Hojas. Agronomy Journal, 103 (2), 529-535.
Roudbari, M., Barzegar, M., Sahari, M. A., & Gavlighi, H. A. (2024). Formulation of functional gummy candies containing natural antioxidants and stevia. Heliyon, 10(11).
Ruedt, C., Gibis, M., & Weiss, J. (2023). Meat color and iridescence: Origin, analysis, and approaches to modulation. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 22(4), 3366-3394.
Ruiz Santiago, F. L., Ruiz Velázquez, J. A., Hernández Becerra, J. A., García Jiménez, R., & Valadez Villarreal, A. (2019). Extracción Y Cuantificación De Clorofila En Hojas Comestibles Del Estado De Tabasco. Revista Investigación Y Desarrollo En Ciencia Y Tecnología De Alimentos, 4, 944-949.
Ruíz, M.R. (2017). Tratado De Nutrición. Volumen 2: Composición Y Calidad Nutritiva De Los Alimentos. (2ª. Edición). México: Médica Panamericana. Pp. 172- 173.
Saha, S., Kalia, P., Sureja, A., Sarkar, S. 2016. Breeding tropical carrots (Daucus carota) for enhanced nutrition and high temperature stress. Indian Journal of Agricultural Sciences, vol. 86, no. 7, p. 940-945.
Salacheep, S., Kasemsiri, P., Pongsa, U., Okhawilai, M., Chindaprasirt, P., & Hiziroglu, S. (2020). Optimization Of Ultrasound-Assisted Extraction Of Anthocyanins And Bioactive Compounds From Butterfly Pea Petals Using Taguchi Method And Grey Relational Analysis. Journal Of Food Science And Technology, 57(10), 3720-3730.
Sanahuja, A. B., García, A. V., Baenas, N., Ferrando, B. O., Periago, M. J., Alonso, N. C. & Todolí, J. L. (2025). Valorization Of Pineapple Core Waste For Sequential Extraction Of Phenolic Compounds And Carotenoids: Optimization Through Ultrasound-Assisted Method And Box–Behnken Design. Food And Bioprocess Technology, 18(3), 2618-2631.
Sánchez Franco, J. A., & Ayala Niño, A. (2017). Elaboración Y Caracterización Funcional De Gomitas Adicionadas Con Extracto Concentrado De Penca De Maguey (Agave Salmiana).
Sarkar, T., Salauddin, M., Hazra, S. K., & Chakraborty, R. (2020). The Impact Of Raw And Differently Dried Pineapple (Ananas Comosus) Fortification On The Vitamins, Organic Acid And Carotene Profile Of Dairy Rasgulla (Sweetened Cheese Ball). Heliyon, 6(10).
Saul, A. (2014). Vitamina C: La Verdadera Historia. España: Sirio. Pp. 21-22.
Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural (2016). Betabel, Un Vegetal Con Mucha Historia
Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural (2016). Mitos Y Realidades De La Espinaca
Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural (2021). Crece 16.2% Producción De Piña En México Durante 2020
Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural (2023). Conoce La Espinaca, El Producto Más Nutritivo
Secretaría De Agricultura Y Desarrollo Rural (2023). El Betabel: Un Tesoro Bajo La Tierra
Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca Y Alimentación (2017). Planeación Agricola Nacional 2017-2030
Secretaría De Economía Y Secretaría De Salud, 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones Generales De Etiquetado Para Alimentos Y Bebidas No Alcohólicas Preenvasados-Información Comercial Y Sanitaria.

Secretaría De Salud, 2012. NORMA Oficial Mexicana NOM-131-SSA1-2012, Productos Y Servicios. Fórmulas Para Lactantes, De Continuación Y Para Necesidades Especiales De Nutrición. Alimentos Y Bebidas No Alcohólicas Para Lactantes Y Niños De Corta Edad. Disposiciones Y Especificaciones Sanitarias Y Nutrimentales. Etiquetado Y Métodos De Prueba.

Secretaría De Salud, México (2006). ACUERDO Por El Que Se Determinan Los Aditivos Y Coadyuvantes En Alimentos Bebidas Y Suplementos Alimenticios Su Uso Y Disposiciones Sanitarias. Diario Oficial De La Federación.

Segura, A. D. P., Trujillo, E. P. P., Torres, G. J. S., & Recalde, C. W. I. (2024). Estudio De Factibilidad Para La Elaboración De Una Bebida Funcional A Base De Espinaca, Naranja Y Sandía. Polo Del Conocimiento, 9(5), 984-1004.

Seljåsen, R.; Kristensen, H.L.; Lauridsen, C.; Wyss, G.S.; Kretzschmar, U.; Birlouez-Aragone, I.; Kahl, J. Quality Of Carrots As A_Ected By Pre- And Postharvest Factors And Processing. J. Sci. Food Agric. 2013, 93, 2611–2626.

Sequeira, M. L., Marenco, M. S., Gómez, R. M., Anaya, Y. R., Pushaina, K. R., & Sarmiento-Rubiano, L. A. (2020). Evaluación sensorial de golosinas tipo goma hechos a base de verduras y edulcorante bajo en calorías. *Rev Esp Nutr Comunitaria*, *27*(3), 209-213.

Shamah-Levy, T., Lazcano-Ponce, E. C., Cuevas-Nasu, L., Romero-Martínez, M., Gaona-Pineda, E. B., Gómez-Acosta, L. M., Mendoza-Alvarado, L. R., & Méndez-Gómez-Humarán, I. (2024). Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023. Resultados nacionales. Instituto Nacional de Salud Pública.

Sharma A, Kumar L, Malhotra M, Singh AP, Singh AP, (2024). Ananas Comosus (Pineapple): A Comprehensive Review Of Its Medicinal Properties, Phytochemical Composition, And Pharmacological Activities, Journal Of Drug Delivery And Therapeutics. 14(5):148-157

Shen, Y., Du, L., Zeng, H., Zhang, X., Prinyawiwatkul, W., Alonso-Marenco, J. R., & Xu, Z. (2016). Butterfly Pea (Clitoria Ternatea) Seed And Petal Extracts Decreased Hep-2 Carcinoma Cell Viability. International Journal Of Food Science And Technology, 51(8), 1860–1868.

Shivaranjani, L.L., Poornima, H., Umamaheswari, J. & Devi, K.L. 2014. Preliminary Phytochemical Screening And Quantification Of Bioactive Compounds In The Leaves Of Spinach (Spinaceae Oleraceae L.). Journal Of Pharmacy Research 8(8): 1113-1119.

Singh, T., Pandey, V. K., Dash, K. K., Zanwar, S., & Singh, R. (2023). Natural Bio-Colorant And Pigments: Sources And Applications In Food Processing. Journal Of Agriculture And Food Research, 12, 100628.

Šlosár, M., Mezeyová, I., & Mezey, J. (2025). The effect of selenium application on root yield and nutritional quality of fresh and pasteurized beetroot (Beta vulgaris L. ssp. vulgaris var. conditiva Alef. Helm.) juice. Journal of Agriculture and Food Research, 21, 101969.

Smith, G.A. Sugar Beet: Principles Of Cultivar Development. 1987: Fehr, W.R. (Ed.) Macmillan Publishing Company.

Sosa, M. F. M., Barrales, A. M. G., & García, N. A. V. (2020). Perspectivas E Impacto En La Salud Del Consumo De Los Alimentos Funcionales Y Nutracéuticos En México. RD-ICUAP, 114-136.

Soukoulis, C., & Bohn, T. (2018). A Comprehensive Overview On The Micro- And Nano-Technological Encapsulation Advances For Enhancing The Chemical Stability And Bioavailability Of Carotenoids. Critical Reviews In Food Science And Nutrition, 58(1), 1-36.

Spence, C. (2015). On the psychological impact of food colour. Flavour, 4(1), 21.

Spence, C. (2015). On the psychological impact of food colour. *Flavour*, *4*(1), 21.

Stahl, W., & Sies, H. (2012). B-Carotene And Other Carotenoids In Protection From Sunlight. The American Journal Of Clinical Nutrition, 96(5), 1179S-1184S.

Staniszewska, M.; Kula, J.; Wieczorkiewicz, M.; Kusewicz, D. Essential Oils Of Wild And Cultivated Carrots—The Chemical Composition And Antimicrobial Activity. J. Essent. Oil Res. 2005, 17, 579–583.

Sultana, B., Anwar, F., & Ashraf, M. (2009). Effect Of Extraction Solvent/Technique On The Antioxidant Activity Of Selected Medicinal Plant Extracts. Molecules, 14(6), 2167–2180.

Swamy K.RM. 2022. "Ongin, Distribution, Taxonomy, Botanical Description, And Crop Improvement Of Carrot (Daucus Carota Var. Sativus)". International Journal Of Current Research, 14, (09), 22281-22294

Teixeira-Lemos, E., Almeida, A. R., Vouga, B., Morais, C., Correia, I., Pereira, P., & Guiné, R. P. F. (2021). Development And Characterization Of Healthy Gummy Jellies Containing Natural Fruits. Open Agriculture, 6(1), 466–478.

Tireki, S., Sumnu, G., & Sahin, S. (2021). Correlation between physical and sensorial properties of gummy confections with different formulations during storage. Journal of Food Science and Technology, 58(9), 3397-3408.

Tobar Pérez, D. H., & López Hernández, O. D. (2023). Microencapsulación De Antocianinas A Partir De La Flor De Guisante De Mariposa (Clitoria Ternatea).

Toker, O. S., Atalar, I., Kurt, A., Palabiyik, I., & Konar, N. (2025). Red beet extract powder, gelatin and sucrose interactions in gummy candies. Foods, 14(17), 3138.

Toledo Zumaeta, J. L. (2015). Estudio Del Arte De Los Colorantes Naturales. Facultad De Industrias Alimentarias. Escuela De Formación Profesional De Ingeniería En Industrias Alimentarias

Trych, U., Buniowska-Olejnik, M., & Marszałek, K. (2022). Bioaccessibility Of Betalains In Beetroot (Beta Vulgaris L.) Juice Under Different High-Pressure Techniques. Molecules, 27(20), 7093.

Ugbogu, E. A., Iweala, E. J., Ukachukwu, C. E., Babayo, C., Dania, O. E., Isreal, C. L., ... & Okoro, B. C. (2026). Ethnopharmacological relevance, phytochemistry, potential health benefits and toxicity profile of Ananas comosus (L.) Merr (pineapple). Pharmacological Research-Natural Products, 100550.

Uriza-Ávila, D. E., Torres-Ávila, A., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, V. H., Zetina-Lezama, R., & Rebolledo-Martínez, A. (2018). La Piña Mexicana Frente Al Reto De La Innovación. Avances Y Retos En La Gestión De La Innovación. Colección Trópico Húmedo. Chapingo, Estado De México. México: Uach

Valencia, G. A. (2023). Natural Additives In Foods. Springer International Publishing.

Vandekinderen, I., Van Camp, J., Devlieghere, F., Veramme, K., Denon, Q., Ragaert, P., & De Meulenaer, B. (2008). Effect Of Decontamination Agents On The Microbial Population, Sensorial Quality, And Nutrient Content Of Grated Carrots (Daucus Carota L.). Journal Of Agricultural And Food Chemistry, 56(14), 5723-5731.

Vasquez Peña, D. K., & Vera Pacherres, F. L. (2025). Evaluación Nutricional Y Organoléptica De Gomitas Blandas Elaboradas Con Sangre De Pollo (Gallus Gallus Domesticus).

Vásquez Ravines, A. L., & Noriega Soria, P. (2024). Capacidad antioxidante de la pulpa (Ananas comosus) piña y elaboración de compota fortificada.

Velásquez, M. B., Barazarte, H., & González, C. C. (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, 1(14), 21-58.

Vidana Gamage, G. C., Lim, Y. Y., & Choo, W. S. (2021). Anthocyanins From Clitoria Ternatea Flower: Biosynthesis, Extraction, Stability, Antioxidant Activity, And Applications. Frontiers In Plant Science, 12, 792303.

Viera, I., Pérez-Gálvez, A., & Roca, M. (2019). Green Natural Colorants. Molecules, 24(1), 154.

Vinha, A. F., Rodrigues, F., Nunes, M. A., & Oliveira, M. B. P. P. (2018). Natural Pigments And Colorants In Foods And Beverages. En Polyphenols: Properties, Recovery, And Applications(Pp. 363-391). Elsevier.

Vioque, J. Y Millán, F. 2005. Los Péptidos Bioactivos En Alimentación: Nuevos Agentes Promotores De Salud. JOUR. 26.

Vojvodić, A., Bunić, M., Mandura, A., Šeremet, D., & Komes, D. (2024). Physicochemical and sensory stability evaluation of gummy candies fortified with mountain germander extract and prebiotics. Polymers, 16(2), 259.

Wali, N. (2019). Pineapple (Ananas Comosus). In Nonvitamin And Nonmineral Nutritional Supplements (Pp. 367-373). Academic Press.

Wallace, T. C., & Giusti, M. M. (2019). Anthocyanins—Nature's Bold, Beautiful, And Health-Promoting Colors. Foods, 8(11), 550.

Wang, R., & Hartel, R. W. (2022). Citric acid and heating on gelatin hydrolysis and gelation in confectionery gels. Food Hydrocolloids, 129, 107642.

Wang, R., Hartel, R. W., Zhai, X., Fu, W., Sun, Y., & Wang, S. (2024). Phase separation and gelation of gelatin-glucose syrup mixtures and gummy confections: Effects of moisture content, sugars, citric acid, and citrates. Food Hydrocolloids, 153, 110006.

Waseem, M., Akhtar, S., Manzoor, M. F., Mirani, A. A., Ali, Z., Ismail, T., ... & Karrar, E. (2021). Nutritional Characterization And Food Value Addition Properties Of Dehydrated Spinach Powder. Food Science & Nutrition, 9(2), 1213-1221.

Wehbe, K.; Mroueh, M.; Daher, C.F. (2009). The Potential Role Of Daucus Carota Aqueous And Methanolic Extracts On Inflammation And Gastric Ulcers In Rats

Wijesekara, T., & Xu, B. (2024). A critical review on the stability of natural food pigments and stabilization techniques. Food Research International, 179, 114011.

World Health Organization. (2015). Guideline: Sugars intake for adults and children. World Health Organization. https://www.who.int/publications/i/item/9789241549028

Wrolstad, R. E., & Culver, C. A. (2012). Alternatives to those artificial FD&C food colorants. *Annual review of food science and technology*, *3*(1), 59-77.

Xue, H., Zhao, J., Wang, Y., Shi, Z., Xie, K., Liao, X., & Tan, J. (2024). Factors Affecting The Stability Of Anthocyanins And Strategies For Improving Their Stability: A Review. Food Chemistry: X, 24, 101883.

Yan, B., Davachi, S. M., Ravanfar, R., Dadmohammadi, Y., Deisenroth, T. W., Van Pho, T., ... & Abbaspourrad, A. (2021). Improvement of vitamin C stability in vitamin gummies by encapsulation in casein gel. Food Hydrocolloids, 113, 106414.

Zafra, E. M. (2020). ¿Sabemos Lo Que Comemos?: Percepciones Sobre El Riesgo Alimentario En Cataluña, España.Salud Colectiva, 505-518.

Zdrojewicz, Z., Chorbi´Nska, J., Biezy´Nski, B., & Krajewski, P. (2018). Health-Promoting Properties Of Pineapple. Pediatria I Medycyna Rodzinna, 14(2), 133–142.

Zhang, J., Sun, Z., Sun, P., Chen, T., & Chen, F. (2014). Microalgal Carotenoids: Beneficial Effects And Potential In Human Health. Food & Function, 5(3), 413.

Zhang, W., Luo, Z., Wang, A., Gu, X., & Lv, Z. (2021). Kinetic models applied to quality change and shelf life prediction of kiwifruits. Lwt, 138, 110610.

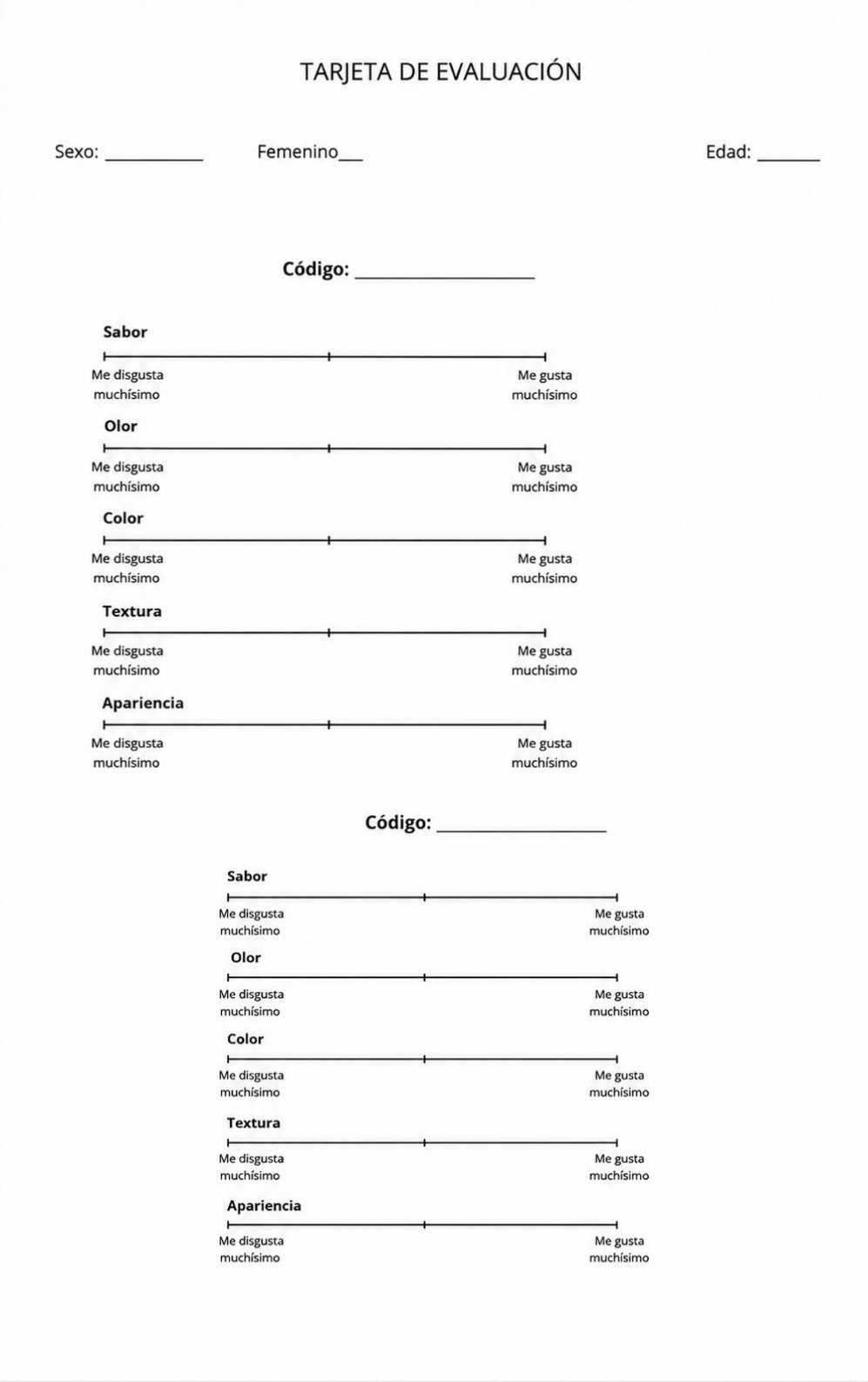
Zin, M. M., Anucha, C. B., & Bánvölgyi, S. (2020). Recovery Of Phytochemicals Via Electromagnetic Irradiation (Microwave-Assisted-Extraction): Betalain And Phenolic Compounds In Perspective. Foods, 9(7), 918.0

Zor, M., Şengül, M., Karakütük İ.A. & Aksoy, S. (2023). Investigation About Various Infusion Conditions On Physical, Chemical And Antioxidant Properties Of Clitoria Ternatea L. Tea. Journal Of The Institute Of Science And Technology, 13(3), 1738-1754.

Zzaman, W., Biswas, R., & Hossain, M. A. (2021). Application of immersion pre-treatments and drying temperatures to improve the comprehensive quality of pineapple (Ananas comosus) slices. Heliyon, 7(1).

Capítulo 11. Anexo

Cuestionario de evaluación de prueba hedónica



TARJETA DE EVALUACIÓN

Sexo: _____ Femenino___ Edad: _____

Código: _____

Sabor

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Olor

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Color

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Textura

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Apariencia

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Código: _____

Sabor

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Olor

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Color

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Textura

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Apariencia

Me disgusta muchísimo — Me gusta muchísimo

Código: _____

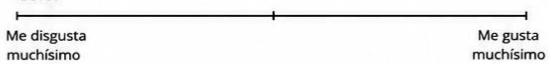
Sabor



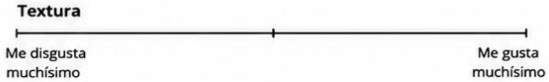
Olor



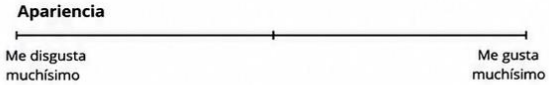
Color



Textura

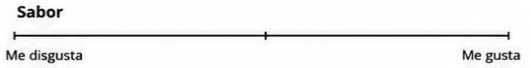


Apariencia



Código: _____

Sabor



Olor



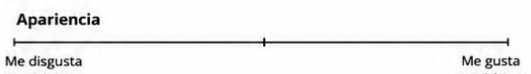
Color



Textura

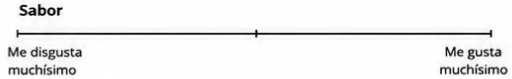


Apariencia



Código: _____

Sabor



Olor



Color



Textura



Apariencia

