



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Química

*Efecto de diferentes soluciones
desinfectantes sobre las características
fisicoquímicas y sensoriales de fresas
y zarzamoras*

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

Química de Alimentos

P R E S E N T A

KETZALZIN VÁZQUEZ HERNÁNDEZ

Asesora

Dra. Patricia Severiano Pérez



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX.

2024



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Q.F.B. Bertha Julieta Sandoval Guillen

VOCAL: Dra. Patricia Severiano Pérez

SECRETARIO: M. en C. Brenda Sánchez Salazar

1ER. SUPLENTE: Q.A. Ana Karina Elías Patiño

2 DO. SUPLENTE: Dra. Andrea Rivera del Río

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Laboratorio de Evaluación Sensorial, Anexo del Laboratorio 4D, Edificio A, Cuarto Piso, Facultad de Química, Ciudad Universitaria, UNAM, Coyoacán, Ciudad de México, México.

Laboratorio de Bromatología II, Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ciudad Universitaria, UNAM, Coyoacán, Ciudad de México, México.

Dra. Patricia Severiano
Pérez

Asesora

M. en C. Juan Carlos
Ramírez Orejel

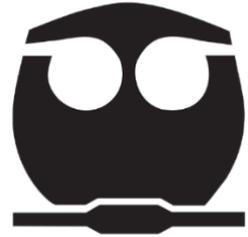
Supervisor Técnico

Ketzalzin Vázquez
Hernández

Sustentante



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO



**PROTESTA UNIVERSITARIA DE INTEGRIDAD Y
HONESTIDAD ACADÉMICA Y PROFESIONAL
(Titulación o Graduación con trabajo escrito)**

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 87, fracción V, del Estatuto General, 68, primer párrafo, del Reglamento General de Estudios Universitarios y 26, fracción I, y 35 del Reglamento General de Exámenes, me comprometo en todo tiempo a honrar a la Institución y a cumplir con los principios establecidos en el Código de Ética de la Universidad Nacional Autónoma de México, especialmente con los de integridad y honestidad académica.

De acuerdo con lo anterior, manifiesto que el trabajo escrito titulado: ***Efecto de diferentes soluciones desinfectantes sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de fresas y zarzamoras*** que presenté para obtener el título/grado de Química de Alimentos, es original, de mi autoría y lo realicé con el rigor metodológico exigido por la Facultad de Química, citando las fuentes de ideas, textos, imágenes, gráficos u otro tipo de obras empleadas para su desarrollo.

En consecuencia, acepto que la falta de cumplimiento de las disposiciones reglamentarias y normativas de la Universidad, en particular las ya referidas en el Código de Ética, llevará a la nulidad de los actos de carácter académico administrativo del proceso de titulación/graduación.

Atentamente

Ketzalzin Vázquez Hernández

113002711

*En algún lugar, algo increíble está
esperando a ser descubierto.*

- Carl Sagan

AGRADECIMIENTOS

Académicos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, noble institución que me ha abrazado desde que tengo 12 años, convirtiéndose en mi segundo hogar. Gracias por darme la oportunidad de formarme profesionalmente y de ver el mundo desde otra perspectiva.

A la Dra. Patricia Severiano, aunque nuestro encuentro fue inesperado de tantas maneras, ha marcado una diferencia significativa en mi camino académico y personal. Le agradezco su confianza, guía, apoyo y motivación para hacer esto posible, pero sobretodo, su calidez humana.

Al M. en C. Juan Carlos Ramírez Orejel, por ser un académico apasionado por su área y atento con sus alumnos. Muchas gracias por siempre estar dispuesto a ayudar, por su paciencia y apoyo incondicional.

Al Q.A. José Talamantes, gracias por haber sido mi guía en el laboratorio, confiar en mí y ayudarme a crecer. El tiempo trabajando se volvía más ameno con su característico sentido del humor.

A la M. en C. Brenda Sánchez y a la Q.F.B. Julieta Sandoval por la revisión y comentarios brindados para esta tesis, haciendo de este proceso una grata experiencia.

Al Laboratorio de Evaluación Sensorial de la Facultad de Química de la UNAM, por brindarme el espacio y todo lo necesario para poder desarrollar este proyecto, así como su amabilidad y calidez durante el tiempo compartido.

Al Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, por ser como mi segunda casa durante un año, permitiéndome aprender nuevas técnicas que complementaron mi formación académica.

Personales

A Rosario Hernández, por brindarme tu amor y apoyo a cada instante, por enseñarme a dar siempre lo mejor de mí e impulsarme a seguir adelante, gracias por formar a la persona que soy, te amo Mauch.

A Maximino Vázquez por enseñarme a ser fuerte, por ser mi consejero y por demostrarme que los únicos límites que existen son los que uno mismo se impone, gracias por siempre confiar en mí, te amo Pauch.

A Zeltzin Vázquez, mi amiga y cómplice de vida, no pude haber tenido a una mejor hermana, te agradezco por ser mi guía y por siempre estar presente en mis locuras. Gracias por absolutamente todo, te amo hermanita.

A Tenchita, desde mi infancia hasta el presente has sido para mí una fuente de amor incondicional, eres mi segunda madre, gracias por el constante apoyo y motivación en cada paso de mi vida.

A Emilio, mi compañero y amigo, no tengo palabras para agradecerte todo el apoyo y todas las muestras de cariño. El haberte conocido cambió mi vida, llegaste a complementarme de una manera que nunca imaginé, me hace inmensamente feliz crecer a tu lado y superarnos juntos, te amo.

A Metzin, desde el momento en que llegaste a mi vida, fuiste más que un perro, estuviste presente en cada momento de mi vida, incluso en mis noches de desvelo. Gracias por tantos buenos momentos, tu recuerdo estará siempre conmigo, un abrazo hasta el cielo, mi pequeña sombrita.

A Dani, Karen e Ivon, mi equipo perfecto durante este proceso, compañeras de esfuerzos y desvelos, pero también amigas incondicionales, gracias por todos los momentos compartidos, y sobretodo, aquellos en los que me brindaron su amor y apoyo cuando más lo necesité, ni la carrera, ni mi vida sería lo mismo sin ustedes, las quiero, *hijas del maíz*.

A la familia que elegí, mis amigos más cercanos; Ambar, Camarillo y Carmen, gracias por todas las experiencias que hemos vivido juntos a lo largo de estos años, por escucharme, aconsejarme y alentarme a seguir adelante. Han impactado mi vida más de lo que puedo describir, tienen un pedacito de mi corazón.

A Memo, por guiarme en el Laboratorio de Evaluación Sensorial, pero sobretodo por brindarme su sincera amistad (si no me hubieras *visto feo*, esto no sería posible).

A Eréndira Rojas, mi hermanita, desde el primer momento me brindaste tu confianza y amistad, agradezco tu cálida guía y apoyo constante, eres un ejemplo a seguir para mí.

A Araceli Márquez, porque desde Iniciación Universitaria creyó en mí y me retó constantemente para seguir creciendo.

A Alex, mi gran amigo, gracias por ayudarme a creer en mí y en el potencial que en ocasiones no soy capaz de reconocer, eres un ser humano increíble, te admiro mucho.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Introducción.....	1
2. Marco teórico	2
2.1 <i>Calidad microbiológica de las frutas</i>	2
2.2 <i>Calidad sensorial de las frutas</i>	3
2.3 <i>Fresa</i>	4
2.3.1 <i>Características</i>	5
2.3.2 <i>Composición química</i>	6
2.3.3 <i>Producción de fresa en México y en el mundo</i>	8
2.3.4 <i>Estudios relacionados.....</i>	12
2.4 <i>Zarzamora.....</i>	13
2.4.1 <i>Características</i>	13
2.4.2 <i>Composición química</i>	14
2.4.3 <i>Producción de zarzamora en México y en el mundo.....</i>	16
2.4.4 <i>Estudios relacionados.....</i>	18
2.5 <i>Proceso postcosecha</i>	19
2.6 <i>Soluciones desinfectantes.....</i>	21
2.6.1 <i>Hipoclorito de Sodio (NaClO)</i>	21
2.6.2 <i>Plata ionizada.....</i>	23
2.6.3 <i>Solución Electrolizada Superoxidante (SES).....</i>	25
2.7 <i>Análisis instrumental de color.....</i>	27
3. Objetivos	31
3.1 <i>Objetivo general.....</i>	31
3.2 <i>Objetivos particulares</i>	31
4. Hipótesis.....	32

5. Metodología.....	33
5.1 <i>Adquisición de soluciones desinfectantes</i>	34
5.2 <i>Caracterización de las soluciones desinfectantes</i>	34
5.2.1 Determinación de pH y ORP	34
5.2.2 Determinación de concentración de cloro libre.....	34
5.2.3 Determinación de minerales.....	35
5.3 <i>Proceso de desinfección</i>	36
5.4 <i>Análisis Sensorial</i>	37
5.5. <i>Determinación de parámetros fisicoquímicos</i>	38
5.5.1 Determinación colorimétrica	38
5.5.2 Determinación sólidos solubles.....	38
5.5.3 Determinación de pH de las berries.....	38
5.5.4 Determinación acidez titulable.....	39
5.5.5 Determinación de azúcares reductores (DNS)	39
5.6 <i>Análisis estadístico</i>	39
5.6.1 Análisis estadísticos de los parámetros sensoriales	39
5.6.2 Análisis estadísticos de los parámetros fisicoquímicos.....	39
6. Resultados y discusión	40
6.1 <i>Caracterización química de las soluciones desinfectantes</i>	40
6.2 <i>Análisis Sensorial</i>	42
6.2.1 Generación de atributos	42
6.2.1.1 Resultados atributos fresas	44
6.2.1.2 Resultados atributos zarzamoras	45
6.2.3 Análisis del Perfil Flash modificado.....	46
6.2.2.1 Resultados perfil sensorial de fresas	47
6.2.2.2 Resultados perfil sensorial de zarzamoras	52
6.3 <i>Análisis fisicoquímico de las fresas desinfectadas</i>	55
6.3.1 Determinación colorimétrica	55
6.3.1.1 Análisis colorimétrico de fresas	56
6.3.1.2 Análisis colorimétrico de zarzamoras.....	58

6.3.2 Determinación de °Bx, pH, Acidez titulable y Azúcares reductores.....	60
3.3.2.1 Resultados fresas	60
6.3.2.2 Resultados zarzamoras	63
6.3.1 Cuantificación de minerales en las fresas desinfectadas.....	65
6.3.1 Cuantificación de minerales en las zarzamoras desinfectadas	68
7. Conclusiones	70
8. Bibliografía	71
9. Anexo	87

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tonalidad (h^*) del color espacio CIELab.....	29
Ecuación 2. Saturación (C^*) del color espacio CIELab.....	29
Ecuación 3. Diferencia de la Luminosidad en el espacio CIELab	30
Ecuación 4. Diferencia del parámetro a^* en el espacio CIELab	30
Ecuación 5. Diferencia del parámetro b^* en el espacio CIELab	30
Ecuación 6. Determinación de ΔE que describe la diferencia total de color entre 2 muestras	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de fresa en el mundo (FAOSTAT, 2019).....	10
Figura 2. Mecanismos antibacterianos de las nanopartículas de plata ionizada (adaptado de Yin <i>et al.</i> , 2020).....	24
Figura 3. Esquema del proceso de obtención de agua electrolizada (adaptado de Rahman <i>et al.</i> , 2016 y Rodríguez, 2018).....	26
Figura 4. Representación tridimensional del espacio CIELab (adaptación de Ly <i>et al.</i> ,2020).....	28
Figura 5. Atributos de color en el espacio CIELab (adaptado de Sappi Fine Paper North America, 2013).	29
Figura 6. Descripción de la metodología ejecutada en el presente trabajo de investigación.	33
Figura 7. Coloraciones presentadas durante la determinación yodométrica de cloro libre.	35
Figura 8. Lavado de zarzamoras con agua potable.....	36
Figura 9. Aplicación del tratamiento desinfectante mediante aspersion en fresas. ..	36
Figura 10. Ejemplo de la disposición de las muestras aleatorizadas ante el panel. .	37
Figura 11. Cabina individual para evaluación sensorial del Laboratorio de Investigación de Evaluación Sensorial de la Facultad de Química, UNAM.	37
Figura 12. Determinación colorimétrica.	38
Figura 13. Presentación de la fresa aleatorizada ante el panel de manera simultánea	42

Figura 14. PCA de apariencia(●), olor (●), sabor (●), resabio (●) y textura (●) de las fresas desinfectadas de manera individual con NaClO (control), Plata ionizada y SES, proveniente de un GPA.....	48
Figura 15. Análisis Procrusteano Generalizado (GPA) obtenido a partir de los datos de consenso del Perfil Flash modificado (FPm) de apariencia, olor, sabor, resabio y textura de las fresas desinfectadas de manera individual con NaClO (control), Plata ionizada y SES	49
Figura 16. PCA de apariencia (●), olor (●), sabor (●), resabio (●) y textura (●)de PCA de las fresas desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES analizadas de manera simultánea, proveniente de un GPA.....	51
Figura 17. Análisis Procrusteano Generalizado (GPA) obtenido a partir de los datos de consenso del Perfil Flash modificado (FPm) de apariencia, olor, sabor, resabio y textura de las fresas desinfectadas de manera simultánea con NaClO (control), Plata ionizada y SES	52
Figura 18. PCA de apariencia (●), olor (●), sabor (●), resabio (●) y textura (●) de zarzamoras desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES, proveniente de un GPA	54
Figura 19. Análisis Procrusteano Generalizado (GPA) obtenido a partir de los datos de consenso del Perfil Flash modificado (FPm) de apariencia, olor, sabor, resabio y textura de las zarzamoras desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química de la fresa de acuerdo con la base de datos del USDA	6
Tabla 2. Principales países productores de fresas en el mundo (FAOSTAT, 2019)	9
Tabla 3. Principales entidades federativas productoras de fresas en México	11
Tabla 4. Composición química de la zarzamora según lo reportado por la base de datos del Departamento de Agricultura de EE. UU. (USDA)	14
Tabla 5. Principales entidades federativas productoras de zarzamoras en México 2022	17
Tabla 6. Determinación de pH, ORP (mV) y Cl total (ppm) de las soluciones desinfectantes empleadas.	40
Tabla 7. Determinación de ppm de Na ⁺ y Ag ⁺ de las soluciones desinfectantes.	41
Tabla 8. Atributos seleccionados durante la evaluación de las fresas con solución desinfectante control (NaClO) de manera individual.....	44
Tabla 9. Atributos seleccionados durante la evaluación de las fresas desinfectadas con Plata ionizada de manera individual	44
Tabla 10. Atributos seleccionados durante la evaluación de las fresas desinfectadas con SES de manera individual y atributos considerados para la evaluación simultánea	45
Tabla 11. Atributos generados durante la evaluación de las zarzamoras desinfectadas con las tres soluciones desinfectantes	46
Tabla 12. Resultados de la caracterización colorimétrica de fresas desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES del análisis individual.	57
Tabla 13. Resultados de la caracterización colorimétrica de fresas desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES del análisis simultáneo	58

Tabla 14. Resultados de la caracterización colorimétrica de las zarzamoras desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES.	59
Tabla 15. Resultados de la caracterización fisicoquímica de las fresas desinfectadas con NaClO (control) y Plata ionizada.....	62
Tabla 16. Resultados de la caracterización fisicoquímica de las zarzamoras desinfectadas con NaClO (control) y Plata ionizada.....	65
Tabla 17. Determinación de Na ⁺ y Ag ⁺ en fresas desinfectadas mediante Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama.....	67
Tabla 18. Determinación de Na ⁺ y Ag ⁺ mediante Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama en zarzamoras desinfectadas con NaClO, Plata ionizada y SES	69

1. Introducción

Diversos estudios epidemiológicos han demostrado que la implementación de una dieta rica en frutas y vegetales permite la obtención de compuestos bioactivos capaces de reducir la predisposición a ciertas patologías crónicas como; obesidad, infecciones, enfermedades cardiovasculares y neurológicas, así como ciertos tipos de cáncer (**Hannum, 2004; Giampieri et al., 2012**).

Algunas frutas como la fresa (*Fragaria x ananassa*) y la zarzamora (*Rubus* spp.), también denominadas berries o frutillas, se caracterizan por su tamaño pequeño y por sus colores brillantes. Estas aportan a la dieta una importante fuente de nutrientes esenciales como vitaminas, minerales, carbohidratos, fibra y antioxidantes (**Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER], 2016**). No obstante, por sus condiciones fisiológicas, son frutos muy delicados y proclives a contaminación microbiológica, por lo que resultan muy perecederos (**Restrepo et al., 2010**) y con una alta incidencia de Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETAS), principalmente del tipo infeccioso, es decir aquellas asociadas a la presencia de microorganismos patógenos vivos (**North Carolina State Center for Health Statistics [NCSCHS], 2020**).

En algunas ocasiones, las fresas pueden estar contaminadas con bacterias, parásitos y/o virus, por lo que se han asociado a diversos brotes alimentarios de *Salmonella* spp., *E. coli* 0157:H7, *Taenia* spp., y Hepatitis A (**Spíndola et al., 1996; Scott, 2008**).

Por esta razón, resulta importante el uso de soluciones desinfectantes que garanticen la eliminación de microorganismos patógenos y, de esta manera, sea seguro el consumo de este tipo de frutas. Es importante mencionar que previamente en el Laboratorio de Bromatología II, del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ya se ha evaluado microbiológicamente la efectividad del Hipoclorito de Sodio y de la Solución Electrolizada Superoxidante (SES) en fresas, mostrando resultados eficientes en la eliminación de carga bacteriana.

Sin embargo, dependiendo del mecanismo de acción y la naturaleza de cada solución en algunas ocasiones estos desinfectantes generan alteraciones en los atributos sensoriales, modificando principalmente el aroma, sabor y/o dejando resabios.

2. Marco teórico

2.1 Calidad microbiológica de las frutas

Las frutas son alimentos generalmente consumidos sin ningún tipo de tratamiento térmico. Sin embargo, en su superficie alojan diferentes microorganismos, algunos de los cuales pueden resultar patógenos para el ser humano. La composición de su microbiota depende de diversos factores, como la región de cultivo, contaminaciones originadas por el suelo, aire, agua de riego, uso de fertilizantes, así como por una contaminación postcosecha. La fertilización natural o la aplicación de agua de riego pueden generar la contaminación con enterobacterias y otros microorganismos causantes de infecciones (**Popova, 2019**).

En el caso particular de las berries, al ser frutos que crecen cerca del suelo, son más proclives a una contaminación microbiana. Aunado a lo anterior, las condiciones de almacenamiento de los alimentos son un factor importante, ya que la microbiota se modifica en función de su composición química, pH, actividad de agua (*aw*) y parámetros de conservación extrínsecos, como la temperatura y humedad. No obstante, las técnicas de lavado y la calidad del agua empleada también intervienen en la seguridad del producto. (**Popova, 2019; Mendoza et al, 2022**). Aunque las bacterias, levaduras y mohos del deterioro predominan en frutas y verduras, la presencia de patógenos, parásitos y virus no es infrecuente (**Mostafidi et al., 2020**).

Algunos de los microorganismos más abundantes suelen ser microbiota no patógena, así como bacilos del suelo, actinomicetos y hongos (**Popova, 2019**). A diferencia de los patógenos como *Salmonella* spp., *Listeria* spp., *Escherichia coli*, los patógenos vegetales (asociados con su deterioro), pueden crecer rápidamente dentro del tejido huésped y digerirlo, debido a que la planta es una fuente primaria de alimento (**Feliziani et al., 2016**).

En los últimos años, la creciente necesidad de productos saludables y de calidad, han incrementado los brotes asociados a enfermedades transmitidas por frutas y hortalizas frescas. Tan sólo en mayo de 2023, se reportó un brote de al menos 17 casos de Hepatitis A en estados de la costa oeste de Estados Unidos, posiblemente relacionados con fresas orgánicas frescas cultivadas en el estado de Baja California,

lo que ha llevado a 12 hospitalizaciones, según la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA por sus siglas en inglés) (**CNN, 2023**).

De acuerdo con **Gómez y colaboradores (2018)**, algunas de las ETAS más recurrentes asociadas al consumo de fresas y zarzamoras son: agentes bacterianos como *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, agentes virales como Norovirus y Hepatitis A, así como una gran variedad de parásitos.

Por lo tanto, es de gran interés para la salud humana el desarrollo e implementación de métodos efectivos para controlar el crecimiento de microorganismos en alimentos (**Feliziani et al., 2016; Mostafidi et al., 2020 y Zhang et al., 2021**).

2.2 Calidad sensorial de las frutas

La calidad sensorial de las frutas desempeña un papel importante en la preferencia de consumo de productos frescos ya que tiene un gran impacto en la aceptabilidad. Las decisiones de compra de frutas frescas de los consumidores están principalmente determinadas por su calidad sensorial, es decir por sus atributos sensoriales (como lo son aspecto, aroma, sabor, y textura). Por esta razón, es esencial llevar a cabo una observación meticulosa de estas propiedades al determinar la vida útil de productos frescos (**Barret et al., 2010; Gómez, 2012**).

La apariencia es la primera impresión que el consumidor recibe y el componente más importante para la aceptación. Algunos atributos analizados incluidos en este término son; tamaño, forma, color, uniformidad, frescura, madurez, entre muchos otros (**FAO, 2003**).

Los compuestos volátiles presentes en las frutas (mezcla compleja de compuestos químicos como ésteres, alcoholes, aldehídos y cetonas), son los responsables del aroma y del sabor. Sin embargo, estos pueden verse afectados por varios factores; como los factores genéticos, condiciones ambientales, prácticas de producción, grado de madurez, manejo postcosecha y las condiciones de almacenamiento (**Gómez-López, 2012**).

Por otro lado, el sabor, aunado a los compuestos volátiles, también está compuesto por sustancias químicas en su mayoría de naturaleza hidrofílica, como azúcares y ácidos orgánicos, los cuales siempre se encuentran en concentraciones más altas en comparación con los compuestos que proporcionan el aroma (**Gómez-López, 2012**).

En contraste, la textura incluye las diversas sensaciones percibidas con las manos, así como de las sensaciones en boca. Esta deriva de la presión de turgencia (a su vez, estrechamente relacionado con el contenido de agua en el fruto) y de la composición de las paredes celulares (celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas, etc). Este atributo puede ser determinado mediante el uso de métodos instrumentales (**Barret et al., 2010**).

2.3 Fresa

Las fresas (*Fragaria x ananassa*) son diversas especies de plantas rastreras del género *Fragaria*, denominado así a causa de uno de sus principales atributos; «fragancia» (en latín, *fraga*) cultivadas por su fruto comestible (**Valero et al., 2018**).

En términos botánicos, la fresa no es considerada una baya verdadera, sino una fruta accesoria, es decir, lo que comúnmente se conoce como fresa, es en realidad un engrosamiento del receptáculo floral (una modificación carnosa del tallo) siendo las semillas que se encuentran sobre su superficie, los auténticos frutos (**Valero et al., 2018; Hussain et al., 2021**). En el mundo se conocen más de 1 000 variedades de fresas, consecuencia de la gran capacidad de hibridación que tiene esta especie (**Namesny et al., 2022**).

En México se cultivan diferentes variedades, cada una de ellas con características específicas y rendimientos diferentes. Algunas de las variedades más comercializadas son “Zamorana” y “Jacona”. No obstante, recientemente nuevas variedades han sido introducidas como consecuencia del dominio de empresas estadounidenses (producción de fresas para exportación), por lo que actualmente existe una dependencia tecnológica, cultivando variedades de fresa provenientes de la Universidad de California (“Camino Real”, “Albión”, “Camarosa”, “Aromas”, “Ventana” y “Diamante”) y de la Universidad de Florida (“Festival”, “Sweet Charlie” y “Galexia”). (**Rodríguez et al., 2016; Labra, 2022**).

Debido a la importancia económica de esta fruta, diferentes instituciones nacionales también canalizan su investigación hacia la obtención de variedades de fresa mexicana; el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarías (INIFAP) en colaboración con el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), crearon las variedades “Nikté” y “Pakal”, mientras que el Colegio de Postgraduados (COLPOS) creó las variedades “CP Zamorana” y “CP Jacona”. **(Rodríguez *et al.*, 2016; Labra, 2022).**

Resulta importante señalar que, a pesar de los avances en investigación y desarrollo de nuevas variedades de fresas en México, la principal empresa productora de fresas destinadas a exportación en el estado de Michoacán es Driscoll's®. Esta corporación posee un registro de más de 100 patentes de variedades de fresas en la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés) **(Labra, 2022).**

2.3.1 Características

La fresa es una fruta muy apreciada por su agradable sabor agrídulce, su atractivo y singular aroma, así como por sus propiedades nutricionales.

Esta fruta es una fuente natural de micronutrientes como vitamina C, minerales (potasio, fósforo, calcio, sodio y hierro), folatos y algunos fitonutrientes importantes como taninos, flavonoides, antocianinas, catequina, quercetina y kaempferol **(Giampieri *et al.*, 2012; Hossain *et al.*, 2016; Ramírez *et al.*, 2020).** Muchos de estos compuestos exhiben una amplia gama de efectos biológicos, algunos de los beneficios relacionados con su consumo incluyen su papel en la prevención de la inflamación, estrés oxidativo, enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, diabetes tipo 2, obesidad y neurodegeneración **(Kähkönen *et al.*, 2001; Giampieri *et al.*, 2012).**

2.3.2 Composición química

El agua es esencial para cualquier forma de vida biológicamente activa, sin embargo, con frecuencia no es considerada un nutriente, (como sí ocurre con los hidratos de carbono, proteínas y lípidos), debido a que prácticamente no sufre cambios químicos durante su metabolismo (**Badui, 2018**).

No obstante, el agua influye directamente en diversas propiedades de los alimentos. Algunas de las características reológicas como la consistencia y textura están determinadas por la interacción entre el agua y sus macrocomponentes.

Esta interacción no sólo impacta en las características físicas y químicas de los alimentos, sino que también desempeña un papel fundamental en su estabilidad enzimática, química y microbiológica (**Badui, 2018**).

Tal y como se muestra en la **Tabla 1**, de acuerdo con lo reportado por el Departamento de Agricultura de EE. UU. (USDA, por sus siglas en inglés) (2019), se establece que más del 90% de la composición de una fresa fresca es agua, lo que genera que sea una fruta susceptible a una rápida degradación, en tanto que el porcentaje restante corresponde a sólidos solubles (numerosos componentes importantes de la dieta como son las proteínas, lípidos, vitaminas, y minerales) (**Laguna, 2018**).

Tabla 1. Composición química de la fresa de acuerdo con la base de datos del USDA (2019).

	Componente	Cantidad por 100 g
	Energía (kcal)	32
Análisis Químico Proximal	Agua (g)	91
	Proteína (g)	0.67
	Lípidos totales (g)	0.30
	Ceniza (g)	0.40
	Carbohidratos (g)	7.68
	Fibra dietética total (g)	2.00

Contenido de azúcares	Azúcares totales (g)	4.89
	Sacarosa (g)	0.47
	Glucosa (g)	1.99
	Fructosa (g)	2.44
	Almidón (g)	0.04
Minerales	Potasio (mg)	153.00
	Fósforo (mg)	24.00
	Calcio (mg)	16.00
	Magnesio (mg)	13.00
	Hierro (mg)	0.41
	Manganeso (mg)	0.39
	Zinc (mg)	0.14
	Cobre (mg)	0.05
	Selenio (µg)	0.40
Vitaminas	Vitamina C (mg)	58.80
	Tiamina (mg)	0.02
	Riboflavina (mg)	0.02
	Niacina (mg)	0.39
	Ácido pantoténico	0.12
	Vitamina B6 (mg)	0.05
	Folato (µg)	24.00
	Colina (mg)	5.70
	Betaína (mg)	0.20
	Vitamina A (µg)	1.00
	Luteína + zeaxantina (µg)	26.00
	Vitamina E, α -tocoferol (mg)	0.29
	β -tocoferol (mg)	0.01
	γ -tocoferol (mg)	0.08
	δ -tocoferol (mg)	0.01
Vitamina K, filoquinona (µg)	2.20	

De acuerdo con la **Tabla 1**, las fresas son una elección de alimento saludable, ya que aportan una gran cantidad de vitaminas y minerales sólo 32 kcal por cada 100 g de fresa.

Igualmente, conforme a lo reportado por el **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2018)**, una porción de fresas es de aproximadamente 150 g, por lo que ingerir una porción de fresas satisface el 32.2% y el 25.1% de la ingesta diaria recomendada (IDR) de manganeso para una mujer y un hombre adulto, respectivamente (**National Institutes of Health [NIH], 2021**).

La fresa es una fruta que destaca por su alto contenido de vitamina C, considerando esta misma proporción, se satisface el 105% y 118% de la IDR para una mujer y un hombre adulto mexicano, respectivamente (**Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, [INCMNSZ], 2015**).

Además de estos compuestos, la fresa también contiene una gran variedad de componentes fitoquímicos (antocianinas, flavonoides, ácidos fenólicos, lignanos y taninos). Estos compuestos fenólicos tienen una alta actividad biológica y benefician a los humanos más allá de la nutrición básica, ya que la incorporación de estos compuestos en la dieta permite retrasar o inhibir la reacción en cadena de una sustancia oxidable, eliminando los radicales libres y a su vez, reduciendo las especies reactivas de oxígeno, contribuyendo a la prevención de enfermedades crónicas, cardiovasculares y neurodegenerativas, e incluso al deterioro funcional asociado al envejecimiento (**Giampieri *et al.*, 2012; Jorge & Troncoso, 2016; Zang *et al.*, 2017**).

2.3.3 Producción de fresa en México y en el mundo

La fresa es una fruta de alto valor económico que millones de personas en el mundo incluyen en su dieta, debido a sus características sensoriales y a sus propiedades fitoquímicas (**Fischer *et al.*, 2018**). Además, es una fruta ampliamente usada en el sector industrial dada su versatilidad, posee una diversidad de usos tales como, elaboración de mermeladas, purés, concentrados, helados, entre muchos otros productos (**Ramírez-Padrón, *et al.*, 2016**).

De acuerdo con la Base de Datos Estadísticos Corporativos de la Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAOSTAT, por sus siglas en inglés) en 2019 se produjeron 8,885,028 toneladas de fresas en el mundo.

Los principales países productores de fresa se muestran en la **Tabla 2**, entre estos destaca China con el 36,2% del total mundial, mientras que la segunda y tercera posición la ocupan Estados Unidos y México, con el 11,5% y el 9,7%, respectivamente. (FAOSTAT 2019; PRODUCE PAY, 2021 y Terrones, *et al.*, 2022).

Tabla 2. Principales países productores de fresas en el mundo (FAOSTAT, 2019).

Posición	País	Producción obtenida (t)	Área cosechada (ha)	Rendimiento (t/ha)
1	 China	3,212,814	125,637	25.6
2	 Estados Unidos de América	1,021,490	18,130	56.3
3	 México	861,337	16,429	52.4
4	 Turquía	486,705	16,090	30.2
5	 Egipto	460,245	11,772	39.1
6	 España	351,960	7,260	48.5
7	 Rusia	208,800	31,122	6.7
8	 Corea del Sur	192,971	6,212	31.1
9	 Polonia	185,400	49,900	3.7

Es importante señalar que Estados Unidos de América y México presentan el mayor rendimiento (t/ha). Si bien Rusia y Polonia presentan una mayor superficie cultivada que los países antes mencionados, la producción obtenida es menor, por lo que presentan muy bajos rendimientos.

En la **Figura 1**, se observa que aproximadamente el 95% de la producción mundial se concentra en el hemisferio norte, siendo la fresa, la berrrie más extensamente cultivada (**Zaragoza, 2013**).

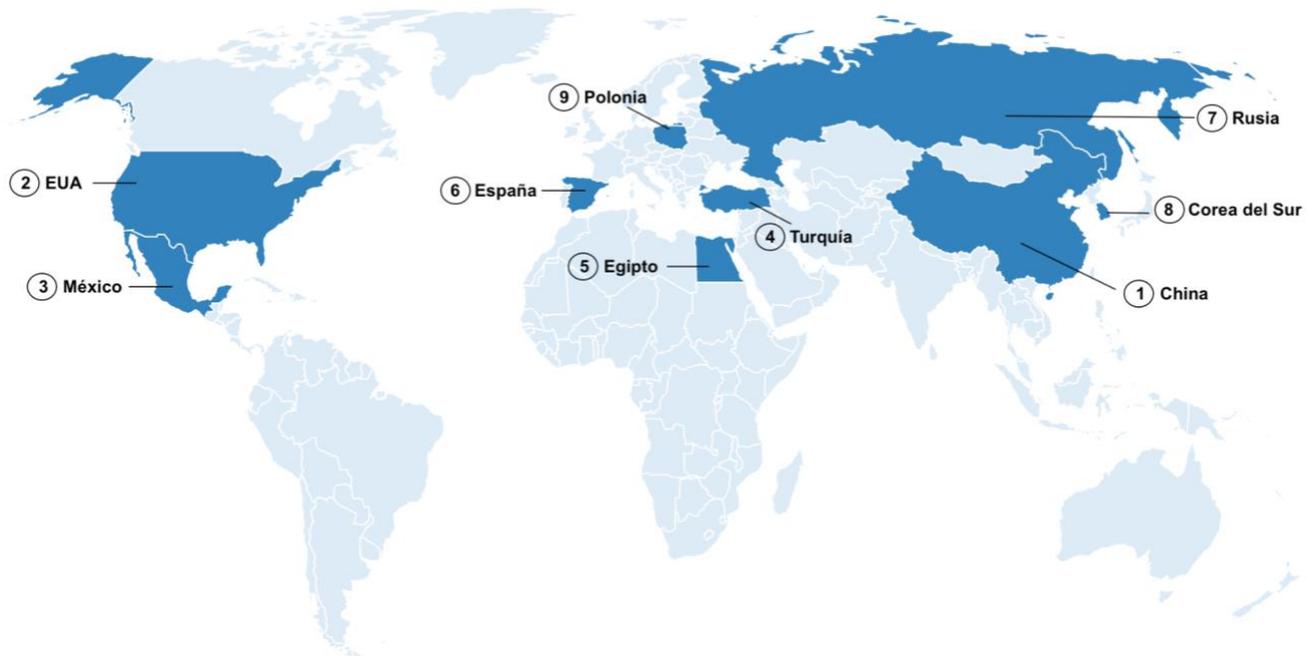


Figura 1. Principales países productores de fresa en el mundo (FAOSTAT, 2019).

La fresa mexicana tiene un gran reconocimiento a nivel internacional, esto ha posicionado a México como el tercer productor y segundo exportador de fresas a nivel mundial (sólo por debajo de España).

Según información de **SADER (2022)**, México cosechó 542,891 toneladas en 2021, siendo Michoacán el estado con mayor contribución, aportando aproximadamente el 60% de la producción nacional, seguido de Baja California con el 25.9%, Guanajuato con el 10.9%. Igualmente, otros estados que también contribuyen a la producción nacional son: el Estado de México, Baja California Sur, Jalisco, Aguascalientes, Tlaxcala, Zacatecas y Puebla, tal y como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Principales entidades federativas productoras de fresas en México (SADER, 2022).

Posición	Entidad Federativa	Volumen (toneladas)	Porcentaje nacional (%)
1	Michoacán	326,119	60.07
2	Guanajuato	99,338	18.30
3	Baja California	91,628	16.88
4	México	7,944	1.46
5	Baja California Sur	7,712	1.42
6	Jalisco	5,061	0.93
7	Aguascalientes	3,453	0.64
8	Tlaxcala	319	0.06
9	Zacatecas	272	0.05
10	Puebla	239	0.04
Resto		732	0.13

Este elevado nivel de producción se atribuye a que México es un país que cuenta con las condiciones climáticas y edafológicas idóneas para el desarrollo de este tipo de cultivo, aunado a su ubicación geográfica, ya que al compartir frontera con Estados Unidos (el mayor importador mundial de fresas) se favorece la exportación de grandes volúmenes, lo que, a su vez, se ve reflejado en una derrama económica importante para el país (Namesny *et al.*, 2022; SADER, 2022).

El mercado norteamericano (Estados Unidos de América y Canadá), representa cerca del 98% del total de las exportaciones de fresa mexicana. No obstante, México también exporta fresas a otros países como Kuwait, Arabia Saudita, Guatemala, Emiratos Árabes Unidos, Japón, Reino Unido, Panamá y Qatar (PRODUCE PAY, 2021; SADER, 2022).

En 2021, México ofertó el 65.6% del volumen nacional obtenido al mercado externo, lo que lo ha posicionado como el segundo exportador mundial de esta *berrie*. La producción restante se destina al mercado nacional, situación que también se ve reflejada en el consumo per cápita, siendo de 1.6 kg. Debido a las condiciones de crecimiento, la mitad de la demanda de fresa fresca se satisface de abril a junio, debido a las mayores cosechas en tales meses. (SADER, 2022).

2.3.4 Estudios relacionados

Dada la importancia de esta fruta, a nivel mundial se han realizado diversos estudios acerca de la fresa. Sin embargo, la mayoría de los artículos publicados, abordan las diferencias fisicoquímicas que se presentan entre las distintas variedades de fresas; como la publicación de **Fischer y colaboradores en 2018**; en donde se evaluaron los principales parámetros de calidad (peso fresco, tamaño, color, firmeza, sólidos solubles totales, acidez titulable, así como los índices de madurez y de respiración).

Igualmente, también existen diversos estudios con un enfoque a la implementación de técnicas y métodos que permitan una mayor conservación de la fresa; la Universidad de Valencia (**Almenar, 2005**) publicó una tesis doctoral en donde se plantea un *Envasado Activo de fresas silvestres*, el cual consiste en la aplicación de envasado en atmósfera modificada como un medio efectivo y económico de prolongar la vida útil de la fresa durante su transporte y comercialización, en donde se analizaron; sólidos solubles, acidez titulable, índice de madurez, así como pH y color. Dentro de esta misma línea de investigación, **Restrepo y colaboradores (2010)**, analizaron la *Conservación de la Fresa (Fragaria x ananassa Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca de sábila (Aloe barbadensis Miller) y cera de carnauba*, en donde además de realizar las técnicas antes mencionadas, también se realizó un análisis sensorial, evaluando únicamente olor, firmeza, sabor y color.

Por otra parte, en 2009, **Gunness y colaboradores** desarrollaron y aplicaron un nuevo método para medir la variación en fresas mediante análisis sensoriales e instrumentales; un panel entrenado evaluó las características sensoriales de la mitad de una fresa, mientras que la otra mitad se evaluó individualmente en cuanto al contenido de sólidos solubles, pH, acidez titulable, y firmeza. No obstante, actualmente no se han realizado investigaciones referentes a los cambios tanto fisicoquímicos como sensoriales atribuidos a la aplicación de soluciones desinfectantes en frutas y hortalizas.

2.4 Zarzamora

La zarzamora (*Rubus* spp.) es una planta que se encuentra de forma silvestre en grandes extensiones de las regiones templadas del mundo. Este género comprende alrededor de 500 especies distribuidas en todos los continentes con excepción de la Antártida (**López, 2016; Ábrego, 2023**).

Taxonómicamente, la zarzamora pertenece a la familia de las rosáceas, por lo que crece de forma arbustiva, presentando tallos leñosos dotados de espinas (**Chávez, 2011**). La zarzamora es una fruta formada por la agregación de varias frutas pequeñas llamadas drupeletes. Cuando esta se encuentra en su estado óptimo de maduración, se caracteriza por tener un aspecto púrpura intenso/negro brillante, una textura suave y jugosa, así como un sabor generalmente dulce y aromático (**Escobedo, 2012**).

2.4.1 Características

La zarzamora es una fruta ampliamente reconocida por sus propiedades nutraceuticas dado su alto contenido de antioxidantes y su gran versatilidad de consumo (repostería, jaleas, mermeladas, vinos y licores) (**Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2018**).

Esta fruta se caracteriza por tener una vida de anaquel muy corta, debido a que resulta extremadamente sensible a las condiciones del clima, sobre todo en el período posterior a su cosecha (**Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021**). Al igual que la fresa, la zarzamora es considerada una fruta “*no climatérica*”, es decir, su tasa respiratoria no aumenta durante el proceso de maduración, pese a que existe producción de etileno. Por tal razón, es necesario que los frutos adquieran todas sus propiedades en la planta antes de ser cosechados. Algunas variedades llegan a ese punto cuando los frutos cambian de color negro brillante a mate (**Ábrego, 2023**).

2.4.2 Composición química

La composición química de la zarzamora se modifica de acuerdo con diferentes factores como la variedad, condiciones de crecimiento, estado de madurez, así como con las condiciones de cosecha y de almacenamiento (Kaume *et al.*, 2012).

Aunado a la gran cantidad de compuestos antioxidantes, las zarzamoras contienen carbohidratos, proteínas, así como diversas vitaminas y minerales esenciales. En la **Tabla 4**, se muestra la composición química de la zarzamora reportada por el **Departamento de Agricultura de EE. UU. (2019)**, siendo el agua su principal componente, representando el 88.2%, lo que influye directamente en su vida de anaquel. El porcentaje restante corresponde a los sólidos solubles. Los principales azúcares presentes en la zarzamora son la glucosa, fructosa y sacarosa. No obstante, sus proporciones difieren entre cada cultivo y del estado de madurez. Los niveles de glucosa, fructosa, azúcares totales y sólidos solubles totales aumentan notablemente a medida que la fruta madura desde la etapa de color rojo claro a púrpura oscuro. (Kaume *et al.*, 2012).

Tabla 4. Composición química de la zarzamora según lo reportado por la base de datos del Departamento de Agricultura de EE. UU. (USDA, 2019).

	Componente	Cantidad por 100 g
	Energía (kcal)	43
Análisis Químico Proximal	Agua (g)	88.20
	Proteína (g)	1.39
	Lípidos totales (g)	0.49
	Ceniza (g)	0.37
	Carbohidratos (g)	9.61
	Fibra dietética total (g)	5.30
Contenido de azúcares	Azúcares totales (g)	4.88
	Sacarosa (g)	0.07
	Glucosa (g)	2.31
	Fructosa (g)	2.40
	Maltosa (g)	0.07
	Galactosa (g)	0.03

	Almidón (g)	NO detectado
Minerales	Calcio (mg)	29.00
	Hierro (mg)	0.62
	Magnesio (mg)	20.00
	Fósforo (mg)	22.00
	Potasio (mg)	162.00
	Sodio (mg)	1.00
	Zinc (mg)	0.53
	Cobre (mg)	0.17
	Manganeso (mg)	0.65
	Selenio (µg)	0.40
Vitaminas	Vitamina C (mg)	21.00
	Tiamina (mg)	0.02
	Riboflavina (mg)	0.03
	Niacina (mg)	0.65
	Ácido pantoténico	0.28
	Vitamina B6 (mg)	0.03
	Folato (µg)	25.00
	Colina (mg)	8.50
	Betaína (mg)	0.30
	Vitamina A (UI)	214.00
	Vitamina E, α -tocoferol (mg)	1.17
	β -tocoferol (mg)	0.04
	γ -tocoferol (mg)	1.34
	δ -tocoferol (mg)	0.90
	Vitamina K, filoquinona (µg)	19.80

De acuerdo con la **Fundación Española de Nutrición (2018)**, una porción de zarzamoras es de aproximadamente 150 g, por lo que ingerir una porción, se satisface aproximadamente el 9% de la IDR de vitamina E (alfa tocoferol) para una mujer y hombre adulto mexicano (**INCMNSZ, 2015**), así como el 9.3% y 6.2% de la IDR de folatos para un hombre y una mujer adulta, respectivamente (**NIH, 2022**).

Igualmente, las zarzamoras contienen diferentes ácidos orgánicos que también contribuyen a sus efectos nutraceuticos, ya que actúan como compuestos antioxidantes, siendo el ácido málico el ácido primario. También se encuentran presentes otros ácidos orgánicos como el ácido ascórbico, lactoisocítrico, isocítrico, cítrico, además, trazas de ácidos shikímico, fumárico y succínico. Estos ácidos orgánicos son importantes para estabilizar las antocianinas y extender la vida útil de bayas frescas y procesadas (**Chávez, 2011; Kaume et al., 2012**).

2.4.3 Producción de zarzamora en México y en el mundo

De acuerdo con datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) se estableció que desde hace dos décadas el cultivo de zarzamora a nivel mundial ha mantenido un crecimiento anual constante del 3.1%, incrementándose así su producción desde 527, 000 toneladas en el año 2000, a cerca de 927, 344 toneladas en el año 2020 (**INIFAP, 2022**).

En 2022, México consolidó su liderazgo como el primer productor a nivel mundial de zarzamoras produciendo 211,358 toneladas, lo que representa más de una quinta parte del volumen mundial. Vietnam se posicionó como la segunda nación productora con una cosecha anual de 124,000 toneladas (**SADER, 2022**).

Al igual que en el caso de las fresas, Estados Unidos de América (EE. UU.) es el principal importador de la producción nacional. De acuerdo con el **Servicio de Investigación Económica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos** (ERS-USDA, por sus siglas en inglés), México representa el 97% de las importaciones de zarzamora fresca de los EE. UU. (**INIFAP, 2022**). No obstante, la zarzamora mexicana también cubrió un mercado de 27 diferentes países localizados en América, Europa y Asia, destacando entre ellos Italia, Arabia Saudita, Canadá, Alemania, Reino Unido, Kuwait, Francia, Países Bajos, Emiratos Árabes y Bélgica (**SADER, 2022**).

El sector agrícola en México es uno de los más diversos y productivos, dadas sus condiciones climáticas, esto ha permitido un importante crecimiento de producción de zarzamoras desde el 2015 (123,000 toneladas), alcanzando un máximo de 298,024 toneladas en el año 2019. En México se considera un cultivo altamente rentable debido a que su comercialización se orienta principalmente al mercado internacional.

Sin embargo, en 2020, la producción y las áreas de zarzamora cosechadas en México disminuyeron respectivamente hasta 215,924 toneladas y 9,554 hectáreas debido a los efectos de la pandemia del COVID-19, aunado a las afectaciones ocasionadas por el hongo *Fusarium oxysporum* y otros microorganismos de los géneros *Phytophthora* y *Rhizoctonia*. (INIFAP, 2022; Namesny et al., 2022).

En cuanto a la producción nacional, la entidad federativa que aporta la mayor producción es Michoacán, con más del 90% del total, seguido por Jalisco con el 5% (SADER, 2022). Otras entidades federativas que también contribuyen, pero en menor proporción son: Colima, Baja California y Puebla, tal y como se muestra en la **Tabla 5** y en la **Figura 3**.

Tabla 5. Principales entidades federativas productoras de zarzamoras en México 2022 (SADER,2022).

Posición	Entidad federativa	Volumen (toneladas)	Porcentaje nacional (%)
	Total nacional	211,358	
1	Michoacán	196,627	93.03
2	Jalisco	11,238	5.32
3	Colima	1,496	0.71
4	Baja California	873	0.41
5	Puebla	510	0.24
6	Guanajuato	290	0.14
7	México	233	0.11
8	Morelos	39	0.02
9	Querétaro	18	0.01
10	Ciudad de México	18	0.01
	Resto	17	0.01

Los meses de mayor producción de zarzamoras en México, son de noviembre a enero, período donde se recolecta la mitad de la producción nacional. El impacto de la producción nacional de zarzamora, también se ve reflejado en el consumo per cápita, siendo de 1.1 kg (**SADER, 2022**).

2.4.4 Estudios relacionados

A causa del significativo valor nutricional y nutracéutico asociado a esta fruta, a nivel internacional se han realizado diversas investigaciones.

En **2012**, **Kaume y colaboradores** realizaron una revisión bibliográfica de la zarzamora, compilando información publicada acerca de su composición química, metabolismo, biodisponibilidad y beneficios para la salud dilucidando las concentraciones fisiológicamente efectivas, debido a que, en la actualidad, aún es escasa la información acerca de esta *berrie*.

Un estudio con mayor correlación con la línea de investigación abordada en esta tesis, es el artículo publicado: *Elaboración de néctar de zarzamora (Rubus fruticosus L.)* realizado por la Universidad Nacional Agraria La Molina, en Lima, Perú en 2013 por **Valencia C. & Guevara A.**, en donde se elaboró y caracterizó fisicoquímicamente néctar de zarzamora, llevando a cabo un proceso de desinfección (con NaClO 100 ppm de cloro activo). Se caracterizó a la zarzamora mediante un Análisis Químico Proximal (AQP), se cuantificaron los compuestos bioactivos presentes y se evaluó su capacidad antioxidante. Además, se realizó un análisis sensorial del néctar producido para hallar el intervalo predilecto de diluciones (**Valencia et al., 2013**).

En términos sensoriales, en 2012, se publicó la tesis de licenciatura; *Comparación de las características sensoriales, textura y color de zarzamoras silvestres y comerciales* por Escobedo, en donde a través de la creación de perfiles sensoriales (QDA) se establecieron los atributos en los cuales resultaron significativamente diferentes ambas muestras (tamaño, turgencia, homogeneidad, firmeza, jugosidad, elasticidad, olor y sabor).

Sin embargo, actualmente aún no hay registros de investigaciones que hayan analizado los cambios fisicoquímicos y sensoriales atribuidos a la aplicación de soluciones desinfectantes en berries.

2.5 Proceso postcosecha

A causa de las nuevas necesidades y de la creciente demanda de alimentos, se ha avanzado en las áreas de fisiología y tecnología postcosecha de frutas y hortalizas. La tendencia de consumo de alimentos de origen vegetal, que aporten nutrientes y fitoquímicos benéficos a la salud (nutracéuticos), aumentó tras la pandemia generada por el SARS-CoV-2, y seguirá en aumento año tras año, por lo que resulta importante implementar estrategias de aprovechamiento y producción de otros cultivos, así como la mejora continua de los ya existentes (**Bartz, 2002; Namesny et al., 2022**).

Los productos tropicales y subtropicales de las regiones más cálidas del mundo, tienen una gran demanda en las latitudes del norte, (principalmente Estados Unidos, Canadá, así como algunas regiones de Europa) dadas sus condiciones climáticas. (**Bartz, 2002**).

Las berries, son productos altamente perecederos, es decir, su vida de anaquel es muy limitada, esto a causa de un conjunto de diversos factores como lo son:

- Elevado contenido de agua, lo que coadyuva la actividad microbiológica.
- Alta susceptibilidad a las condiciones ambientales debido a su naturaleza delicada y requerimientos específicos de conservación
- Actividad enzimática; las berries contienen enzimas hidrolasas y oxidasas (como la polifenol oxidasa y la peroxidasa), que contribuyen al deterioro de la calidad de la fruta fresca, causando una pérdida de textura, formación de pigmentos marrones y destrucción de fitoquímicos, lo que afectan la aceptabilidad del consumidor.
- Alto contenido de grados Brix, lo que las hace susceptibles a ser contaminadas por microorganismos como hongos y levaduras, aunado que su desarrollo se produce cerca del suelo, aumentando el microbiota inherente.

Por lo anterior, su consumo en fresco debe ser rápido, por lo que su producción y comercialización requieren de logística y coordinación entre todos los eslabones de la cadena de producción, haciendo necesaria una aportación activa de todos los sectores involucrados (**Kaume et al., 2012; Namesny et al., 2022**).

En la actualidad, estos productos suelen importarse por vía aérea, lo que se traduce en precios elevados para el consumidor, dado que el tiempo requerido para transportar productos frescos por vía marítima o terrestre genera grandes pérdidas debido a la maduración excesiva y a la descomposición. Por esta razón, con frecuencia los productos se cosechan inmaduros y se mantienen en temperaturas de refrigeración ($\leq 4^{\circ}\text{C}$), e incluso en algunos casos, se conservan en atmósferas modificadas (reducidas en oxígeno), se adicionan inhibidores enzimáticos, o agentes reductores para controlar la oxidación secundaria, en un intento de prolongar la vida útil postcosecha y, por lo tanto, extender las distancias de transporte (**Bartz, 2002; Kaume et al., 2012; Namesny et al., 2022**).

Debido a estas razones, es importante que el consumo de estas frutas en su estado fresco sea rápido o que se ejecute su transformación en productos como mermeladas, jaleas, jugos, extractos y/o nutracéuticos, por mencionar algunos. Otras industrias aprovechan sus cualidades sensoriales, esto para extraer antocianinas responsables del color intenso de las berries y aldehídos y cetonas responsables del aroma, para su inclusión a otros productos procesados como lácteos o de repostería (**Namesny et al., 2022**).

El desarrollo de tratamientos posteriores a la cosecha para extender aún más la vida útil de los productos frescos sin sacrificar su calidad repercute positivamente en la industria de productos frescos, favoreciendo a su vez el comercio mundial, brindando precios más asequibles para los consumidores.

Igualmente, otra de las tecnologías implementadas como parte de la conservación postcosecha, es la irradiación de alimentos mediante rayos gamma, rayos X o haz de electrones, es decir, un método físico, libre de contaminación, sin toxicidad residual, seguro y efectivo, que mejora la seguridad y la vida útil de los alimentos, mediante la disminución o la eliminación de los microorganismos e insectos, sin comprometer la calidad nutricional, ni sensorial (apariencia, olor sabor o textura) de los alimentos (**FDA, 2022**). No obstante, es un método costoso y aún controversial en temas de

seguridad para los consumidores, pese haber sido aprobado por la FDA desde 1986 como un método seguro en frutas, hortalizas y granos (**Stanley, 1997**). Por lo que, si bien permite la prevención de ETAs al eliminar de forma efectiva microorganismos como *Salmonella* spp. y *Escherichia coli* (**FDA, 2022**), aún no es una tecnología ampliamente distribuida en la industria de alimentos en México, por lo que es necesaria la aplicación de soluciones desinfectantes.

2.6 Soluciones desinfectantes

Diversos microorganismos se han asociado con brotes de enfermedades en productos frescos, lo que demuestra la falta de un protocolo eficiente de lavado y desinfección para reducir los riesgos asociados con estos productos. Por ello, es apremiante la necesidad de aplicar otros métodos para reducir las poblaciones de microorganismos (**Gómez-López, 2012**). Muchos de estos microorganismos forman parte de la microbiota autóctona de la fruta (dadas sus condiciones de crecimiento), sin embargo, en algunos casos también se encuentran presentes patógenos contaminantes, los cuales provienen del tracto intestinal de mamíferos, incluido el hombre. (**García et al., 2017**).

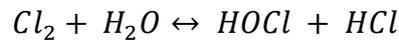
Algunos métodos químicos, como las soluciones desinfectantes, han demostrado minimizar el riesgo de contaminación microbiana, ayudando en la prevención de enfermedades postcosecha y de ETAS que afectan la salud humana (**García et al., 2017**).

En los últimos años, la efectividad, así como los cambios fisicoquímicos y sensoriales que estos agentes químicos generan posterior a su aplicación en diversos productos, han originado gran interés.

2.6.1 Hipoclorito de Sodio (NaClO)

El *cloro libre*, también conocido como *cloro activo* es una de las soluciones desinfectantes más ampliamente utilizadas en la industria agrícola, alimentaria y en la vida cotidiana para la eliminación de bacterias patógenas presentes en frutas y hortalizas (**Bartz, 2002; Gómez-López, 2012; FAO, 2023**).

De acuerdo con la **FAO (2003)**, en el término *cloro activo*, se incluyen especies como: el ácido hipocloroso (HOCl) y su base conjugada; el ión hipoclorito (ClO⁻), el ácido cloroso (HClO₂) y su base conjugada; el ión clorito (ClO₂⁻), así como el dióxido de cloro (ClO₂). En soluciones diluidas, el Cl₂ existe sólo en pequeñas cantidades, por lo que la acción desinfectante está principalmente asociada al HOCl.



El cual a su vez también se disocia de la siguiente manera:1



El cloro activo es un fuerte agente oxidante capaz de inactivar microorganismos y de reaccionar con materia orgánica e inorgánica (**Bartz, 1988**). La inactivación bactericida por cloro puede resultar de lo siguiente (**Gómez-López, 2012; Rahman et al., 2016; Zhang et al., 2021**):

- Deterioro de la función enzimática y proteica como resultado de la unión irreversible de los grupos sulfhidrilo (SH).
- Alteración de la permeabilidad de la membrana celular externa, a consecuencia de la degradación de los ácidos grasos (transformándolos en sales de ácidos grasos y glicerol) lo que reduce la tensión superficial, provocando la salida de componentes celulares críticos.
- Interferencia con las funciones de membrana asociadas a las células (fosforilación de compuestos de alta energía).
- Desnaturalización de ácidos nucleicos.

Es importante considerar que la eficacia del cloro libre como solución desinfectante puede ser alterada por diferentes factores como: la exposición a la luz, temperatura, pH, cantidad de materia orgánica presente en la solución y del tiempo de contacto (**Bartz, 1988; Gómez-López, 2012**).

En términos de seguridad alimentaria, esta solución ha sido aprobada por diferentes organismos internacionales. De acuerdo con la **FAO (2003)**, la concentración de cloro libre necesaria que debe estar presente en solución para reaccionar con los microorganismos luego de que una determinada cantidad ha sido neutralizada por las

impurezas orgánicas e inorgánicas del agua, es de 100-200 ppm para desinfectar frutas y vegetales. En Canadá, el Reglamento SOR/2018-108 para alimentos seguros de la Agencia de inspección de alimentos permite una concentración entre 100-150 ppm. Por otra parte, en la Unión Europea, el cloro activo liberado de hipoclorito de sodio está autorizado por el Reglamento (UE) 2017/1274 (**Diario Oficial de la Unión Europea, 2017; Organismo Internacional Regional de la Sanidad Agropecuaria, 2020**). Sin embargo, en algunos otros países no está permitido su uso debido a que puede reaccionar con la materia orgánica generando hidrocarburos clorados y trihalometanos, compuestos sospechados de ser carcinogénicos (**FAO, 2003**).

2.6.2 Plata ionizada

Las propiedades antimicrobianas asociadas a la plata se remontan desde la antigüedad. A lo largo de la historia han existido diversos registros de que culturas antiguas como los griegos, romanos, y algunas otras culturas mediterráneas y asiáticas, usaban recipientes de almacenamiento hechos de plata para evitar el deterioro de los líquidos contenidos (**Barillo et al., 2014**).

La plata coloidal es una sustancia inodora que se describe como una dispersión acuosa de partículas de plata muy pequeñas cargadas eléctricamente (plata ionizada), que varían de 1 a 10 nm de diámetro. Dichas nanopartículas se encuentran suspendidas en agua destilada, sin embargo, para estabilizar el coloide, se adicionan algunas proteínas, siendo la albúmina y la gretina vegetal las más comunes (**Coutiño et al., 2015; Scientific Committee on Consumer Safety, 2018**).

El mecanismo de acción de los iones de plata (Ag^+) se relacionan con:

- Interacción con la envoltura celular bacteriana, causando una desestabilización de la membrana (a través de la pérdida de iones K^+ y disminución del nivel de ATP unido a los fosfolípidos), lo que conlleva a una pérdida de la permeabilidad, provocando que la célula no sea capaz de efectuar procesos de respiración, por lo que eventualmente muere (**Morones 2009; Kędziora et al., 2018**).

- Una vez en el interior de la célula, la plata comienza a unirse a estructuras celulares e interacciona con biomoléculas (proteínas, lípidos y ácidos nucleicos) dañando la estructura interna de las bacterias (**Kędziora et al., 2018; Salleh et al., 2020**).
- Los iones de plata restantes se liberan al medio y se unen a proteínas con carga negativa (especialmente aquellas con grupos tiol (-SH)), lo que altera estructuralmente la proteína y eventualmente dará como resultado la desactivación de las proteínas o enzimas que son esenciales para la actividad celular (desnaturalizando ribosomas y a su vez, inhibiendo síntesis de proteínas) (**Kędziora et al., 2018; Yin et al., 2020; Salleh et al., 2020**).
- Generación de especies reactivas de oxígeno (ROS); la inhibición de las principales proteínas de la cadena respiratoria genera un aumento de ROS, [peróxido de hidrógeno (H_2O_2), ión superóxido ($O_2^{\cdot -}$) y radical hidroxilo (OH^{\cdot})] en el interior de la célula, lo que provoca estrés oxidativo, daño a las proteínas, rotura de la cadena de ADN y, en consecuencia, muerte celular (**Kędziora et al., 2018**).

Dichos mecanismos se encuentran condensados y ejemplificados en la **Figura 2**.

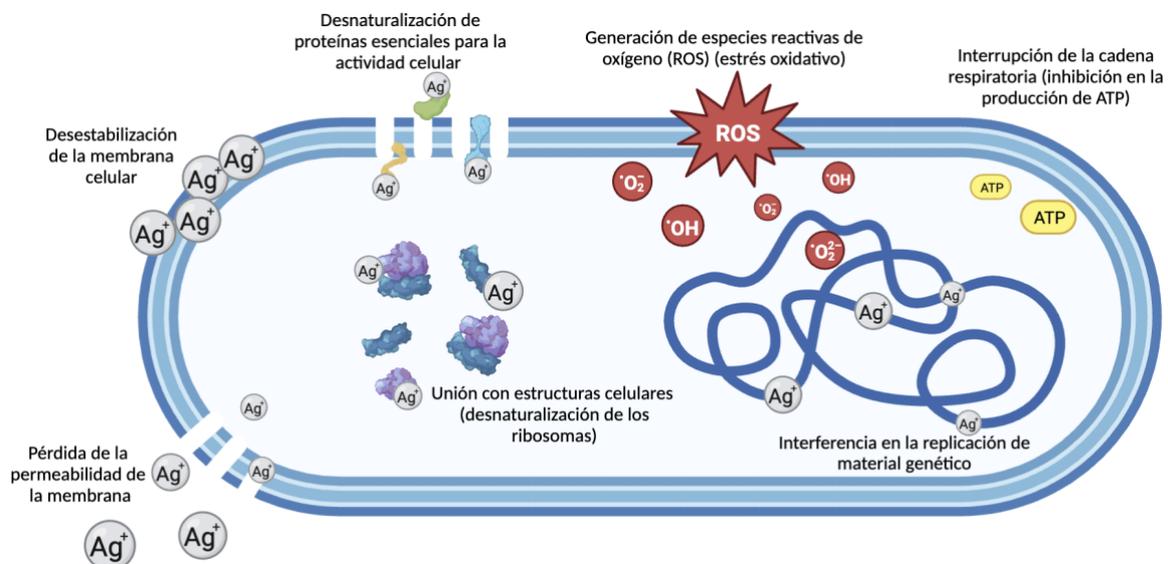


Figura 2. Mecanismos antibacterianos de las nanopartículas de plata ionizada (adaptado de Yin et al., 2020).

2.6.3 Solución Electrolizada Superoxidante (SES)

Las soluciones electrolizadas han ganado una inmensa popularidad en el campo de la ciencia y la tecnología de los alimentos emergiendo como un nuevo desinfectante de amplio espectro. El uso de este tipo de soluciones representa un enfoque sostenible y ecológico, ya que presenta diversas ventajas sobre los sistemas de limpieza tradicionales, incluida la rentabilidad, facilidad de aplicación, desinfección efectiva, producción *in situ* y la seguridad para los seres humanos y para el medio ambiente (**Rahman et al., 2016; Zhang et al., 2021**).

Estas soluciones presentan efectos biocidas contra una gran diversidad de microorganismos, eliminando los tipos más comunes de virus, bacterias, hongos y esporas en período de tiempo relativamente corto (de 5 a 20 s) matrices alimentarias perecederas de alta demanda como; aves, carnes, mariscos, frutas y vegetales, superficies de procesamiento de alimentos y superficies no alimentarias (**Rahman et al., 2016; Rodríguez, 2018**).

Dado que el NaCl como electrolito puede producir agua electrolizada con excelentes funciones de desinfección y limpieza, la solución electrolizada superoxidante (SES), se prepara a partir de agua purificada y de una solución saturada de NaCl (aunque también pueden emplearse KCl o MgCl₂) (**Gutiérrez et al., 2009; Feliziani et al., 2016; Zhang et al., 2021**).

Como se muestra en la **Figura 3**, ambas soluciones se someten a un proceso de electrólisis en una celda dividida por una membrana (genera y controla iones de manera estable) para obtener dos tipos de soluciones electrolizadas; el agua electrolizada oxidante (ácida) y el agua electrolizada reducida (básica) (**Gutiérrez et al., 2009; Feliziani et al., 2016**).

La disociación del NaCl genera iones Na⁺ y Cl⁻, en tanto que, por efecto de la electrólisis, parte de las moléculas de agua (H₂O) también se disocian para generar H⁺ y OH⁻. Bajo la acción de la corriente eléctrica, los iones cargados negativamente (aniones) en solución (OH⁻ y Cl⁻), se trasladan hacia el electrodo positivo (ánodo) liberando electrones para producir O₂, Cl₂, ClO⁻ (ion hipoclorito) y HCl (ácido clorhídrico). Algunos de los iones ClO⁻ se combinan directamente con los H⁺ restantes para generar HClO (**Feliziani et al., 2016; Zhang et al., 2021**). En tanto que los iones

cargados positivamente (cationes), como H⁺ y Na⁺, se trasladan hacia el electrodo negativo (cátodo) para aceptar electrones, generando H₂ y NaOH (**Feliziani et al., 2016**).

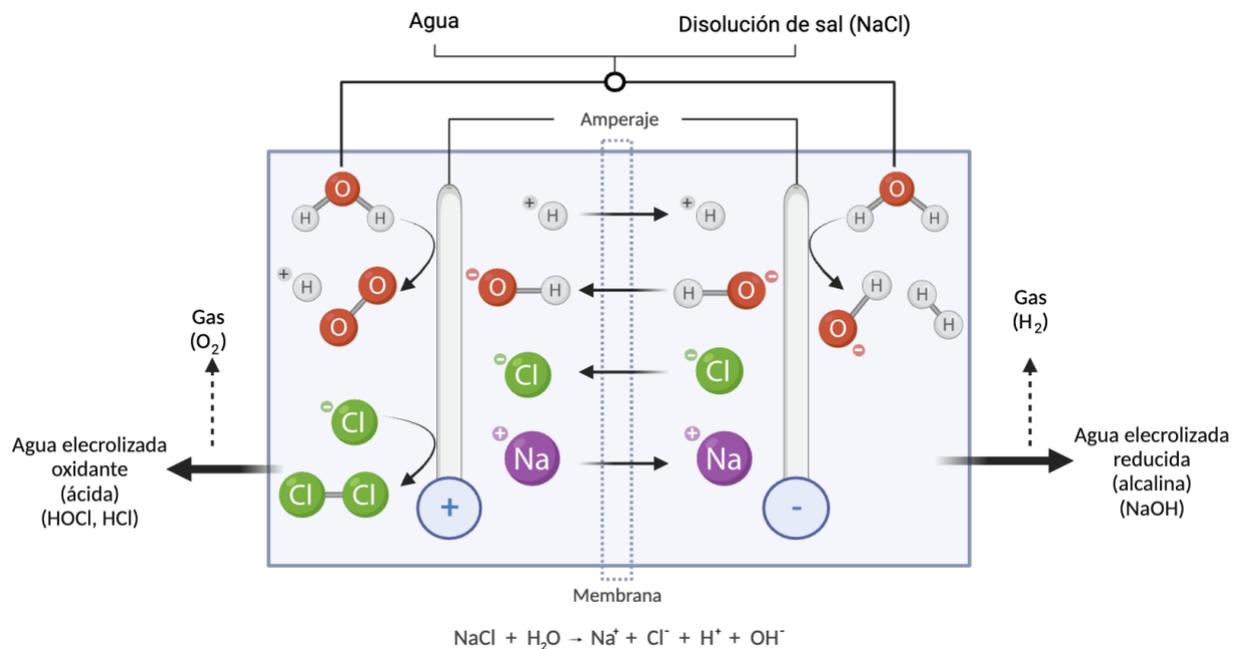


Figura 3. Esquema del proceso de obtención de agua electrolizada (adaptado de Rahman et al., 2016 y Rodríguez, 2018).

Al concluir este proceso, se realiza una concentración controlada de volúmenes para obtener una solución electrolizada con pH neutro y cantidades controladas de iones estables (**Gutiérrez et al., 2009; Rodríguez, 2018**). De acuerdo con lo reportado en la literatura, la SES tiene un intervalo de potencial de oxidación-reducción (ORP) aproximado de 750-900 mV, destacando que es recomendable su preparación in situ para mantener su eficiencia (**Feliziani et al., 2016; Zhang et al., 2021**).

La eficacia de este desinfectante radica en la generación de especies de cloro activo, presentando los mecanismos de acción presentados en la sección 1.6.1. y, en consecuencia, también a su alto ORP (**Rahman et al., 2016**).

Aunado a lo anterior, estudios recientes han demostrado que el tratamiento con soluciones electrolizadas no sólo contribuye a la disminución de la microbiota presente en frutas y vegetales, sino que también puede eliminar los residuos de pesticidas y mejora la calidad postcosecha (retraso de la senescencia, control de

enfermedades, prevención de lesiones por frío) sin alterar la calidad sensorial de los alimentos. (**Rahman et al., 2016; Zhang et al., 2021**).

Igualmente, al poder producirse *in situ*, se reducen los problemas asociados con la cloración, incluidos el transporte, almacenamiento y manejo de sustancias, además de ser rentable (**Rahman et al., 2016**).

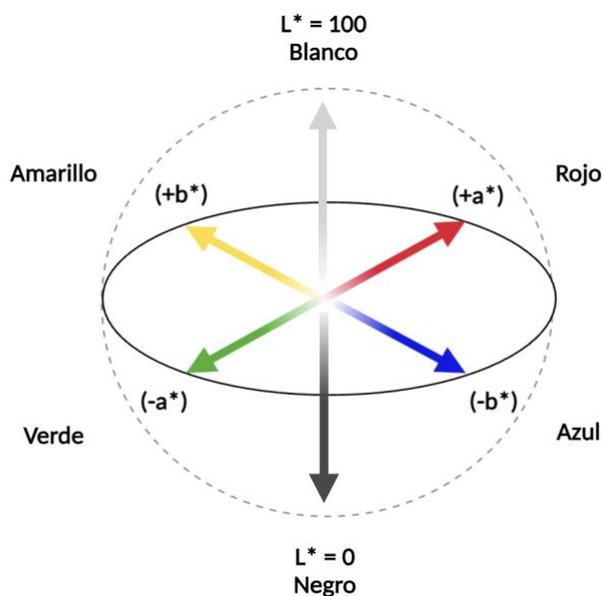
2.7 Análisis instrumental de color

La aceptación de un alimento depende de diversos factores, entre los que destaca el aspecto (color, brillo, tamaño), ya que la primera percepción que se obtiene es a través del sentido de la vista (**Badui, 2018**). La información obtenida por medio de este sentido es de suma importancia, ya que es la única referencia en la que se basa la decisión de compra de los consumidores (**Severiano-Pérez et al., 2019**) siendo un parámetro de calidad fundamental en frutas y hortalizas, debido a que posee una estrecha relación con parámetros como frescura, madurez, variedad, seguridad alimentaria, entre otros (**Wu et al., 2012**).

El color definido como una respuesta de percepción de la energía radiante percibida mediante la estimulación de la retina del ojo a longitudes de onda de entre 380 y 780 nm, por lo que no es considerado una propiedad intrínseca del objeto ni de la luz incidente, sino el efecto de un estímulo sobre la retina que el nervio óptico transmite al cerebro (lugar en donde se integra la información percibida) (**Wu et al., 2012; Badui, 2018**).

A lo largo de los últimos años, se han desarrollado instrumentos de medición de color que permita la obtención de medición rápida y objetiva del color de los alimentos como parte de los estándares de calidad (**Wu et al., 2012**). La mayoría de los colorímetros se fundamentan en la ley de Lambert-Beer, es decir, el colorímetro emite cierta radiación electromagnética (en la región de longitud de onda visible) y se mide el cambio en la intensidad de la radiación después de ser reflejada por un objeto, de este modo, la fotocélula evalúa cuánta longitud de onda se absorbió y el dispositivo emite los resultados en su pantalla digital (**Choudhury, 2014; Kumar, 2017**).

Como parte de dicha estandarización, se crearon diversos sistemas de coordenadas de color, siendo uno de los principales el sistema CIELAB, desarrollado por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE: Commission Internationale d’Eclairage) con el objetivo de describir numéricamente todos los colores visibles para el ojo humano (**Sappi Fine Paper North America, 2013**).



El sistema de color CIELAB se conforma por tres ejes perpendiculares entre sí, por lo que es un modelo tridimensional; el eje cromático a^* se extiende desde el verde ($-a^*$) al rojo ($+a^*$), el eje cromático b^* comprende desde el azul ($-b^*$) al amarillo ($+b^*$), mientras que la dimensión de luminosidad, (L^*), oscila entre 0 (negro absoluto) y 100 (blanco), tal y como se muestra en la **Figura 4**.

Figura 4. Representación tridimensional del espacio CIELab (adaptación de Ly *et al.*,2020).

El valor de luminosidad es acromático, es decir, los datos de referencia asociados no proporcionan información sobre un color, sino qué tan claro u oscuro es este (**Sappi Fine Paper North America, 2013**).

A través de las coordenadas en el espacio CIELAb, se describen otros atributos de color como:

- Tonalidad (h^*): también conocida como matiz o parámetro hue, es el ángulo que indica la orientación relativa del color considerando todos con todos los matices intermedios presentes en el círculo cromático (**Almonacid, 2012**). Se determina a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Tonalidad } (h^*) = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

Ecuación 1. Tonalidad (h^*) del color espacio CIELab

- Saturación (C^*): es la medida de la pureza, saturación, o chroma, de un color. Un valor de cero para C^* indica un estímulo acromático (gris), mientras que sin un valor alto de C^* es un color altamente saturado (más brillante) (Talens, 2017). La ecuación para su determinación se muestra a continuación.

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

Ecuación 2. Saturación (C^*) del color espacio CIELab

En la **Figura 5**, se muestra el posicionamiento de estos parámetros en el espacio CIELab

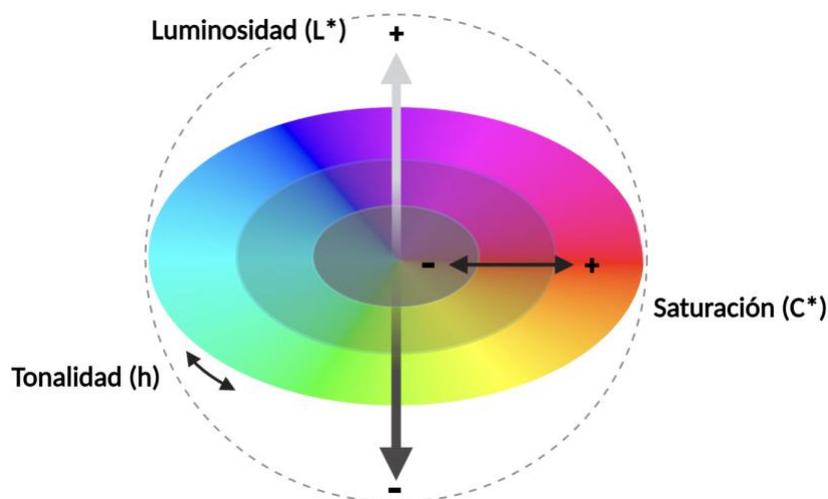


Figura 5. Atributos de color en el espacio CIELab (adaptado de Sappi Fine Paper North America, 2013).

Por otro lado, cuando se desea identificar y cuantificar la diferencia de color entre 2 o más muestras, se recurre al parámetro ΔE , el cual se determina a través de la medición de color de un estándar o control y los valores del objeto cuya diferencia de color desea conocer (muestra) (Talens, 2017). Se calcula a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\Delta L^* = L^*_{muestra} - L^*_{referencia}$$

Ecuación 3. Diferencia de la Luminosidad en el espacio CIELab

$$\Delta a^* = a^*_{muestra} - a^*_{referencia}$$

Ecuación 4. Diferencia del parámetro a* en el espacio CIELab

$$\Delta b^* = b^*_{muestra} - b^*_{referencia}$$

Ecuación 5. Diferencia del parámetro b* en el espacio CIELab

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2}$$

Ecuación 6. Determinación de ΔE que describe la diferencia total de color entre 2 muestras

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes soluciones desinfectantes (Hipoclorito de Sodio, Plata ionizada y Solución Electrolizada Superoxidante [SES]) sobre algunas características fisicoquímicas y el perfil sensorial de fresas y zarzamoras.

3.2 Objetivos particulares

- Establecer si existen diferencias significativas entre la aplicación de los diferentes tratamientos en determinaciones fisicoquímicas como °Bx, pH, Acidez titulable y azúcares reductores.
- Efectuar una evaluación instrumental del color de las berries posterior a su desinfección para evaluar si existe un cambio entre los tratamientos.
- Realizar un Perfil Flash modificado (PFm) para cada tipo de berrie desinfectada con las diferentes soluciones, a partir de la generación de atributos y el desarrollo de los perfiles sensoriales en fresas y zarzamoras.
- Determinar si existen diferencias significativas en los cambios fisicoquímicos y sensoriales en fresas y zarzamoras debido a la aplicación de las soluciones desinfectantes.

4. Hipótesis

- Si el mecanismo antimicrobiano del Hipoclorito de Sodio y de la SES se sustentan en su potencial de oxido-reducción, entonces es posible que exista una alteración en algunos parámetros fisicoquímicos (pH, acidez titulable, azúcares reductores) de las berries evaluadas.
- Si se aplican diferentes agentes desinfectantes sobre las berries, se percibirán cambios en los atributos sensoriales dependiendo de la naturaleza de cada solución desinfectante.
- Si las características sensoriales de las fresas cambian en función del desinfectante empleado; entonces en las berries desinfectadas con SES, aumentará el Na^+ presente y serán percibidas más saladas respecto a los otros desinfectantes debido a la presencia de NaCl.
- Si las características sensoriales de las fresas cambian en función del desinfectante empleado; entonces en las berries desinfectadas con Plata ionizada, se percibirá un resabio metálico.

5. Metodología

En la **Figura 6**, se muestra la metodología llevada a cabo para realizar la clasificación de las fresas y zarzamoras, caracterización de las soluciones desinfectantes, así como las determinaciones sensoriales y fisicoquímicas efectuadas a las fresas y zarzamoras.

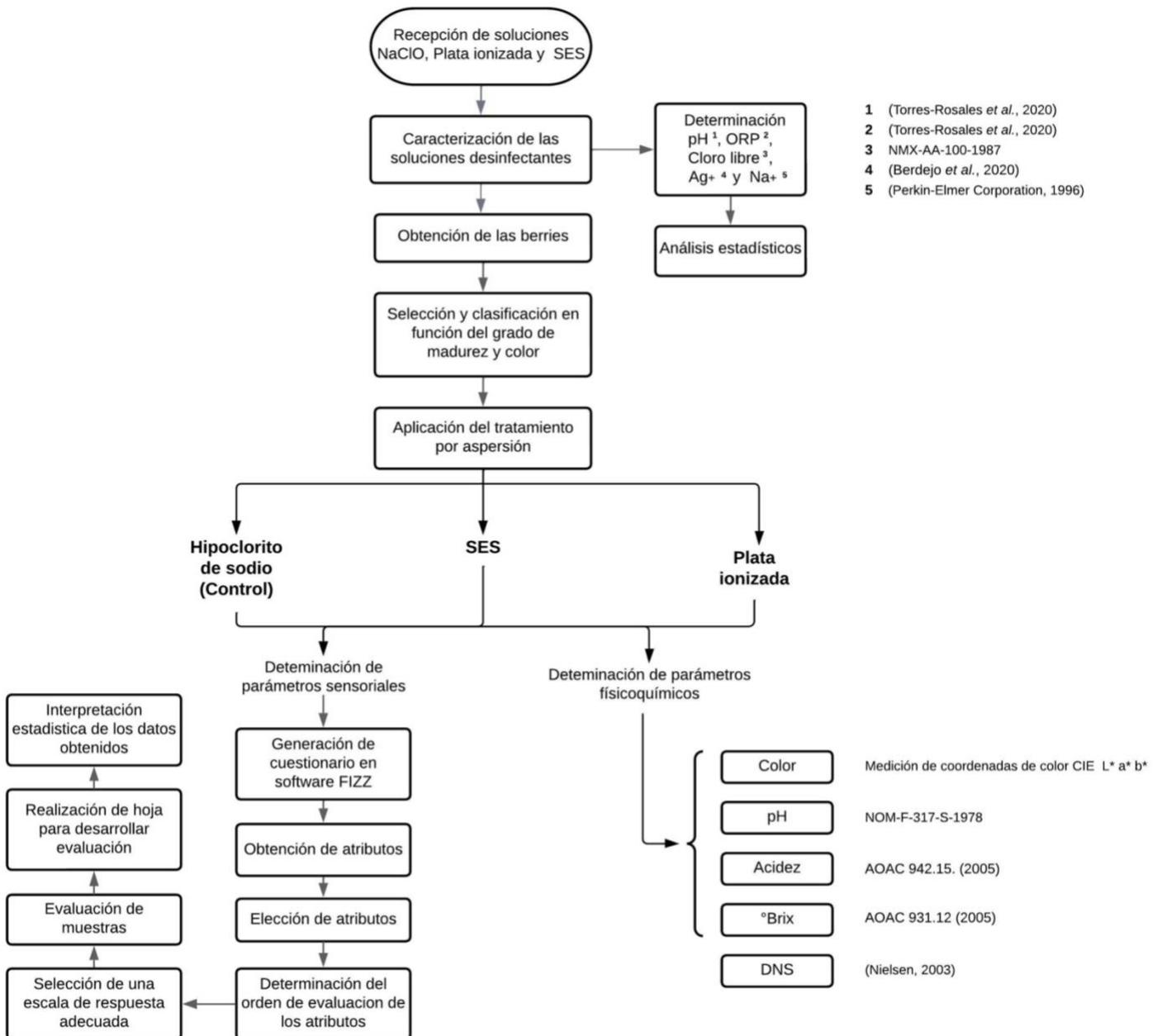


Figura 6. Descripción de la metodología ejecutada en el presente trabajo de investigación.

5.1 Adquisición de soluciones desinfectantes

La SES empleada se trató de una muestra de investigación proporcionada por ESTERIPHARMA S.A de C.V con una concentración de 0.0040 + 0.0010 %. En tanto que el Hipoclorito de Sodio, se obtuvo en su presentación comercial (CLORALEX®) en una tienda de autoservicio, al igual que la plata ionizada (Microdyn®).

5.2 Caracterización de las soluciones desinfectantes

Se determinó el pH y el potencial de óxido-reducción (ORP) para las tres diferentes soluciones desinfectantes. En tanto que la concentración de cloro activo, sólo se determinó para las soluciones de NaClO y SES, debido a que se ha demostrado que existe una fuerte correlación entre estos parámetros fisicoquímicos y la actividad antimicrobiana (Myers, 2019; Ramírez-Orejuel *et al.*, 2020).

5.2.1 Determinación de pH y ORP

En esta determinación se empleó el potenciómetro Waterproof Tester:HANNA Combo HI98121 previamente calibrado. Para ello, se tomaron 50 mL de cada solución desinfectante y se colocaron en un vaso de precipitados de 100 mL. El análisis se realizó por triplicado con 3 soluciones diferentes de NaClO, Plata ionizada y SES, realizando tres lecturas de cada réplica.

5.2.2 Determinación de concentración de cloro libre

La determinación se desarrolló con base al método iodométrico estipulado en la Norma Mexicana NMX-AA-100-1987. Se colocaron 50 mL de la solución a analizar en un matraz Erlenmeyer de 125 mL, se adicionaron 350 µL de ácido acético glacial (CH₃COOH) para obtener un pH menor de 4 y se añadió 1 g de yoduro de potasio (KI). Se agitó la muestra y se colocó en oscuridad por un período de 5 minutos. Posteriormente, se valoró con una solución estándar de tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃) 0.01N, hasta observar la transición de color amarillo intenso (A) a un color amarillo paja (B).

En ese momento, se añadió 1 mL de la solución indicadora de almidón (0.5%) (**C**) y se continuó titulando hasta que el color azul formado desapareció (**D**). La determinación se realizó para tres soluciones diferentes de NaClO y SES por triplicado

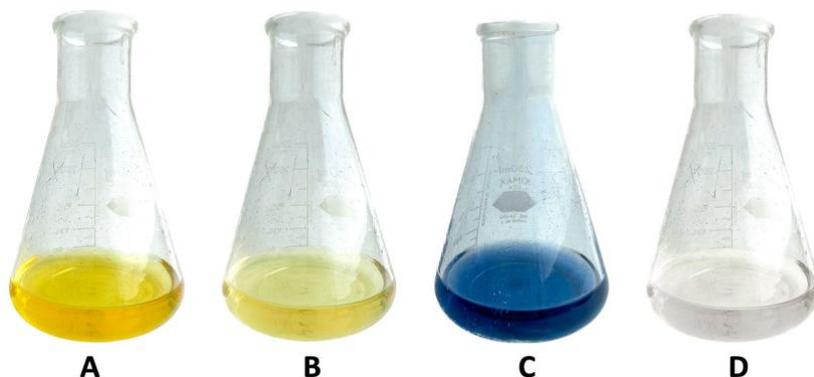


Figura 7. Coloraciones presentadas durante la determinación yodométrica de cloro libre.

5.2.3 Determinación de minerales

Se llevó a cabo una digestión húmeda mediante el uso del Sistema de Digestión por Microondas Milestone® START D para la eliminación de la materia orgánica empleando $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ (4:1) durante 15 min a 180°C . Las muestras se analizaron mediante un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer 3110 a una longitud de onda de 328.1nm para Ag y 589.0 nm para Na, con un ancho de banda espectral de 0.7 y 0.2 nm, respectivamente. La composición de la llama fue aire/acetileno en una relación de (30/15) con una intensidad de lámpara de cátodo hueco a 12 mA. (Perkin-Elmer Corporation, 1996; Berdejo *et al.*, 2020). Se estableció la concentración del mineral de interés tras haber obtenido la relación directa entre la absorbancia y la concentración del elemento a partir de los valores de las curvas de calibración.

5.3 Proceso de desinfección

Las fresas y zarzamoras fueron seleccionadas de acuerdo con su apariencia y grado de maduración, fueron previamente lavadas con agua potable tal y como lo indica la NOM-043-SSA2-2012, *Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación*, para retirar la tierra que pudiese estar presente en su superficie tal y como se muestra en la **Figura 8**.



Figura 8. Lavado de zarzamoras con agua potable.

Posteriormente, se llevó a cabo el proceso de desinfección por aspersión de la solución desinfectante y se dejó actuar durante 10 min, para NaClO, Plata ionizada y SES, respectivamente (**Figura 9**).



Figura 9. Aplicación del tratamiento desinfectante mediante aspersión en fresas.

Con el objetivo de asegurar el control de variables y obtener resultados más confiables, en el presente estudio se llevaron a cabo dos análisis distintos en el caso de las fresas. En el primero, se evaluaron individualmente las tres soluciones desinfectantes, dedicando una semana a cada tratamiento. Como consecuencia de esto, las fresas diferían en diversas características, ya que fueron adquiridas en diferentes sitios de venta.

Mientras que, en el segundo análisis, se adquirió un lote de gran tamaño para evaluar simultáneamente los tres tratamientos, lo que permitió reducir la variabilidad entre las mismas. Por lo anterior, las zarzamoras también fueron analizadas a partir de un lote de gran tamaño.

5.4 Análisis Sensorial

La generación del perfil sensorial de las berries evaluadas con las tres diferentes soluciones desinfectantes, se realizó mediante la utilización del Perfil Flash modificado (mFP) (Vikeräinen *et al.*, 2020; Arnés *et al.*, 2021). La evaluación fue realizada por un panel de jueces entrenados en el Laboratorio de Investigación de Evaluación Sensorial de la Facultad de Química, UNAM. Este lo integraban 13 jueces; 11 mujeres y 2 hombres, con un intervalo de edad de 21 a 25 años, todos estudiantes de esta misma facultad.

Para garantizar la ejecución de una adecuada evaluación, se emplearon cabinas individuales conforme con lo establecido en la norma ISO 8589 (eliminando posibles distracciones y comunicación entre los jueces). Durante las evaluaciones, las berries se presentaron en platos de color blanco exponiendo su respectivo código numérico de tres dígitos (dispuesto de manera aleatoria). En el caso específico de las zarzamoras, se proporcionó una fruta completa para su evaluación, así como la mitad de otra, con el propósito de facilitar la detección de compuestos volátiles (Figura 10). Igualmente, en la cabina de evaluación se disponía de un vaso de agua purificada y de 2 galletas Habaneras® con el objetivo de aclarar el paladar entre muestras, tal y como se muestra en la Figura 11.



Figura 10. Ejemplo de la disposición de las muestras aleatorizadas ante el panel.



Figura 11. Cabina individual para evaluación sensorial del Laboratorio de Investigación de Evaluación Sensorial de la Facultad de Química, UNAM.

La totalidad de los cuestionarios generados, se diseñaron con el software de FIZZ Acquisition (versión 2.51c. Acquisition & judge module. Biosystemes, Courtenay, Francia).

5.5. Determinación de parámetros fisicoquímicos

5.5.1 Determinación colorimétrica

Se realizó la evaluación instrumental del color de las fresas mediante el uso de un colorímetro portátil (CS-410/411/412 Spectral Colorimeter Spectrophotometer, CHINSpec Technology) previamente calibrado. La determinación se llevó a cabo por triplicado, analizando distintas áreas de la superficie de cada berrie. Se analizaron un total de 10 berries diferentes de cada tratamiento para obtener un promedio.

Las mediciones se realizaron en el espacio de color CIE L*a*b y a partir de estos, se calcularon los parámetros de color Saturación (C*) y Tonalidad (h).



Figura 12.
Determinación colorimétrica.

5.5.2 Determinación sólidos solubles

Se empleó el método AOAC 932.12. Los sólidos solubles totales, expresados como °Brix, se registraron con un refractómetro portátil de la marca Wincom modelo VBR32. La determinación se realizó por triplicado a partir de la pulpa de fresa y zarzamora de cada tratamiento.

5.5.3 Determinación de pH de las berries

Se desarrolló de acuerdo con el método AOAC 981.12. Para esta determinación se empleó el potenciómetro pH PHS-2F previamente calibrado con las soluciones reguladoras de pH 4 y 7. Se pesaron 10 g de pulpa de berrie por cada solución desinfectante y se adicionaron 30 mL de agua destilada, se homogeneizó y se mantuvo en constante agitación. Se sumergió el electrodo en la solución de manera que estuviera perfectamente cubierto. La medición del pH se efectuó por triplicado para cada tratamiento.

5.5.4 Determinación acidez titulable

Se ejecutó según lo descrito en la Norma Mexicana NMX-FF-011-1982. Se pesaron 10 g de pulpa de fruta y se aforaron a 50 mL con agua destilada, se filtró la solución y por medio de una pipeta volumétrica se transfirió una alícuota de 10 mL de la solución obtenida a un matraz Erlenmeyer, se adicionaron 40 mL de agua destilada y se añadieron 2 gotas de solución indicadora de fenolftaleína. Se adicionó la solución de NaOH 0.1 M hasta la obtención de una coloración ligeramente rosada y se registró el volumen de la solución de NaOH gastado.

5.5.5 Determinación de azúcares reductores (DNS)

Se pesó 1 g de pulpa de fresa de cada tratamiento y se aforó a 50 mL con agua destilada, se filtró y de esta solución, se transfirió 1 mL a un tubo de ensayo. Posteriormente, se adicionó 1 mL del reactivo de DNS y se calentó durante 5 min en un baño de agua hirviendo, se enfrió y diluyó con 10 mL de agua destilada. La absorbancia se leyó a 540 nm en el espectrómetro UV/VIS Perkin Elmer 3110 frente a un blanco de reactivos (el cual fue preparado con el mismo procedimiento). La cuantificación de azúcares reductores se determinó interpolando los valores de absorbancia obtenidos en una curva estándar preparada con dextrosa anhidra en concentraciones de 0.2 a 2 mg/mL (**Nielsen, 2003**).

La cantidad de azúcares reductores se expresaron como g azúc. red/100 g muestra. Cada una de las determinaciones se efectuó por triplicado.

5.6 Análisis estadístico

5.6.1 Análisis estadísticos de los parámetros sensoriales

Para el análisis estadístico de los parámetros sensoriales se llevó a cabo aplicando el Generalized Procrustes Analysis (GPA) para obtener el Análisis de Componentes Principales (PCA) utilizando el software estadístico XLSTAT 2017.1.1, Addinsoft.

5.6.2 Análisis estadísticos de los parámetros fisicoquímicos

Para el análisis estadístico de los datos, se utilizó el programa GraphPad Prism versión 9.5.1 Los datos fueron analizados mediante ANOVA, y posteriormente, se llevó a cabo una comparación de medias mediante el test de HSD Tukey. El nivel de significancia fue $P \leq 0,05$.

6. Resultados y discusión

6.1 Caracterización química de las soluciones desinfectantes

Previo al proceso de selección y desinfección de las fresas y zarzamoras, se llevó a cabo la caracterización de las soluciones desinfectantes al determinar su pH, ORP (mV) y las ppm de Na⁺, Ag⁺ y Cl⁻ libre como se muestra en las **Tablas 6 y 7** respectivamente.

El NaClO es un desinfectante que ha sido altamente empleado debido a su alta efectividad, bajo costo y fácil accesibilidad (**Qin et al., 2002**). Según la FAO, la concentración de cloro libre que debe estar presente en solución para reaccionar con los microorganismos luego de que una determinada cantidad ha sido neutralizada por las impurezas orgánicas e inorgánicas del agua, es de 100-200 ppm para desinfectar frutas y vegetales (**FAO, 2003**).

Por esta razón, a partir de la solución comercial CLORALEX®, elaboró una dilución (1:500). Se determinó la concentración de cloro libre real a partir del método descrito en la NMX-AA-100-1987, estableciendo una concentración de (141.8 ± 0.00) ppm.

Tabla 6. Determinación de pH, ORP (mV) y Cl total (ppm) de las soluciones desinfectantes empleadas.

Tratamiento	pH	ORP (mV)	Cloro total (ppm)
NaClO (1:500)	7.45 ± 0.01 ^a	820.11 ± 1.74 ^a	141.8 ± 0.00 ^a
Plata ionizada	3.83 ± 0.01 ^b	521.78 ± 1.41 ^b	ND*
SES	6.24 ± 0.03 ^c	878.56 ± 0.88 ^c	42.54 ± 0.00 ^b

Los valores numéricos representan las medias de tres ensayos para cada solución, acompañados de su desviación estándar (±).

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para todas las determinaciones fue <1%. Las letras minúsculas diferentes (a-c) denotan diferencias significativas entre cada tratamiento (p>0,05) *NO detectable

Al determinar el poder óxido-reducción (ORP), se estableció que la solución desinfectante con mayor ORP es la SES, con un valor de (878.56 ± 0.88) mV a un pH de (6.24 ± 0.03), lo que coincide con los valores reportados (650 - 900 mV) por **Sauceda y colaboradores (2019)**. Este elevado ORP se asocia directamente con su efecto bactericida (**Rahman et al., 2010**). A su vez, el ORP se ve influenciado por el pH; a menor valor de pH, se favorece la generación de especies de cloro y el ORP

aumenta (**Rebezov et al., 2022**). Tendencia que concuerda con los valores obtenidos para el NaClO (1:500).

Así mismo, según lo reportado por **Suslow (2004)**, investigador de la Universidad de California, los valores de ORP de las tres soluciones desinfectantes son suficientes para eliminar la presencia de microorganismos patógenos como *E. coli* 0157:H7, *Salmonella* spp., entre otros patógenos.

De igual manera, se cuantificó la concentración de Na⁺ y Ag⁺ en las soluciones desinfectantes mediante Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama, como se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Determinación de ppm de Na⁺ y Ag⁺ de las soluciones desinfectantes.

Tratamiento	Na⁺ (ppm)	Ag⁺ (ppm)
NaClO (1:500)	148.243 ± 2.508 ^b	ND*
Plata ionizada	0.764 ± 0.027 ^c	1.132 ± 0.003
SES	760.989 ± 15.560 ^a	ND*

Los valores numéricos representan las medias de tres ensayos para cada solución, acompañados de su desviación estándar (±).

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para todas las determinaciones fue menor a 2% . Las letras minúsculas diferentes (a-c) denotan diferencias significativas entre cada tratamiento (p>0,05) *NO detectable

Para la preparación de la solución desinfectante de plata ionizada, se ejecutó la sugerencia de uso recomendada por el fabricante (Microdyn®), adicionando 8 gotas (400 ± 30 µL) de Plata ionizada al 0.35% en 1L de agua.

Con base en los resultados obtenidos a través de Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama, se estableció la concentración real de la solución comercial de plata ionizada (2830.57 ± 6.90) ppm de Ag⁺, a partir de lo cual se calculó la concentración de la solución desinfectante lista para usar 1.13 ± 0.00 ppm.

6.2 Análisis Sensorial

6.2.1 Generación de atributos

Las berries, una vez desinfectadas y codificadas con un número aleatorio de 3 dígitos, fueron presentadas ante el panelista (**Figura 13**) y este registró individualmente los atributos no hedónicos (apariencia, olor, sabor, textura y resabio) percibidos. Para estandarizar las condiciones de evaluación, los jueces observaron las muestras sobre la superficie presentada y bajo la luz del flash de su dispositivo móvil, mientras que, en el caso de los atributos de olor, se indicó que, para la percepción de los olores, era necesario acercarse a la muestra a 3 cm de la nariz.

A partir de los resultados obtenidos del cuestionario de generación de atributos en el software FIZZ®, se llevó a cabo un análisis de frecuencia de atributos, seleccionando aquellos atributos con mayor frecuencia de mención y que se tratasen de características de relevancia para fines de esta investigación.

Por precaución ante el riesgo microbiológico asociado a la evaluación sensorial de berries sin tratamiento de desinfección, se optó por no exponer el bienestar del panel de jueces entrenados y limitar la evaluación a berries previamente desinfectadas.

La descripción de la totalidad de los atributos evaluados, se detallan en el Anexo 1.

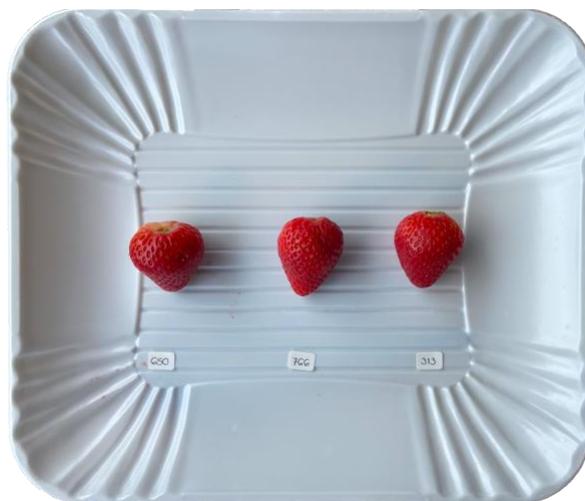


Figura 13. Presentación de la fresa aleatorizada ante el panel de manera simultánea

En el caso específico de las fresas analizadas individualmente, estas fueron adquiridas el mismo día de cada análisis. Por otro lado, en lo que respecta a los análisis simultáneos; las berries se adquirieron cuando se ejecutaba la generación de atributos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8. Fecha de adquisición y de análisis de las berries

		Tratamiento	Generación De Atributos	Perfil Flash
Fresa	Análisis Individual	NaClO	22/02/23	24/02/23
		Plata Ionizada	08/03/23	10/03/23
		SES	22/03/23	24/03/23
	Análisis Simultáneo	Fresas adquiridas: 12/04/23	12/04/23	14/04/23
Zarzamora	Análisis Simultáneo	Zarzamoras adquiridas: 26/04/23	26/04/23	26/04/23

6.2.1.1 Resultados atributos fresas

Los atributos generados para el tratamiento de desinfección de las fresas (de manera individual) con NaClO se muestran en la **Tabla 9**, para Plata ionizada en la **Tabla 10**, y finalmente, los resultados para SES en la **Tabla 11**.

Tabla 9. Atributos seleccionados durante la evaluación de las fresas con solución desinfectante control (NaClO) de manera individual.

Apariencia	Olor	Sabor	Textura	Resabio
Brillo	Dulce	Dulce	Dureza	No fue percibido ninguna nota
Frescura	Frutal	Ácido	Jugosidad	
Color	Cítrico	Pasto	Crujiente	
Cantidad de semillas	Fresco	Frutal	Granulosidad	
Homogeneidad	Herbal	Intensidad de sabor a fresa	Cohesividad	
			Masticabilidad	
			Astringencia	

Tabla 10. Atributos seleccionados durante la evaluación de las fresas desinfectadas con Plata ionizada de manera individual.

Apariencia	Olor	Sabor	Textura	Resabio
Brillo	Dulce	Dulce	Dureza	Metálico
Frescura	Frutal	Ácido	Jugosidad	
Color	Cítrico	Pasto	Crujiente	
Cantidad de semillas	Fresco	Frutal	Granulosidad	
Homogeneidad	Herbal	Intensidad de sabor a fresa	Cohesividad	
	Humedad		Masticabilidad	
	Intensidad de Olor a fresa		Astringencia	

Tabla 11. Atributos seleccionados durante la evaluación de las fresas desinfectadas con SES de manera individual y atributos considerados para la evaluación simultánea.

Apariencia	Olor	Sabor	Textura	Resabio
Brillo	Dulce	Dulce	Dureza	Metálico
Frescura	Frutal	Ácido	Jugosidad	Astringente
Color	Cítrico	Pasto	Crujiente	
Cantidad de semillas	Fresco	Frutal	Granulosidad	
Homogeneidad	Herbal	Intensidad de sabor a fresa	Cohesividad	
	Humedad		Masticabilidad	
	Intensidad de Olor a fresa		Astringencia	

Al comparar los atributos generados para cada tratamiento en el análisis individual, se observó que las fresas tratadas con NaClO no presentaron ningún tipo de resabio. Por otro lado, el tratamiento con Plata ionizada mostró un resabio metálico, lo que se correlaciona directamente con las ppm de Ag⁺ presentes en la solución, como se evidencia en la **Tabla 7**. En tanto que, en el tratamiento con SES aunado al resabio metálico, también se percibió un resabio astringente.

6.2.1.2 Resultados atributos zarzamoras

De acuerdo con los resultados extraídos de FIZZ, se observó que el haber proveído de una mitad de zarzamora sí contribuyó positivamente a la percepción de los olores, ya que, a diferencia de las fresas, las zarzamoras contienen una menor cantidad de compuestos volátiles (**Zamorska, 2023**). Pese a ello, la mayor cantidad de atributos obtenidos corresponden al parámetro de olor, destacando la presencia de olor a humedad y fermentado, lo que indica que la frescura de las zarzamoras analizadas ya se encontraba comprometida pese a su agradable apariencia, ya que comenzaban con otros procesos metabólicos generando compuestos volátiles relacionados con la percepción a esta nota fermentada, como lo son; acetaldehído, etanol y acetato de etilo, lo que se atribuye principalmente a que durante el almacenamiento, aún existe un proceso de respiración, pese a ser frutas no climatéricas (**Tenorio, 2010; Escobedo, 2012**).

Tabla 12. Atributos generados durante la evaluación de las zarzamoras desinfectadas con las tres soluciones desinfectantes.

Apariencia	Olor	Sabor	Textura	Resabio
Brillo	Dulce	Dulce	Dureza	Amargo
Color	Ácido	Ácido	Jugosidad	Astringente
Homogeneidad	Frutal	Amargo	Masticabilidad	Metálico
	Nota verde	Frutal	Adhesividad	
	Cítrico	Nota verde	Granulosidad	
	Frutos rojos	Frutos rojos	Cantidad de semillas	
	Zarzamora	Tuna	Aterciopelado	
	Tuna	Fermentado		
	Humedad			
	Fermentado			

Por otro lado, para los tres tratamientos se obtuvo resabio amargo, astringente y metálico.

6.2.3 Análisis del Perfil Flash modificado

En la sesión posterior a la generación de atributos, los jueces evaluaron la intensidad de cada atributo de acuerdo con cada muestra de fresa, usando una escala estructurada de 10 puntos, donde 0 indica que el atributo no estaba presente en absoluto, y 9 que el atributo se percibía con máxima intensidad.

Para una mejor comprensión de los análisis generados por componentes principales (PCA), es importante tener en cuenta que los atributos que se encuentran en el mismo cuadrante que la muestra, presentan una correlación positiva, en tanto que los atributos que se sitúan en cuadrantes opuestos, presentan una correlación negativa (Escobedo, 2012).

6.2.2.1 Resultados perfil sensorial de fresas

En la **Figura 14** se muestra la gráfica de PCA, proveniente de un GPA para los atributos de apariencia (●), olor (●), sabor (●), resabio (●) y textura (●), en este se observa que el componente F1 explica el 60.77% de la variabilidad de los datos y el componente F2 el 39.23%, explicando entre ambos componentes el 100% de la variabilidad de los datos.

Las fresas desinfectadas con SES, correlacionadas positivamente a ambos componentes (cuadrante I), se caracterizan por presentar una apariencia fresca y homogénea, destacando entre sus atributos, la intensidad de olor a fresa, característica de calidad para la aceptación del consumidor en este tipo de frutas (**Gunness, 2009**). Se sabe que el olor de fresa es muy específico y que en este intervienen más de 360 compuestos volátiles, como ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, lactonas, compuestos terpénicos y furanonas (**Tenorio, 2010; Zamorska, 2023**). Asimismo, se percibió un resabio metálico y en cuanto a los atributos de textura: estuvo presente dureza y jugosidad.

Las fresas correspondientes al tratamiento desinfectante con Plata ionizada (Microdyn®), localizadas en el cuadrante II; correlacionado positivamente al componente F1 y negativamente al componente F2, se caracterizan por tener una apariencia brillante, atributos de olor: herbal, humedad, cítrico y dulce, así como atributos de sabor; dulce, intensidad de sabor a fresa, frutal y pasto. No obstante, este tratamiento también presenta un resabio metálico, lo que se atribuye a las ppm de Ag⁺ presentes en la solución desinfectante.

Por otra parte, el tratamiento control, correlacionado negativamente con ambos componentes, (cuadrante III) se caracteriza por la presencia de sabor ácido, olor fresco y olor frutal. Asimismo, también se distingue por los atributos de textura: granulosidad y masticabilidad, los cuales, se encuentran estrechamente relacionados con el atributo de aspecto: cantidad de semillas, ya que a mayor cantidad de semillas la muestra puede percibirse más masticable.

Al considerar ambos componentes, se observa que los tres tratamientos de desinfección son distintos en atributos de apariencia, olor, sabor, resabio y textura, ya que cada solución desinfectante se encuentra localizada en un cuadrante diferente. No obstante, existe cierta similitud entre SES y Plata ionizada, ya que ambos tratamientos se encuentran correlacionados positivamente al componente F1.

En tanto que, el tratamiento control se encuentra correlacionado negativamente a ambos componentes, a partir de lo cual se establece que es diferente de los otros tratamientos.

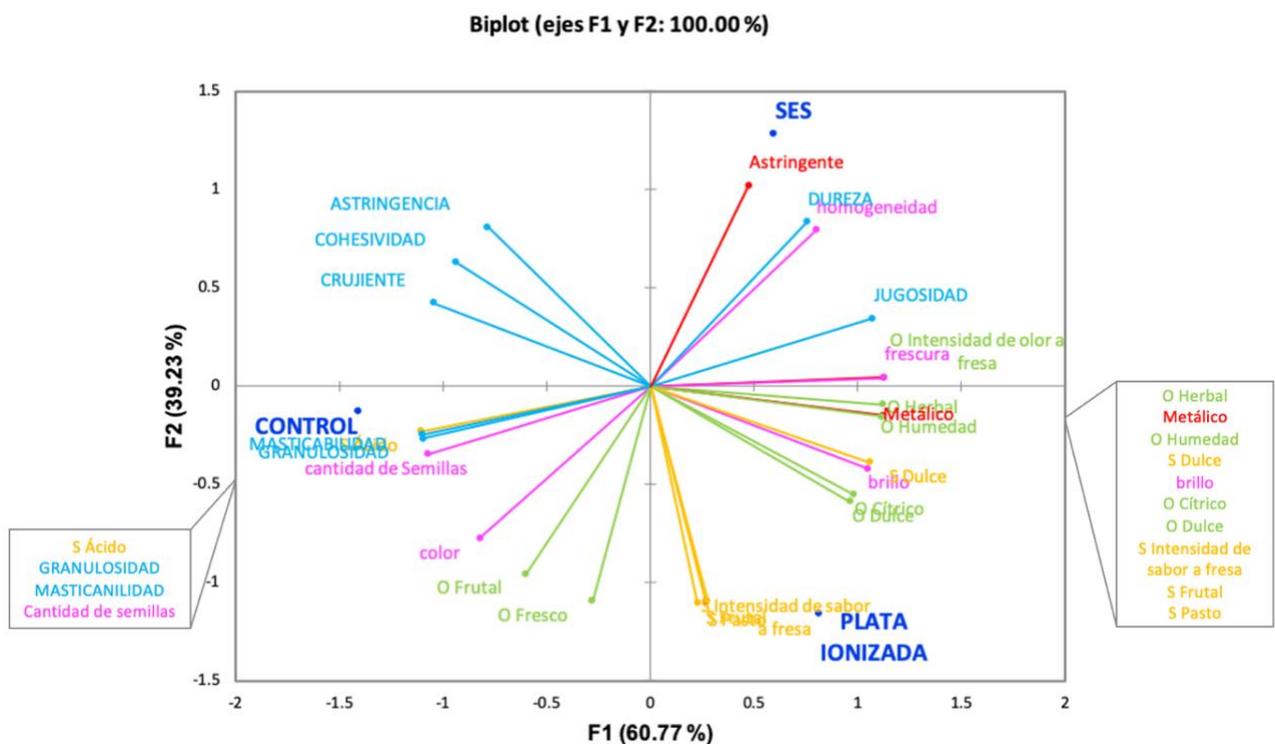


Figura 14. PCA de apariencia (●), olor (●), sabor (●), resabio (●) y textura (●) de las fresas desinfectadas de manera individual con NaClO (control), Plata ionizada y SES, proveniente de un GPA

Por lo que se refiere al consenso del panel evaluador, en la **Figura 15** se corrobora que la evaluación fue homogénea entre los jueces, ya que se observa una clara discriminación entre los tres tratamientos evaluados. Esta información denota el entrenamiento de los integrantes del panel.

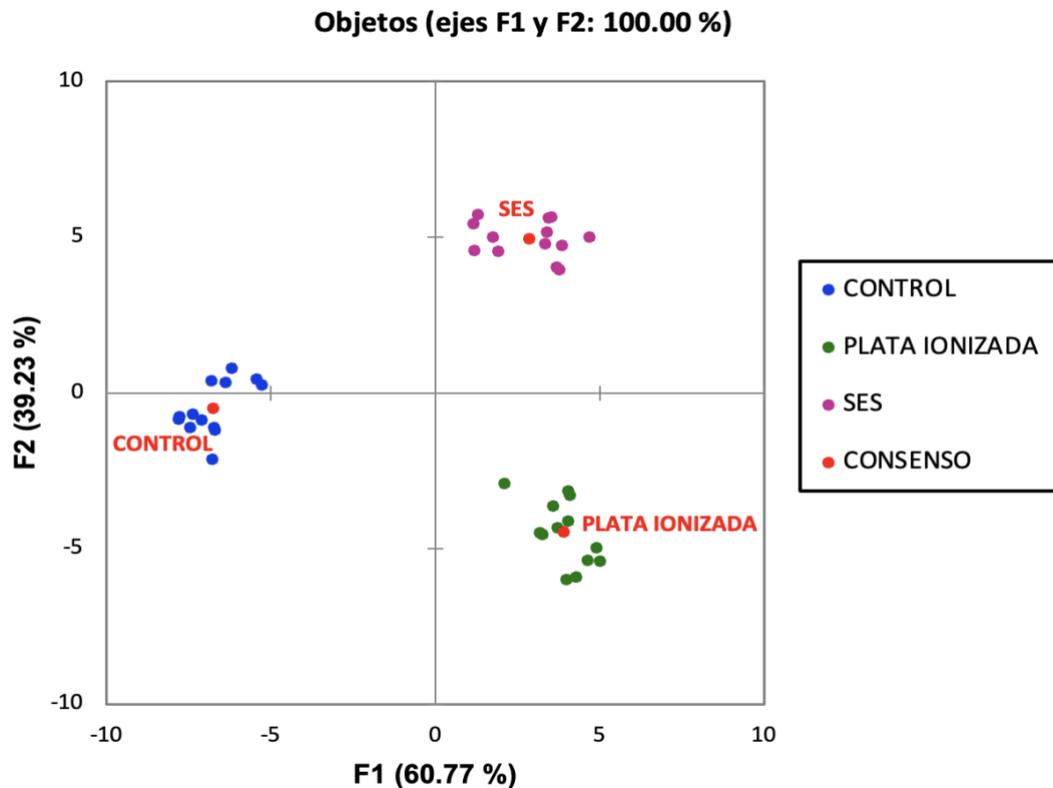


Figura 15. Análisis Procrusteano Generalizado (GPA) obtenido a partir de los datos de consenso del Perfil Flash modificado (FPm) de apariencia, olor, sabor, resabio y textura de las fresas desinfectadas de manera individual con NaClO (control), Plata ionizada y SES

Como los resultados anteriores se obtuvieron de tres lotes de fresa diferente, era importante saber si las diferencias encontradas se debían a los tratamientos aplicados o a la variabilidad entre los lotes, por ello, se repitió el estudio con un lote de fresa al que se le aplicaron los tres tratamientos, los resultados se presentan a continuación.

En la **Figura 16**, se muestra la gráfica de PCA proveniente de un GPA para los atributos de apariencia (●), olor (●), sabor (●), resabio (●) y textura (●), en ella se puede observar que el componente F1 explica el 56.74% de la variabilidad de los datos y el componente F2 el 43.26%, entre ambos componentes explican el 100% de la variabilidad de los datos.

Las fresas desinfectadas con SES, correlacionadas positivamente al componente F1 y negativamente al componente F2, se caracterizan por nuevamente presentar una apariencia fresca y homogénea, destacando entre sus atributos la intensidad de olor a fresa, característica que, como ya se había mencionado anteriormente, es deseable por los consumidores. En cuanto a los atributos de sabor, se percibió: sabor a pasto, dulce, intensidad de sabor a fresa y frutal.

Asimismo, en esta ocasión para este tratamiento, no se correlacionó ningún atributo de resabio y se percibió una textura crujiente.

Por otro lado, las fresas correspondientes al tratamiento desinfectante con Plata ionizada, correlacionado negativamente a ambos componentes, se caracterizan nuevamente por tener correlacionado un aspecto brillante como parte de los atributos de apariencia. Igualmente presentan olor fresco y olor herbal, así como un resabio metálico; atributo que ha estado presente en las fresas desinfectadas con esta solución desde la generación de atributos.

El tratamiento control, correlacionado negativamente al componente F1 y positivamente al F2, se caracteriza por la presencia de olor: frutal, cítrico, dulce y a humedad, así como por los atributos de textura: granulosidad, astringencia, masticabilidad y dureza.

Pese a que las condiciones de análisis fueron semejantes al eliminar la variabilidad de origen de las fresas, nuevamente se observa que los tres tratamientos de desinfección son distintos en atributos de apariencia, olor, sabor, resabio y textura, ya que cada solución desinfectante se encuentra localizada en un cuadrante distinto. Sin embargo, las similitudes entre SES y Plata ionizada persisten, ya que ambos tratamientos se encuentran correlacionados negativamente al componente F2.

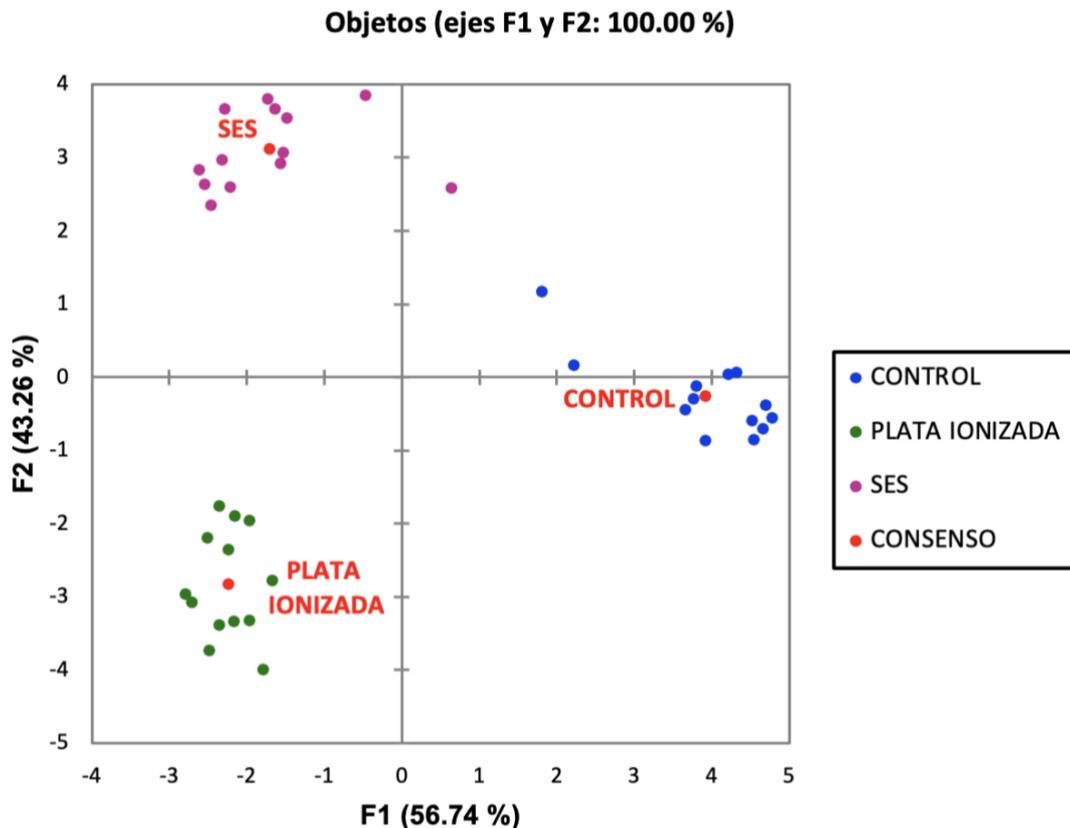


Figura 17. Análisis Procrusteano Generalizado (GPA) obtenido a partir de los datos de consenso del Perfil Flash modificado (FPm) de apariencia, olor, sabor, resabio y textura de las fresas desinfectadas de manera simultánea (14/04/23) con NaClO (control), Plata ionizada y SES

6.2.2.2 Resultados perfil sensorial de zarzamoras

En la **Figura 18**, presenta el análisis de componentes principales (PCA) derivado de un análisis de grupos principales (GPA) para los atributos de apariencia (●), olor (●), sabor (●), resabio (●) y textura (●). En dicho gráfico se observa que el componente F1 explica el 60.07% de la variabilidad de los datos y que el componente F2 explica el 39.93%, por lo que entre ambos componentes se establece el 100% de la variabilidad de los datos.

Las zarzamoras desinfectadas con Plata ionizada se encuentran correlacionadas positivamente a ambos componentes (cuadrante I), y se caracterizan por presentar una apariencia brillante (situación recurrente en berries desinfectadas con esta solución), olor fermentado y sabor a; nota verde y amargo. Igualmente, se percibió un resabio amargo, mientras que en lo referente a los atributos de textura: estuvo presente la adhesividad y dureza.

Por otra parte, las zarzamoras correspondientes al tratamiento desinfectante SES, correlacionado positivamente el componente F1 y negativamente al componente F2 (cuadrante II), se caracterizan por tener una apariencia homogénea, atributos de olor: a tuna, frutos rojos y olor dulce, así como atributos de sabor; frutal, dulce, fermentado y a tuna. Para esta solución desinfectante no se halló ninguna correlación con algún tipo de resabio.

No obstante, resulta importante destacar la relación generada por el panel de jueces entre el olor y sabor a tuna (*Opuntia* spp.) con las zarzamoras. Esto puede asociarse a la presencia de diversos compuestos volátiles. De acuerdo con Jacques y colaboradores (2014), al determinar los compuestos volátiles presentes en zarzamoras, se identificaron cerca de 45 compuestos diferentes, de los cuales, el 97.7% estaba compuesto por terpenoides, siendo el D-limoneno el compuesto predominante, el cual también se encuentra presente en el perfil de compuestos volátiles de la tuna (**Andreu-Coll et al., 2020**). Así mismo, otros compuestos volátiles en común entre ambas frutas son: 1-hexanol, 2-hexenol, heptanal, hexanal, sólo por mencionar los más abundantes (**Jacques et al., 2014; Andreu-Coll et al., 2020**).

Simultáneamente, el tratamiento control, correlacionado negativamente al componente F1 y positivamente al componente F2 (cuadrante IV), se caracteriza por la presencia de olor frutal y ácido, sabor; ácido y a zarzamora. Por otra parte, también se distingue por atributos de textura como: aterciopelado y granulosidad.

Cuando se consideran ambos componentes, se evidencia que los tres tratamientos de desinfección muestran diferencias en los atributos de apariencia, olor, sabor, resabio y textura, ya que cada solución desinfectante está ubicada en un cuadrante distinto. Sin embargo, a pesar de cambiar el tipo de berrie analizada, nuevamente se observa cierta similitud entre SES y Plata ionizada, puesto que ambos tratamientos presentan una correlación positiva con el componente F1.

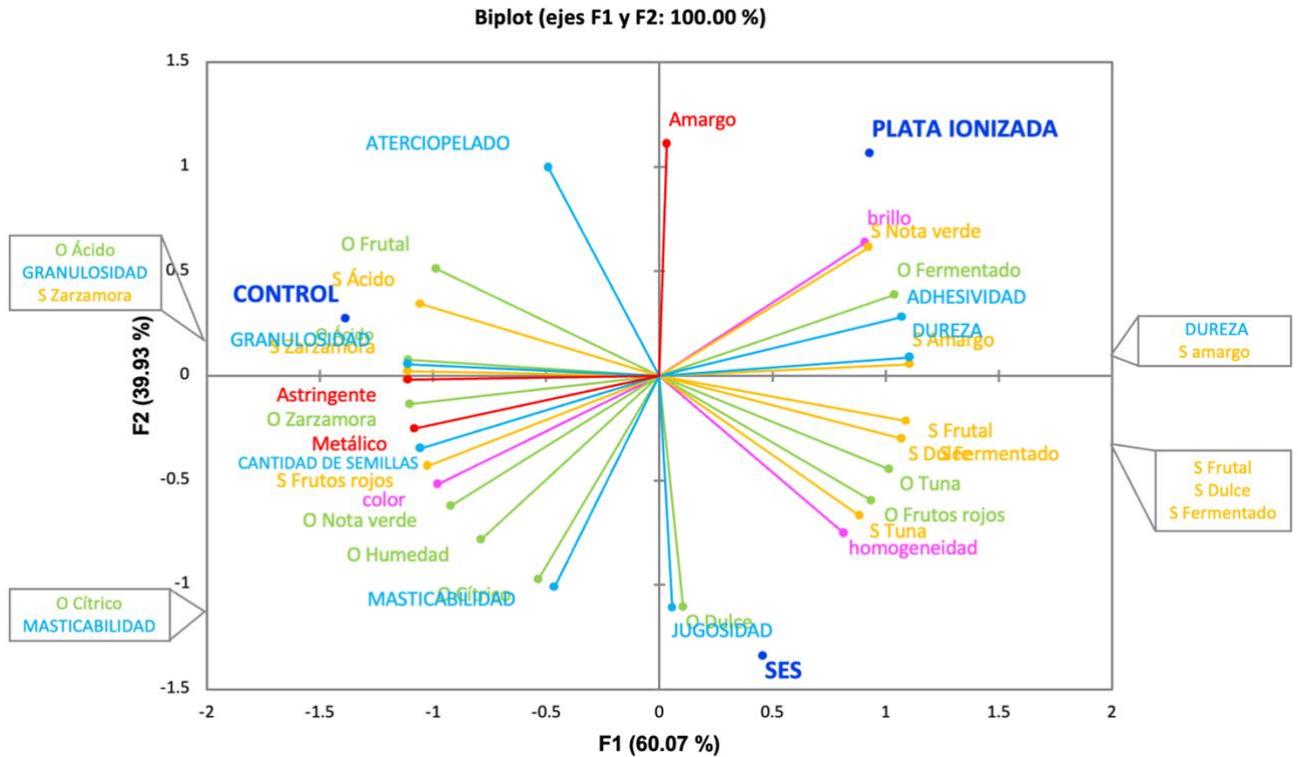


Figura 18. PCA de apariencia (●), olor (●), sabor (●), resabio (●) y textura (●) de zarcamoras desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES, proveniente de un GPA

En lo que respecta al consenso dentro del panel de jueces, la **Figura 19** denota que la evaluación fue homogénea entre los miembros del panel, debido a que se observa una clara discriminación entre los tres tratamientos examinados. Esto refleja el entrenamiento de los jueces.

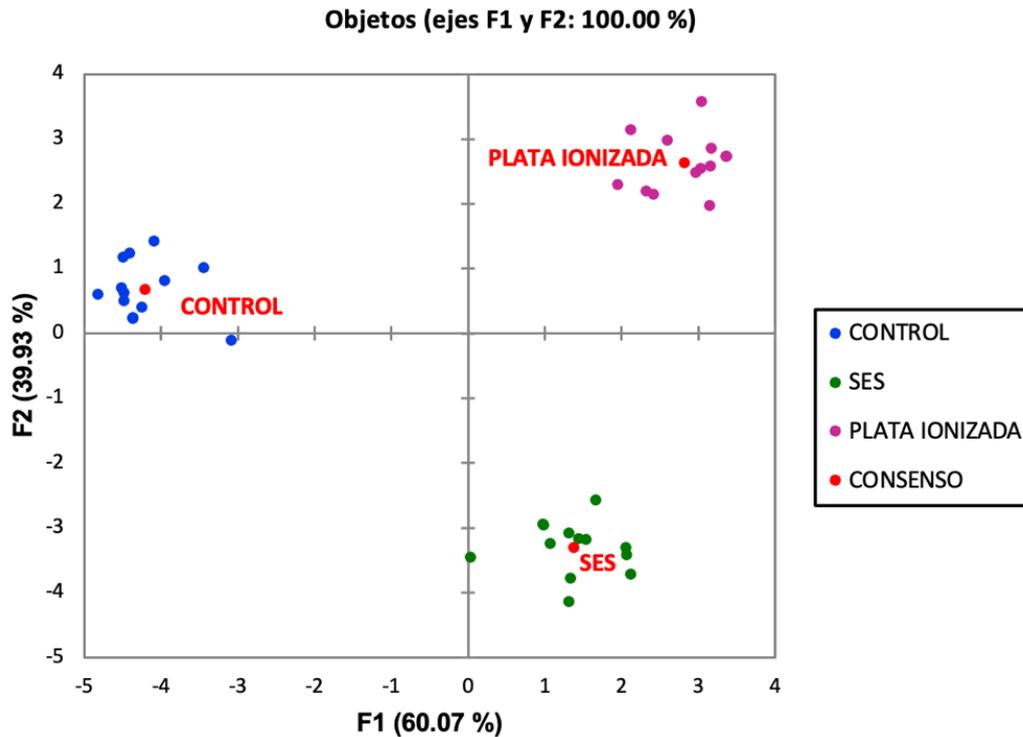


Figura 19. Análisis Procrusteano Generalizado (GPA) obtenido a partir de los datos de consenso del Perfil Flash modificado (FPm) de apariencia, olor, sabor, resabio y textura de las zarzamoras desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES

6.3 Análisis fisicoquímico de las fresas desinfectadas

6.3.1 Determinación colorimétrica

En cuanto al parámetro de color, se describió con base en el espacio de color CIE $L^*a^*b^*$, ya que en sus 3 ejes correlaciona los 3 atributos de color: luminosidad, tonalidad y pureza de color. Para la obtención de estos parámetros, se realizaron 3 mediciones distintas por cada fresa, analizando 10 berries por cada tratamiento. El promedio de los valores obtenidos se muestra en las **Tablas 12 y 13**.

Resulta importante mencionar que, si bien los valores colorimétricos obtenidos son una medida del color superficial de la berries, no siempre son representativas del color total, dada la gran variabilidad entre partes de un mismo fruto.

6.3.1.1 Análisis colorimétrico de fresas

Con base en los valores reportados en la **Tabla 13**, se observa el lote de fresas correspondientes al tratamiento con control, mostró mayor luminosidad (L^*) 35.89 ± 0.71 , coloración roja más intensa 31.99 ± 0.65 y tonalidades más amarillas 19.46 ± 0.89 , en comparación con los otros dos tratamientos. Para los parámetros L^* y b^* se observan diferencias significativas entre todos los tratamientos, en tanto que el parámetro a^* , no reveló diferencia estadísticamente significativa.

Por otra parte, se muestra que las fresas del tratamiento correspondiente a la desinfección con SES, presentaron magnitudes menores para el parámetro colorimétrico ángulo hue (h) y para el parámetro chroma (C^*), lo que se interpreta como una coloración roja ligeramente tendiente a marrón y con un color menos vivaz, respectivamente. Esta tendencia ocurre durante el proceso de maduración, en otros estudios se relacionan las pérdidas de color rojo y, por tanto, aparición de la coloración marronácea, con reacciones de pardeamiento enzimático, y de degradación del ácido ascórbico, siendo la temperatura, pH y tiempo de almacenamiento variables de estos cambios en la coloración (**Almenar, 2005**).

Finalmente, el valor de ΔE denota la diferencia de color entre Plata ionizada y SES con respecto al Control (NaClO), siendo de 5.66 y 9.14 respectivamente, diferencias que, por lo ya antes mencionado, se asocian al origen, condiciones de almacenamiento antes de la adquisición de las fresas y del grado de madurez de las mismas.

Tabla 13. Resultados de la caracterización colorimétrica de fresas desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES del análisis individual.

Determinación	Fresa desinfectada con NaClO (Control)	Fresa desinfectada con Plata ionizada	Fresa desinfectada con SES
Espacio CIE L*a*b*	L 35.89 ± 2.21 ^a	L 32.65 ± 1.74 ^b	L 29.53 ± 1.44 ^c
	a 31.99 ± 2.05 ^a	a 28.40 ± 2.80 ^a	a 29.29 ± 1.95 ^a
	b 19.46 ± 2.92 ^a	b 16.53 ± 2.77 ^b	b 13.48 ± 1.84 ^c
Luminosidad (L*)	35.89 ± 2.21 ^a	32.65 ± 1.74 ^b	29.53 ± 1.44 ^c
Tonalidad (h)	0.55	0.53	0.43
Pureza (C*)	37.44	32.86	32.24
ΔE	Control	5.66	9.14

Los valores numéricos representan las medias de 30 determinaciones para cada tratamiento, acompañados de su desviación estándar (±)

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para todas las determinaciones fue <15%

^{a,b,c} Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa entre las muestras en una fila, α=0.05.

Por lo que se refiere a las fresas del análisis simultáneo, es decir con el mismo lote de fresa, en la **Tabla 14.** se presentan los resultados obtenidos.

De acuerdo con los valores obtenidos de la evaluación realizada a partir de un mismo lote de fresas, se observa que no existen diferencias significativas para los parámetros L* y a*, mientras que para la coordenada cromática b* (tonalidad amarilla de la epidermis de la fresa), las fresas desinfectadas con SES presentan diferencias significativas con respecto a los otros tratamientos. Es importante mencionar que, si bien a partir del análisis instrumental no se registró una diferencia significativa en la luminosidad (L*), en los resultados de ambos perfiles flash, se demostró que sensorialmente las frutas desinfectadas con Plata ionizada eran percibidas como las más brillantes.

Por otro lado, se observó que en el análisis simultáneo los valores de tonalidad (h) y pureza (C*) son más homogéneos entre sí, lo que corrobora que la diferencia generada en el análisis individual fue consecuencia de la variabilidad de las fresas y no por la aplicación de los tratamientos desinfectantes.

Tabla 14. Resultados de la caracterización colorimétrica de fresas desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES del análisis simultáneo

Determinación	Fresa desinfectada con NaClO (Control)	Fresa desinfectada con Plata ionizada	Fresa desinfectada con SES
Espacio CIE L*a*b*	L 30.09 ± 1.29 ^a	L 30.08 ± 1.36 ^a	L 30.12 ± 1.67 ^a
	a 27.50 ± 1.95 ^a	a 26.82 ± 2.09 ^a	a 27.92 ± 1.79 ^a
	b 11.76 ± 0.92 ^b	b 11.38 ± 0.99 ^b	b 12.90 ± 1.08 ^a
Luminosidad (L*)	30.09 ± 1.36 ^a	30.08 ± 1.36 ^a	30.51 ± 1.67 ^a
Tonalidad (h)	0.40	0.44	0.43
Pureza (C*)	29.91	29.13	30.76
ΔE	Control	0.78	1.29

Los valores numéricos representan las medias de 30 determinaciones para cada tratamiento, acompañados de su desviación estándar (±).

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para todas las determinaciones fue <15%

^{a,b,c} Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa entre las muestras en una fila, α=0.05.

6.3.1.2 Análisis colorimétrico de zarzamoras

Con respecto a los resultados colorimétricos obtenidos de las zarzamoras desinfectadas con las tres soluciones desinfectantes (**Tabla 15**) se observa que la Plata ionizada presenta un valor ligeramente mayor de luminosidad del color (L*) con respecto a los otros tratamientos, esto coincide con los resultados obtenidos del PFm, ya que este fue el tratamiento con mayor correlación al atributo brillo. Sin embargo, no existe diferencia significativa entre los tratamientos (p < 0.05).

En cuanto al parámetro a*, el cual se refiere al eje verde (-a) a rojo (+a), las zarzamoras presentan una tonalidad tendiente al rojo ya que tienen una mayor

aproximación al eje positivo, con valores promedio de 1.90, para este parámetro tampoco existe una diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$).

Al analizar el parámetro b^* de color, el cual se refiere al eje azul ($-b^*$) a amarillo ($+b^*$), todas las muestras se posicionan en el lado negativo del eje, lo que resulta congruente dada su tonalidad púrpura y la presencia de pigmentos que presentan tonalidades azules como lo son las antocianinas; uno de los pigmentos más abundantes en zarzamoras (Martínez *et al.*, 2011). En tanto que, al realizar el análisis estadístico, se observó que, en este parámetro, todos los tratamientos son estadísticamente diferentes entre sí.

Igualmente, los valores de Tonalidad (h) y Pureza (C^*) se muestran muy homogéneos entre todas las muestras, lo que puede atribuirse a que al tratarse de un mismo lote de berries, no existe variabilidad asociada a la aplicación del tratamiento desinfectante.

Tabla 15. Resultados de la caracterización colorimétrica de las zarzamoras desinfectadas con NaClO (control), Plata ionizada y SES.

Determinación	Zarzamora desinfectada con NaClO (Control)	Zarzamora desinfectada con Plata ionizada	Zarzamora desinfectada con SES
Espacio	L 19.26 ± 0.99 ^a	L 19.76 ± 0.91 ^a	L 18.08 ± 1.17 ^a
CIE L*a*b*	a 1.90 ± 0.30 ^a	a 1.85 ± 0.25 ^a	a 1.97 ± 2.05 ^a
	b -0.57 ± 0.09 ^c	b -0.40 ± 0.06 ^a	b -0.50 ± 0.07 ^b
Luminosidad (L*)	19.26 ± 0.99 ^a	19.76 ± 0.91 ^a	18.08 ± 1.17 ^a
Tonalidad (h)	0.29	0.22	0.25
Pureza (C*)	1.98	1.89	2.03
ΔE	Control	0.53	1.18

Los valores numéricos representan las medias de 30 determinaciones para cada tratamiento, acompañados de su desviación estándar (\pm).

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para todas las determinaciones fue $<15\%$

^{a,b,c} Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa entre las muestras en una fila, $\alpha=0.05$.

6.3.2 Determinación de °Bx, pH, Acidez titulable y Azúcares reductores

Al mismo lote de berries empleadas para la evaluación sensorial, se le aplicó el proceso de desinfección correspondiente, se licuó y a partir de la pulpa, se realizaron pruebas fisicoquímicas (°Bx, pH, Acidez titulable, Azúcares reductores [DNS]) (el mismo día de evaluación) que pudieran correlacionarse con los atributos obtenidos. La pulpa se conservó a -20 °C en un congelador Revco ® por si fuese necesario verificar alguna determinación.

La evaluación sensorial de este tipo de frutas está muy influenciada por la proporción de azúcares y ácidos orgánicos, de acuerdo con el grado de madurez. En los frutos carentes de almidón, como lo son las berries, la acumulación de azúcares proviene de la reserva de carbohidratos de la planta, debido a la baja capacidad fotosintética de estos frutos (**Rojas et al., 2004**).

3.3.2.1 Resultados fresas

De acuerdo con la investigación realizada por **Dobronski (2013)**, se reporta que el intervalo de pH normal para una fresa sana es de 3.18 - 4.10, por lo que se establece que la aplicación de los tratamientos no generó alteraciones en el pH de éstas.

Según lo reportado por **Borja (2010)**, en fresas maduras, los azúcares constituyen el 80-90% de los sólidos solubles, siendo glucosa, fructosa y sacarosa los azúcares en mayor proporción. Igualmente, los ácidos orgánicos presentes (cítrico, málico, succínico y ascórbico) también contribuyen al valor de los sólidos solubles.

Los valores de sólidos solubles reportados por **Gómez (2004)** para una fresa madura son 6.8-8.7 °Bx por lo que la totalidad de las fresas correspondientes a ambos análisis se encuentran dentro de este intervalo. Se observó que las fresas correspondientes al análisis individual presentaron diferencias significativas entre todos los tratamientos, lo que se atribuye a la variabilidad propia de la fresa, al origen de estas y en menor medida, al grado de madurez. Un estudio realizado por **Gunniss (2009)**, sugiere que la variación de las fresas individuales dentro de una misma canasta o entre temporadas, es sustancial en el contenido de sólidos solubles, acidez titulable y en las características sensoriales como 'olor frutal' y 'sabor dulce'.

No obstante, las fresas correspondientes al análisis simultáneo desinfectadas con NaClO y SES, no mostraron diferencias significativas entre sí, para ambos tratamientos se reportó un valor de 7.2 ± 0.08 °Bx, en tanto que el valor de sólidos solubles obtenidos para Plata ionizada fue de 7.4 ± 0.08 , mostrando una diferencia significativa con respecto a los otros dos tratamientos, lo que se asocia a una posible interferencia del ácido cítrico en la determinación de los sólidos solubles, ya que este tratamiento mostró un mayor % acidez titulable con respecto a los tratamientos.

Por otra parte, la acidez titulable se reportó como g de ácido cítrico/100 g de muestra, debido a que este es el ácido presente en mayor proporción en la composición de la fresa. No obstante, además del ácido cítrico, también están presentes el ácido málico, succínico y ascórbico (**Kallio et al., 2000; Julio-González et al., 2018**).

Para las fresas correspondientes al análisis individual, se determinó 0.54 ± 0.00 y 0.54 ± 0.00 g de ácido cítrico/100 g muestra, para el tratamiento de NaClO y Plata ionizada respectivamente, entre los cuales no existió diferencia significativa. Mientras que la acidez titulable de las fresas correspondientes a SES, reportaron un valor de 0.70 ± 0.01 g de ácido cítrico/100 g muestra, siendo significativamente diferente a los otros tratamientos. Estos valores coinciden con lo publicado por **Dobronski (2013)**, en donde la acidez titulable se encuentra en un intervalo de (0.50 - 1.87) g de ácido cítrico/100 g muestra.

Por otra parte, para las fresas correspondientes al análisis simultáneo, se obtuvieron 0.73 ± 0.01 , 0.75 ± 0.00 , 0.73 ± 0.00 g de ácido cítrico/100 g muestra para NaClO, Plata ionizada y SES, respectivamente. Se observó que el tratamiento con Plata ionizada mostró una diferencia significativa en comparación con las fresas desinfectadas con las otras soluciones. Este incremento en la acidez sustenta el aumento de los °Bx, ya que si bien el contenido en sólidos solubles (glucosa, fructosa y sacarosa) varía dependiendo de la variedad de fresa (**Julio-González et al., 2018**), los ácidos orgánicos presentes, también interfieren en la determinación, lo que a su vez se demuestra mediante una ligera disminución del pH.

Con respecto al contenido de azúcares reductores (glucosa y fructosa) presentes en la fresa determinados mediante el método de DNS, se observó que, en el análisis individual, todos los tratamientos mostraron diferencias significativas entre sí, lo que nuevamente se atribuye a la variabilidad de las fresas analizadas.

Por el contrario, el contenido de azúcares reductores para el análisis simultáneo no mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, a partir de lo cual es posible inferir que la aplicación de las soluciones desinfectantes no altera el contenido de azúcares reductores, pese a la naturaleza oxidante de algunas de estas.

Tabla 16. Resultados de la caracterización fisicoquímica de las fresas desinfectadas con NaClO (control) y Plata ionizada

Determinación		°Bx	pH	Acidez titulable (g ácido cítrico / 100 g muestra)	DNS (g azúcar red/100 g muestra)
Análisis individual	NaClO (control)	8.0 ± 0.0 ^b	3.96 ± 0.01 ^a	0.54 ± 0.00 ^b	3.126 ± 0.052 ^c
	Plata ionizada	6.8 ± 0.1 ^c	3.67 ± 0.01 ^b	0.54 ± 0.00 ^b	3.682 ± 0.057 ^a
	SES	8.7 ± 0.1 ^a	2.95 ± 0.01 ^c	0.70 ± 0.00 ^a	3.506 ± 0.062 ^b
Análisis simultáneo	NaClO (control)	7.2 ± 0.1 ^b	4.02 ± 0.01 ^a	0.73 ± 0.01 ^b	3.045 ± 0.050 ^a
	Plata ionizada	7.4 ± 0.1 ^a	4.01 ± 0.01 ^b	0.75 ± 0.00 ^a	3.108 ± 0.035 ^a
	SES	7.2 ± 0.1 ^b	4.02 ± 0.01 ^a	0.73 ± 0.00 ^b	3.110 ± 0.006 ^a

Los valores numéricos representan las medias de tres ensayos para cada solución, acompañados de su desviación estándar (±).

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para todas las determinaciones fue <2%
^{a,b,c} Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa entre las muestras, α=0.05.

6.3.2.2 Resultados zarzamoras

Las determinaciones fisicoquímicas reportadas en la **Tabla 17**, son parámetros estrechamente relacionados entre sí, debido a que, durante el proceso de maduración, los ácidos orgánicos presentes en el fruto disminuyen, aumentando a su vez el pH y disminuyendo la acidez. Simultáneo a esto, los °Bx aumentan al igual que el contenido de azúcares reductores, los cuales actúan como fuente de carbono para los precursores del aroma, además de que, dada la naturaleza química de estos hidratos de carbono, también se traduce como en una mayor percepción de dulzor (**Badui, 2018**).

Los °Bx (sólidos solubles) obtenidos para todos los tratamientos, se encuentran por encima del intervalo de 7.7 a 9.1 reportado por **Tosun y colaboradores (2008)**, sin embargo, de acuerdo con **Fan-Chiang y colaboradores (2010)**, el intervalo es de 6.88 a 16.83, por lo que el valor obtenido se encuentra dentro lo reportado.

Por otra parte, la acidez titulable reportada por este mismo autor osciló entre 0.52 y 2.24 g de ác. cítrico/100 g, con una media de 1.35 g de ác. cítrico/100 g, por lo que, considerando esta última referencia, las zarzamoras analizadas para la totalidad de los tratamientos se encuentran dentro de dicho intervalo, y fueron significativamente diferentes entre sí.

Este, al igual que otros parámetros, están influenciados por factores como la genética, las condiciones de crecimiento y la maduración de la zarzamora (**Kaume et al., 2012**). En el caso particular de los °Bx, la variabilidad se puede deber a que los niveles de sólidos solubles (glucosa, fructosa, azúcares totales, etc.) aumentan considerablemente a medida que la fruta madura, aunado a que otros compuestos hidrosolubles también contribuyen al aumento de los °Bx; como son vitaminas, minerales, ciertas proteínas, e incluso oligo y polisacárido (**Oros, 2023**).

En cuanto al pH, nuevamente el valor de los 3 tratamientos supera el intervalo reportado por **Hassimotto y colaboradores (2008)** de (3,23 - 3,42) y el publicado por **Tosun et al., (2008)** de (2.64-3.20), lo cual, a su vez, también se encuentra estrechamente relacionado con su grado de madurez y por tanto, con los valores obtenidos de acidez, debido a su relación inversamente proporcional.

Para efectos de la zarzamora, la acidez titulable se reportó como (g de ácido málico/100 g muestra) debido a que de acuerdo con la literatura (**Kaume et al., 2012**), este es el ácido predominante en zarzamoras, y en (g de ácido cítrico/100 g muestra) con el objetivo de comparar con otras referencias encontradas en artículos previos.

En la **Figura 16**, se observó que las zarzamoras desinfectadas con Plata ionizada presentan una mayor acidez (y, por tanto, un menor pH), que el resto de los tratamientos desinfectantes, comportamiento que también aconteció con las fresas desinfectadas individualmente. Dicha disminución de pH, se asocia al pH inicial de la solución desinfectante de Plata ionizada, ya que como se mostró en la **Tabla 6**, este es de 3.83, a diferencia de las otras soluciones que poseen un pH cercano a la neutralidad.

No obstante, también es importante observar que, a este valor de acidez total, también contribuyen algunos otros ácidos orgánicos como el ácido isocítrico y en menor proporción el ácido shikímico, fumárico y succínico. Estos son de gran importancia en la zarzamora, puesto que estabilizan otros compuestos como antocianinas y ácido ascórbico, permitiendo extender la vida útil de las berries (**Fan-Chiang et al., 2010; Kaume et al., 2012**). En ésta determinación, todos los tratamientos mostraron diferencias significativas entre sí.

Por otra parte, la determinación de los azúcares reductores presentes en las zarzamoras, se obtuvo a partir de la interpolación de la curva patrón obtenida ($y = 0.6154x - 0.0149$ con un coeficiente de correlación lineal de $R^2 = 0.9998$ en un intervalo lineal de 0.2 - 2.0 mg/mL), encontrándose que no existió diferencia significativa entre los tratamientos, por lo que se infiere que la naturaleza oxidante del NaClO y de SES no interfiere en esta determinación. Los azúcares reductores presentaron un valor por debajo del reportado por **Valencia y colaboradores (2013)** de 3.91 g de azúcares reductores/100 g muestra en base húmeda, lo que se puede asociar a una serie de factores tanto genéticos; características inherentes de cada variedad de zarzamora, como ambientales; grado de madurez, condiciones de cultivo, tratamiento postcosecha, etc. (**Kaume et al., 2012**).

Aunado a lo anterior, considerando las notas de olor fermentado percibidas por el panel de jueces, es posible que los azúcares reductores presentes comenzaran a disminuir a medida que fueran metabolizados por los microorganismos presentes (previos a la desinfección) para producir metabolitos como alcohol y ácidos orgánicos (Calderón *et al.*, 2016).

Tabla 17. Resultados de la caracterización fisicoquímica de las zarzamoras desinfectadas con NaClO (control) y Plata ionizada

Determinación	°Bx	pH	Acidez titulable (g ácido málico/ 100 g muestra)	Acidez titulable (g ácido cítrico/ 100 g muestra)	DNS (g azúc red/100 g muestra)
NaClO (control)	12.4 ± 0.2 ^c	3.80 ± 0.05 ^b	0.88 ± 0.01 ^b	0.84 ± 0.01 ^b	2.801 ± 0.030 ^a
Plata Ionizada	13.4 ± 0.4 ^a	3.72 ± 0.01 ^c	0.99 ± 0.02 ^a	0.94 ± 0.02 ^a	2.879 ± 0.079 ^a
SES	12.8 ± 0.2 ^b	3.89 ± 0.01 ^a	0.79 ± 0.01 ^c	0.75 ± 0.01 ^c	2.850 ± 0.087 ^a

Los valores numéricos representan las medias de tres ensayos para cada solución, acompañados de su desviación estándar (±).

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para todas las determinaciones fue <2%

^{a,b,c} Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa entre las muestras en una columna, $\alpha=0.05$.

6.3.1 Cuantificación de minerales en las fresas desinfectadas

A través de la lectura de la muestra en el espectrómetro de absorción atómica, se obtuvo la concentración de Na⁺ (ppm) al interpolar los valores obtenidos en la ecuación de la recta ($y = 0.2246x - 0.0033$) con un coeficiente de correlación lineal de $R^2 = 0.9992$ que se obtuvo mediante las disoluciones patrón. Los valores obtenidos se reportan en mg Na⁺/ 100 g muestra como se muestra en la **Tabla 18**.

De acuerdo con la base de datos del **Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2019)**, una fresa fresca contiene 1 mg Na⁺/ 100g de muestra (10 ppm), mientras que las tablas de composición de alimentos publicadas por **Moreiras y colaboradores (2013)**, se reporta un valor de 2 mg Na/100 g muestra (20 ppm).

Para ambos casos, la cantidad de sodio determinada para las fresas desinfectadas con las tres diferentes soluciones discrepa de los valores reportados en la literatura, esto se asocia a una adición de sodio intrínseca de las soluciones desinfectantes, particularmente de la SES, la cual desde su caracterización reportó 760.989 ppm de Na⁺ como se detalla en la **Tabla 7**.

Cabe destacar que, pese a la cantidad de sodio cuantificada en las fresas desinfectadas con SES 108.176 ± 2.484 ppm, no fue identificada ninguna nota salada, esto se explica con base en el umbral de detección de gusto salado del panel empleado. De acuerdo con pruebas realizadas en el Laboratorio de Investigación de Evaluación Sensorial de la Facultad de Química, el umbral de los integrantes del panel es de 0.74 g/L de NaCl, o expresado en otras unidades; 740 ppm de Na⁺, por lo que la cantidad de sodio cuantificada para la totalidad de los tratamientos no es suficiente para ser identificada. No obstante, el NaCl a concentraciones bajas posee la capacidad de producir e incrementar la percepción del sabor dulce (**Badui, 2018**), lo que, al correlacionarse con los resultados obtenidos en el PFM, podría justificar la asociación del atributo sabor dulce, y con ello, el sabor a frutos rojos (**Severiano-Pérez, 2019**) con el tratamiento desinfectante SES.

Así mismo, conforme lo reportado por el **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2018)**, una porción de fresas es de aproximadamente 150 g, por lo que ingerir una porción de fresas desinfectadas con SES, representaría el 8.7% de la ingesta diaria recomendada de sodio para una persona adulta por la Organización Mundial de la Salud (< 2000 mg) (**OMS, 2023**).

No obstante, de acuerdo con estudios recientes, la ingesta dietética media de sodio en una población mexicana adulta sana es de 3497 mg, con 3118 mg entre las mujeres y 4167 mg entre los hombres (medido por excreción de sodio en orina de 24 horas) (Colín-Ramírez *et al.*, 2017; Cruz, 2024). Por lo que el consumo de una porción de fresas representa 4.2% y 5.6% de la IDR de sodio para una mujer y hombre mexicano sano, respectivamente.

Por otra parte, para la cuantificación de Ag⁺, se efectuó el mismo procedimiento experimental obteniendo la curva patrón y = 0.035x+0.0173, con un coeficiente de correlación lineal de R² = 0.9994. Sin embargo, la concentración presente en las muestras se encontraba por debajo del límite de cuantificación de este método analítico (1 ppm).

Tabla 18. Determinación de Na⁺ y Ag⁺ en fresas desinfectadas mediante Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama

	Tratamiento	Na ⁺ (mg Na ⁺ / 100 g muestra)	Ag ⁺ (mg Ag ⁺ / 100 g muestra)
Análisis individual	NaClO (control)	43.561 ± 0.164 ^b	ND*
	Plata Ionizada	41.163 ± 0.462 ^c	
	SES	108.874 ± 2.583 ^a	
Análisis simultáneo	NaClO (control)	50.917 ± 0.561 ^b	ND*
	Plata Ionizada	34.551 ± 0.630 ^c	
	SES	108.176 ± 2.484 ^a	

Los valores numéricos representan las medias de tres ensayos para cada solución, acompañados de su desviación estándar (±).

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para todas las determinaciones fue < 2% *NO detectable
^{a,b,c} Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, α=0.05.

6.3.1 Cuantificación de minerales en las zarzamoras desinfectadas

Igualmente, para la determinación de estos minerales (Na^+ y Ag^+) se llevó a cabo mediante la lectura de las muestras (pretratadas por digestión húmeda en microondas como se describió en la sección 5.2.3), en el espectrómetro de absorción atómica. Las concentraciones se obtuvieron al interpolar los valores obtenidos a partir de ecuación de recta de la curva patrón, siendo $y = 0.2274x + 0.0301$ con un coeficiente de correlación lineal de $R^2 = 0.9994$ para Na^+ (ppm) y $y = 0.0469x + 0.0026$ con un coeficiente de correlación lineal de $R^2 = 0.9994$ para Ag^+ (ppm).

Durante la cuantificación de Ag^+ en las zarzamoras, no se detectó ninguna señal dado que la cantidad presente se encontraba por debajo del límite de detección (1 ppm). Los valores obtenidos se reportan en $\text{mg Na}^+ / 100 \text{ g muestra}$ como se muestra en la **Tabla 19**.

Con base en los datos publicados por **Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2019)**, una zarzamora fresca contiene 1 mg $\text{Na}^+ / 100 \text{ g}$ de muestra (10 ppm), por lo que la cantidad de Na^+ determinada en las zarzamoras desinfectadas con los tres tratamientos desinfectantes discrepa de los valores reportados en la literatura, esto se asocia a una adición de sodio intrínseca de las soluciones desinfectantes, particularmente de la SES, la cual desde su caracterización reportó 760.989 ppm de Na^+ como se detalla en la **Tabla 7**.

Es importante resaltar que, a pesar de la cantidad de sodio cuantificada en las zarzamoras desinfectadas con SES ($115.876 \pm 4.607 \text{ ppm}$) durante la evaluación sensorial, no se percibió ninguna nota salada, ya que el umbral de detección de sabor salado de los panelistas es de 740 ppm de Na^+ . En consecuencia, la cantidad de sodio cuantificada en todos los tratamientos resulta insuficiente para generar una percepción gustativa.

Además, de acuerdo con el informe del **Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de 2018**, una porción típica de zarzamoras equivale a 100 g, por lo que pese a la cantidad de sodio “adicionada” como consecuencia de la desinfección con SES; sólo representa el 5.7% de la IDR de sodio para una persona adulta por la Organización Mundial de la Salud (< 2000 mg) (**OMS, 2023**), mientras que un bolillo, aporta aproximadamente el 20% (**Procuraduría Federal del Consumidor [PROFECO], 2013**).

Tabla 19. Determinación de Na⁺ y Ag⁺ mediante Espectroscopía de Absorción Atómica de Llama en zarzamoras desinfectadas con NaClO, Plata ionizada y SES

	Tratamiento	Na⁺ (mg Na⁺/ 100 g muestra)	Ag⁺ (mg Ag⁺/ 100 g muestra)
Análisis individual	NaClO (control)	51.325 ± 2.860 ^b	ND*
	Plata Ionizada	44.396 ± 0.887 ^b	
	SES	115.876 ± 4.607 ^a	

Los valores numéricos representan las medias de tres ensayos para cada solución, acompañados de su desviación estándar (±).

Los coeficientes de variación (CV) obtenidos para todas las determinaciones fue < 2% *NO detectable
^{a,b,c} Distinta letra indica diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, α=0.05.

7. Conclusiones

- La aplicación de soluciones desinfectantes (NaClO, Plata ionizada y SES) a las berries, si genera modificaciones en el perfil sensorial de las mismas; siendo SES la solución caracterizada por atributos deseables (aspecto fresco y homogéneo, intensidad de olor y de sabor).
- Se estableció que sin importar el origen de las berries, la aplicación de la solución desinfectante NaClO, resulta diferente en los atributos sensoriales respecto a los otros tratamientos (Plata ionizada y SES), los cuales sí presentan cierta correlación de atributos entre sí.
- En los análisis sensoriales de fresas, la solución desinfectante SES se correlacionó con un resabio metálico, sin embargo, en la determinación por absorción atómica, la cantidad presente se encontraba por debajo del límite de detección, por lo que no se logró cuantificar.
- La aplicación de la solución desinfectante SES, incrementó la cantidad de Na⁺ presente en las berries, sin embargo, esto no representa ningún riesgo para la salud. Es posible que exista una relación entre concentración y el aumento en la percepción del sabor dulce, y a su vez, una potenciación del sabor a frutos rojos en las berries.
- El análisis instrumental determinó que la aplicación de soluciones desinfectantes (NaClO, Plata ionizada y SES) a las berries no genera cambios significativos en las coordenadas CIE L*a*b*. Sin embargo, la evaluación sensorial demostró que las berries desinfectadas con Plata ionizada tienen un aspecto más brillante.
- En cuanto a parámetros fisicoquímicos (°Bx, pH, Acidez titulable, Azúcares reductores), no se establecieron diferencias significativas generadas por la aplicación de los tratamientos.

8. Bibliografía

- Ábrego, O. (2023). *Eriófidos asociados al cultivo de zarzamora (Rubus subgénero Rubus) y distribución intra-planta de Phyllocoptes gracilis (Nalepa) (Acari: Eriophyidae) en Michoacán*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional TESIUNAM. <http://132.248.9.195/ptd2023/febrero/0835921/Index.html>
- Almenar, R. (2005). *Envasado activo de fresas silvestres*. [Tesis de doctorado, Universitat de Valencia]. Repositorio Institucional. <http://hdl.handle.net/10803/10062>
- Almonacid, C. (2012). *Descripción del modelo de color HSL (Hue, Saturation, Lightness)*. Universidad Autónoma de Madrid. <http://guiadigital.uam.es>
- Andreu-Coll, L., Noguera-Artiaga, L., Carbonell-Barrachina, Á.A., Legua, P. and Hernández, F. (2020). Volatile composition of prickly pear fruit pulp from six Spanish cultivars. *Journal of Food Science*, 85(2), 358-363. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15001>
- Association of Official Analytical Chemistry [AOAC]. (2005). *Official Methods Analysis*. 18. Gaithersburg: AOAC International.
- Badui Dergal, S. (2018). *Química de los alimentos* (Sexta edición). Pearson Educación.
- Barillo, D. J., & Marx, D. E. (2014). Silver in medicine: A brief history BC 335 to present. *Burns*, 40(1), S3-S8. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2014.09.009>.
- Barrett, D. M., Beaulieu, J. C., & Shewfelt, R. (2010). Color, Flavor, Texture, and Nutritional Quality of Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Desirable Levels, Instrumental and Sensory Measurement, and the Effects of Processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(5), 369–389. <http://doi.org/10.1080/10408391003626322>
- Bartz, J. A. (1988). Potential for postharvest disease in tomato fruit infiltrated with chlorinated water. *Plant Disease* 72:9-13.

- Bartz, J.A., Brecht, J.K. (2002). *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables* (Segunda edición). CRC Press.
- Berdejo Embid, L., & Mir Marín, J. M. (2020). *Determinación de Plata mediante EAA con Llama en material biológico. Influencia del tipo de muestra y la puesta en disolución de la misma sobre los resultados obtenidos*. Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/97956>
- Borja, R. (2010). Estudio de la conservación de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamientos térmicos. [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio institucional <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/865/1/AL427%20Ref.%203273.pdf>
- Cable News Network [CNN]. (2023). *Investigan un brote de hepatitis A posiblemente relacionado con fresas orgánicas frescas en Estados Unidos* <https://cnnespanol.cnn.com/2022/05/30/hepatitis-a-fresas-fda-investigacion-trax/>
- Calderón, R. R., Muñoz, O. F., & Flores, J. H. C. (2016). Estudio del consumo de azúcares reductores durante la fermentación alcohólica del mosto de uva Italia para la obtención de vino blanco. *Industrial data*, 19(2), 104-110. <https://doi.org/10.15381/idata.v19i2.12842>
- Chavez, I. (2011). *Biocontrol de Rhizopus Stolonifer en frutos de zarzamora (Rubus Fruticosus) empleando microbiota nativa, asociada a la planta* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional]. Repositorio institucional <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/8008>
- Choudhury, A. K. R. (2014). Colour measurement instruments. *Principles of Colour and Appearance Measurement*, 221–269. <https://doi.org/10.1533/9780857099242.221>
- Colín-Ramírez, E., Espinosa-Cuevas, Á., Miranda-Alatríste, P. V., Tovar-Villegas, V. I., Arcand, J., & Correa-Rotter, R. (2017). Food sources of sodium intake in an adult Mexican population: a sub-analysis of the SALMEX study. *Nutrients*, 9(8), 810. <https://doi.org/10.3390/nu9080810>

- Coutiño R., Elda M. D. R. (2015). Plata Coloidal: Xenobiótico, Antígeno y Disruptor Hormonal. *REB. Revista de educación bioquímica*, 34, 10-25. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-19952015000100010&lng=es&tlng=es.
- Cruz, Z. (2024). *Ingesta de Sodio en pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2, Hipertensión Arterial, Obesidad y su asociación con el Sodio en orina*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional TESIUNAM. <http://132.248.9.195/ptd2023/agosto/0844326/Index.html>
- Diario Oficial de la Unión Europea (2017, 14 de julio). Reglamento de Ejecución (UE) 2017/1274.Comisión europea. http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2017/1274/oj
- Dobronsky, A. (2013). Evaluación fisicoquímica del fruto de fresa (*Fragaria vesca*) en almacenamiento, en el cantón Cevallos de la Provincia Tungurahua. *Investigación Y Desarrollo*, 6(2), 71–77.
- Escobedo, E. (2012). *Comparación de las características sensoriales, textura y color de zarzamoras silvestres y comerciales*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional TESIUNAM. <http://132.248.9.195/ptd2012/septiembre/0684390/Index.html>
- Fan-Chiang, Ho-Ju, y Wrolstad R. (2010). Sugar and Nonvolatile Acid Composition of Blackberries. *Journal of International*. 93(3), 956-965. <https://doi.org/10.1093/jaoac/93.3.956>
- FAOSTAT. 2019. The statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/T/TP/S>.
- Feliziani, E., Lichter, A., Smilanick, J. L., Ippolito, A. (2016). Disinfecting agents for controlling fruit and vegetable diseases after harvest. *Postharvest Biology and Technology*, 122, 53–69. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.016>

- Fischer, G., López-Valencia, D., Sánchez-Gómez, M., & Acuña-Caita, J. F. (2018). Propiedades fisicoquímicas de siete variedades destacadas de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivadas en Cundinamarca (Colombia), durante su maduración. *Ciencia Y Tecnología Agropecuaria*, 19(1), 163–178. https://doi.org/10.21930/rcta.vol19_num1_art:848
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2003). *Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas*. Balcarce:FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (2023). *Chlorine in food processing*. <https://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/chlorine/en/>
- Food and Drugs Administration [FDA]. (2022). *Food Irradiation: What You Need to Know*. <https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/food-irradiation-what-you-need-know>
- Fundación Española de Nutrición [FEN]. (2018). *La alimentación española. Características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta*. <https://www.fen.org.es/storage/app/media/imgPublicaciones/2018/libro-la-alimentacion-espanola.pdf>
- García-Robles, J. M., Medina-Rodríguez, L. J., Mercado-Ruiz, J. N., & Báez-Sañudo, R. (2017). Evaluación de desinfectantes para el control de microorganismos en frutas y verduras. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18(1), 9-22. <https://www.redalyc.org/pdf/813/81351597002.pdf>
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez, J. M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., y Battino, M. (2012). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. *Nutrition*, 28(1), 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.08.009>
- Gómez-López, V. (2012). *Decontamination of Fresh and Minimally Processed Produce*. Wiley-Blackwell <https://doi.org/10.1002/9781118229187>
- Gómez-Aldapa, C. A., Portillo-Torres, L. A., Villagómez-Ibarra, J. R., Rangel-Vargas, E., Téllez-Jurado, A., Cruz-Gálvez, A. M., & Castro-Rosas, J. (2018). Survival of foodborne bacteria on strawberries and antibacterial activities of Hibiscus

sabdarriffa extracts and chemical sanitizers on strawberries. *Journal of Food Safety*, 38(1), e12378.

Gunness, P., Kravchuk, O., Nottingham, S., D'Arcy, B., Gidley, M. (2009). Sensory analysis of individual strawberry fruit and comparison with instrumental analysis. *Postharvest Biology and Technology*, 52(2), 164-172. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2008.11.006>

Gutiérrez, C.C., Olvera, D.P., y Zavala, M.E. (2009). Efecto de una solución electrolizada de superoxidación con pH neutro sobre la infección del virus de influenza A en células MDCK. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias*, 22(4), 280-287

Hannum S. M. (2004). Potential impact of strawberries on human health: a review of the science. *Critical reviews in food science and nutrition*, 44(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/10408690490263756>

Hassimotto, N. M. A., Mota, R. V. da., Cordenunsi, B. R., & Lajolo, F. M. (2008). Physico-chemical characterization and bioactive compounds of blackberry fruits (*Rubus* sp.) grown in Brazil. *Food Science and Technology*, 28(3), 702–708. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300029>

Hossain, A., Begum, P., Zannat, M., Rahman, H., Ahsan, M., Nazrul, S. (2016). Nutrient composition of strawberry genotypes cultivated in a horticulture farm. *Food Chemistry*, 199(1), 648-652. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.056>

Hussain, S., Naseer, B., Qadri, T., Tabasum, F., Tashooq, B. (2021). *Fruits Grown in Highland Regions of the Himalayas Strawberry*. Shalimar: Springer Cham.

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán Dirección de Nutrición. [INCMNSZ] (2015). *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios (versión condensada 2015)* https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (2022, 28 de noviembre). *Al rescate y atención integral al cultivo de zarzamora*. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/al-rescate-y-atencion-integral-al-cultivo-de-zarzamora?idiom=es>
- ISO (2007). ISO 8589:2007 (E). *Sensory analysis—general guidance for the design of testrooms*. Geneva, Switzerland: The International Organization of Standardization.
- Jacques, A. C., Chaves, F. C., Zambiasi, R. C., Brasil, M. C., & Caramão, E. B. (2014). Bioactive and volatile organic compounds in Southern Brazilian blackberry (*Rubus Fruticosus*) fruit cv. Tupy. *Food Science and Technology*, 34(3), 636–643. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6243>
- Jorge, P., Troncoso, L. (2016). Capacidad antioxidante del fruto de la *Opuntia apurimacensis* (ayrampo) y de la *Opuntia ficus-indica* (tuna). *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(2), 105-109. <https://dx.doi.org/10.15381/anales.v77i2.11812>
- Julio-González, Lesbia C., Matas, Antonio J., & Mercado, José A. (2018). Caracterización de indicadores de la calidad del fruto en líneas de fresa transgénicas con genes silenciados que codifican para enzimas pectinolíticas. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 20(1), 42-50 <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v20n1.73673>
- Kähkönen, M. P., Hopia, A. I., & Heinonen, M. (2001). Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(8), 4076–4082. <https://doi.org/10.1021/jf010152t>
- Kallio, H., Hakala, M., Pelkkikangas, A.-M., Lapveteläinen, A. (2000). Sugars and acids of strawberry varieties. *European Food Research and Technology*, 212, 81–85. <https://doi.org/10.1007/s002170000244>

- Kaume, L., Howard, L. R., & Devareddy, L. (2012). The Blackberry Fruit: A Review on Its Composition and Chemistry, Metabolism and Bioavailability, and Health Benefits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(23), 5716–5727. <https://doi.org/10.1021/jf203318p>
- Kędziora, A., Speruda, M., Krzyżewska, E., Rybka, J., Łukowiak, A., & Bugla-Płoskońska, G. (2018). Similarities and Differences between Silver Ions and Silver in Nanoforms as Antibacterial Agents. *International journal of molecular sciences*, 19(2), 444. <https://doi.org/10.3390/ijms19020444>
- Kumar, J.S. (2017). The Psychology of Colour Influences Consumers' Buying Behaviour – A Diagnostic Study. *Journal of business management*, 16, 1-13. <http://doi.org/10.12725/ujbm.41.1>.
- Labra, C. (2022). *Expansión del monocultivo de fresa y sus impactos socioambientales en el corredor agrícola "Morelia-Pátzcuaro" en el Estado de Michoacán, México*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional TESIUNAM. <http://132.248.9.195/ptd2022/mayo/0825744/Index.html>
- Laguna, D. (2018). *Identificación de fresa (Fragaria x ananassa) genéticamente modificada en productos frescos y comerciales en México mediante PCR* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional TESIUNAM <http://132.248.9.195/ptd2018/noviembre/0782453/Index.html>
- López, E. (2016). *Estudio experimental del proceso de secado solar directo e indirecto y su efecto sobre la capacidad antioxidante de la fresa (Fragaria x ananassa), arándano azul (Vaccinium corymbosum) y zarzamora (Rubus fruticosus)*. [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional TESIUNAM. <http://132.248.9.195/ptd2016/septiembre/0750338/Index.html>
- Ly, B., Dyer, E., Feig, J., Chien, A., y Bino, S. (2020). Research Techniques Made Simple: Cutaneous Colorimetry: A Reliable Technique for Objective Skin Color

- Measurement. *Journal of Investigative Dermatology*. 140(1), 3-12.
<https://doi.org/10.1016/j.jid.2019.11.003>
- Martínez-Cruz, N. D. S., Arévalo-Niño, K., Verde-Star, M. J., Rivas-Morales, C., Oranday-Cárdenas, A., Núñez-González, M. A., & Morales-Rubio, M. E. (2011). Antocianinas y actividad anti radicales libres de *Rubus adenotrichus* Schltdl (zarzamora). *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 42(4), 66-71. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-01952011000400007&lng=es&tlng=es
- Mendoza, I. C., Luna, E. O., Pozo, M. D., Vásquez, M. V., Montoya, D. C., Moran, G. C., Romero, L. G., Yépez, X., Salazar, R., Romero-Peña, M., León, J. C. (2022). Conventional and non-conventional disinfection methods to prevent microbial contamination in minimally processed fruits and vegetables. *Lebensmittel-Wissenschaft + [i.e. und] Technologie. Food science + technology. Science + technologie alimentaire*, 165, 113714.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113714>
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., Cuadrado, C. (2013). *Tablas de Composición de Alimentos*. 19. Madrid. Ediciones Pirámide.
- Morones-Ramírez, R., (2009). El uso de la Plata en los antibióticos del futuro. *Revista Digital Universitaria*. 10(10), 1-13.
<http://www.revista.unam.mx/vol.10/num10/art69/int69.htm>
- Mostafidi, M., Sanjabi, M., Shirkhan, F., Zahedi, M. (2020). A review of recent trends in the development of the microbial safety of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 103(1), 321–332.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.009>
- Myers, D. (2019). Innovations in Monitoring With Water-Quality Sensors With Case Studies on Floods, Hurricanes, and Harmful Algal Blooms. Evaluating Water Quality to Prevent Future Disasters. *Separation Science and Technology*, 11(1), 219–283. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815730-5.00010-7>

Namesny, A., Conesa, C., Olmos, L. M., Papasseit, P. (2022). *Cultivo, poscosecha, procesamiento y comercio de berries*. SPE3, S.L.
<https://www.bibliotecahorticultura.com/publicaciones/frutas/berries/cultivo-poscosecha-procesado-y-comercio-de-berries/>

National Institutes of Health [NIH]. (2021, 29 de marzo). *Manganese*.
<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Manganese-HealthProfessional/>

National Institutes of Health [NIH]. (2022, 30 de noviembre). *Folate*.
<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Folate-HealthProfessional/>

Nielsen S. S. (1998). *Food analysis*. 2. Springer. Gaithersburg: Aspen Publishers.

Nielsen, S. S. (Ed.). (2003). *Food analysis laboratory manual* (p. 557). New York, NY, USA: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

North Carolina State Center for Health Statistics [NCSCHS]. (2020, 3 de agosto). *Diseases and Topics: Food Poisoning & Food-Borne Illnesses*.
<https://epi.dph.ncdhhs.gov/cd/diseases/food.html>

Organismo Internacional Regional de la Sanidad Agropecuaria (2020). *Guía para uso de cloro en desinfección de frutas y hortalizas de consumo fresco, equipos y superficies en establecimientos*. Dirección Regional de Inocuidad de los Alimentos
<https://www.oirsa.org/contenido/2020/Guia%20para%20uso%20de%20cloro%20como%20desinfectante%20en%20establecimientos%2023.06.2020.pdf>

Organización Mundial de la Salud [OMS] (2023, 14 de septiembre). *Sodium reduction*
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>

Oros, A. (2023). *Caracterización de tunas (Opuntia spp.) del Valle de Teotihuacán y del Altiplano Mexicano: parámetros físicos, fisicoquímicos y perfil sensorial*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México].

<http://132.248.9.195/ptd2023/agosto/0843368/Index.html>

Perkin-Elmer Corporation (1996). *Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry* (Perkin-Elmer Corp.).

Popova, T. (2019). Disinfection of Fruits with Activated Water. *Journal of Advances in Agriculture*, 10, 1864-1872.

Procuraduría Federal del Consumidor [PROFECO] (2013). *Revista del Consumidor: Sodio en bolillo y pan de caja*
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/100431/RC432_Estudios_Calidad_Pan.pdf

PRODUCE PAY. (2021). *Strawberry analysis 2021; production, prices & COVID*.
<https://unindexed-files.s3.us-west-2.amazonaws.com/whitepaper-strawberry.pdf>

Qin, G. F., Li, Z. Y., Chen, X. D., Russell, A. B. (2002). An experimental study of an NaClO generator for anti-microbial applications in the food industry. *Journal of Food Engineering*, 54(2), 111–118. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00191-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00191-1).

Rahman, S. M. E., Khan, I., & Oh, D. H. (2016). Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: current trends and future perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 471-490.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12200>

Rahman, S.M., Ding, T., Oh, D.H. (2010). Inactivation effect of newly developed low concentration electrolyzed water and other sanitizers against microorganisms on spinach. *Food Control*, 21(10), 1383–1387.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2010.03.011>

Ramírez P., Cauich, C., Fernández, V., Martínez, L., Pérez, Fernández, P. (2020). Análisis de los indicadores de competitividad de las exportaciones de fresa mexicana. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 11(4), 815–827.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2049>

- Ramírez-Orejuel, J. C., & Cano-Buendía, J. A. (2020). Applications of electrolyzed water as a sanitizer in the food and animal-by products industry. *Processes*, 8(5), 534. <https://doi.org/10.3390/pr8050534>
- Ramírez-Padrón, L. C., Caamal-Cauich, I., Pat-Fernández, V. G., Martínez-Luis, D. (2016). Índices de Competitividad de la Fresa (*Fragaria vesca* L.) de México en el Mercado Mundial. *AGROProductividad*, 9(5). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/756>
- Rebezov, M., Saeed, K., Khaliq, A., Rahman, S.J.U., Sameed, N., Semenova, A., Khayrullin, M., Dydykin, A., Abramov, Y., Thiruvengadam, M. (2022). Application of Electrolyzed Water in the Food Industry: A Review. *Applied Sciences*, 12(13), 6639. <https://doi.org/10.3390/app12136639>
- Restrepo, F., Aristizábal T. (2010). Conservación de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch cv. Camarosa) mediante la aplicación de recubrimientos comestibles de gel mucilaginoso de penca de sábila (*Aloe barbadensis* Miller) y cera de carnauba. *Vitae*, 17(3), 252-263.
- Rodríguez, C., González, G. y Gómez, M. (2016). Fresa transgénica: importancia, beneficios y avances científicos en México. *Reaxión*, 3(2), 10-13. http://reaxion.utleon.edu.mx/Reaxion_a3_numero_2.pdf
- Rodríguez, H. (2018). *Evaluación del Efecto Conservador de la Solución Electrolizada Superoxidante (SES) con pH neutro en pechuga de pollo almacenada en refrigeración*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio Institucional TESIUNAM <http://132.248.9.195/ptd2018/septiembre/0780461/Index.html>
- Rojas, J. M., Peñuela, A. E., Gómez, C. R., Aristizábal, G. E., MC, C. C., & López, J. A. (2004). *Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad*. Repositorio digital del Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFE). <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/828>

- Salleh, A., Naomi, R., Utami, N. D., Mohammad, A. W., Mahmoudi, E., Mustafa, N., y Fauzi, M. B. (2020). The Potential of Silver Nanoparticles for Antiviral and Antibacterial Applications: A Mechanism of Action. *Nanomaterials*, 10(8), 1566. <https://doi.org/10.3390/nano10081566>
- Sappi Fine Paper North America. (2013). *Defining and Communicating Color: The CIELAB System*. Printer Technical Service. <https://cdn-s3.sappi.com/s3fs-public/sappietc/Defining%20and%20Communicating%20Color.pdf>
- Sauceda, D. G., Urrutia-Baca, V. H., Gómez-Flores, R., De La Garza-Ramos, M. A., Tamez-Guerra, P., y Orozco-Flores, A. (2019). Antimicrobial and Anti-Biofilm Effect of an Electrolyzed Superoxidized Solution at Neutral-pH against *Helicobacter pylori*. *BioMed Research International*, 2019(1), 6154867–6154869. <https://doi.org/10.1155/2019/6154867>
- Scientific Committee on Consumer Safety. (2018). *Opinion on Colloidal Silver (nano)*. European Commission. https://health.ec.europa.eu/system/files/2019-02/sccs_o_219_0.pdf
- Scott, A. (2008). Safe Handling of Fresh Strawberries. *Texas A&M Agrilife Extension*. 9(3), 36-37
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2016). *Panorama Agroalimentario Berries 2016*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200633/Panorama_Agroalimentario_Berries_2016.pdf
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2021). *Zarzamora, la frutilla número uno de México*. Gobierno de México <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/zarzamora-la-frutilla-numero-uno-de-mexico>

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural [SADER]. (2022). *Panorama Agroalimentario 2022*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (1982). NMX-FF-011-1982. Productos alimenticios no industrializados, para uso humano - fruta fresca - determinación de acidez titulable - método de titulación. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (1987). NMX-AA-100-1987. Calidad del agua. Determinación de cloro total. Método iodométrico. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial. (1978, 23 de mayo). NOM-F-317-S-1978. Determinación de pH en Alimentos. Diario Oficial de la Federación. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4704689&fecha=23/05/1978#gsc.tab=0
- Secretaría de Salud. (2012, 28 de mayo). NOM-043-SSA2-2012, Servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5285372&fecha=22/01/2013#gsc.tab=0
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP]. (2018). *Zarzamora: fruta que seduce el paladar*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/articulos/zarzamora-fruta-que-seduca-el-paladar>
- Servicio de Investigación Económica del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [ERS-USDA] (2010). Zarzamora: productores, exportadores e importadores. <https://www.ams.usda.gov/>
- Severiano-Pérez, Patricia. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?. *Inter disciplina*, 7(19), 47-68. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>

- Spíndola Félix, N., Rojas Wastavino, G., de Haro Arteaga, I., Cabrera Bravo, M., & Salazar Schettino, P. M. (1996). Parasite search in strawberries from Irapuato, Guanajuato and Zamora, Michoacan (Mexico). *Archives of medical research*, 27(2), 229–231.
- Stanley, D. (1997). *Background: Food Irradiation*. United States Department of Agriculture [USDA] <https://www.ars.usda.gov/news-events/news/research-news/1997/backgrounder-food-irradiation/>
- Suslow, T. V. (2004). Oxidation-Reduction Potential (ORP) for Water Disinfection Monitoring, Control, and Documentation. *Universidad de California, Division of Agriculture and Natural Resources*, 1730, 498 <https://doi.org/10.3733/ucanr.8149>
- Talens-Oliag, P. (2017). *Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB*. Universitat Politècnica de València. <http://hdl.handle.net/10251/83392>
- Tenorio, R. (2010). *Análisis de componentes volátiles y semivolátiles de diferentes variedades de fresa utilizando microextracción en fase sólida seguida de cromatografía de gases-espectrometría de masas*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional TESIUNAM. <http://132.248.9.195/ptd2010/abril/0656837/Index.html>
- Terrones Rodríguez, A. I., Caamal Cauich, I., Pat Fernández, V. G., Ávila Dorantes, J. A., Martínez Luis, D., & Caamal Pat, Z. H. (2022). Análisis de las variables económicas que determinan las exportaciones de fresa de México a Estados Unidos de América. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 13(4), 631–640. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i4.2532>
- Torres-Rosales, E., Rivera-García, A., Rosario-Pérez, P. J., Ramírez-Orejón, J. C., Páez-Esquiliano, D., Martínez-Vidal, S., Guzmán-Olea, E., & Cano-Buendía, J. A. (2020). Application of Neutral Electrolyzed Water on pork chops and its impact on meat quality. *Scientific reports*, 10(1), 19910. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76931-4>

- Tosun, I., Ustun, N. S., y Tekguler, B. (2008). Physical and chemical changes during ripening of blackberry fruits. *Scientia Agricola*, 65(1), 87–90. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000100012>
- United States Department of Agriculture [USDA]. Foreign Agricultural Service. (2019, 1 de abril). *FoodData Central: Strawberry Raw*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/167762/nutrients>
- United States Department of Agriculture [USDA]. Foreign Agricultural Service. (2019, 1 de abril). *FoodData Central: Blackberry Raw*. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/173946/nutrients>
- Väkeväinen, K., Hernández, J., Simontaival, A.-I., Severiano-Pérez, P., Díaz-Ruiz, G., von Wright, A., Plumed-Ferrer, C. (2020). Effect of different starter cultures on the sensory properties and microbiological quality of Atole agrio, a fermented maize product. *Food Control*, 109(106907), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106907>
- Valencia, C., & Guevara, A. (2013). Elaboración de néctar de zarzamora (*Rubus fruticosus* L.). *Scientia Agropecuaria*, 4(2), 101-109. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2013.02.03>
- Valencia, C., y Guevara, A. (2013). Elaboration of wild blackberry (*Rubus fruticosus* L.) nectar. *Scientia Agropecuaria*, 4(2), 101-109. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2013.02.03>
- Valero, G., Rodríguez, P., Ruiz E., Ávila, J., Varela, G. (2018). *La alimentación española*. (Segunda edición). Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Wu, Di & Sun, Da-Wen. (2012). Colour measurements by computer vision for food quality control – A Review. *Trends in Food Science & Technology*, 29, 5-20. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.08.004>.

- Yin, I. X., Zhang, J., Zhao, I. S., Mei, M. L., Li, Q., & Chu, C. H. (2020). The Antibacterial Mechanism of Silver Nanoparticles and Its Application in Dentistry. *International journal of nanomedicine*, 15, 2555–2562. <https://doi.org/10.2147/IJN.S246764>
- Zamorska, I. (2023). *Recent Studies on Strawberries*. Çukurova: IntechOpen.
- Zang, Shuang; Tian, Sizhu; Jiang, Jia; Han, Dandan; Yu, Xinyu; Wang, Kun; Li, Dan; Lu, Dayong; Yu, Aimin; Zhang, Ziwei. (2017). Determination of antioxidant capacity of diverse fruits by electron spin resonance (ESR) and UV–vis spectrometries. *Food Chemistry*, 221, 1221-1225. <https://doi:10.1016/j.foodchem.2016.11.036>
- Zaragoza, R. (2013). *Evaluación de Técnicas Hidropónicas de Producción en el Cultivo de Fresa (Fragaria x ananassa) Bajo Invernadero* [Tesis de maestría, Centro de Investigación en Química Aplicada]. Repositorio institucional <http://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1025/67>
- Zhang, W., Cao, J., Jiang, W. (2021). Application of electrolyzed water in postharvest fruits and vegetables storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 599–607 <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.005>

9. Anexo

Anexo 1. Descripción y escala de los atributos evaluados en fresas y zarzamoras.

	ATRIBUTO	ESCALA		DESCRIPCIÓN DEL ATRIBUTO
APARIENCIA	Brillo	Opaco	Brillante	Aspecto brillante o lustroso resultante de la tendencia de una superficie a reflejar la energía luminosa en un ángulo más que en otros.
	Color rojo	Blanco	Rojo	Sensación de matiz, saturación y luminosidad inducida por la estimulación de la retina por rayos de luz percibida.
	Color púrpura	Rojo	Púrpura	Sensación de matiz, saturación y luminosidad inducida por la estimulación de la retina por rayos de luz percibida.
	Homogeneidad	Homogéneo	Heterogéneo	Homogeneidad en el aspecto de la berrie (principalmente color).
	Frescura	Poca	Mucha	Percepción de una fruta en su estado óptimo de consumo.
	Cantidad de semillas	Poca	Mucha	Cantidad de semillas percibidas en la muestra en un bocado.
OLOR	Dulce	Poco	Mucho	Notas dulces características de las frutas.
	Ácido	Poco	Mucho	Olor a ácido cítrico, semejante al limón.
	Frutal	Poco	Mucho	Olor que evoca o recuerda el olor característico de las frutas maduras o frescas.
	Cítrico	Poco	Mucho	Olor asociado con una impresión general de frutas cítricas.
	Fresco	Poco	Mucho	Olores ligeros y nítidos asociado con elementos naturales o frescos (fruta en su estado óptimo de madurez).
	Herbal/ Nota verde	Poco	Mucho	Olor asociado con pasto recién cortado o al té verde.
	Frutos rojos	Poco	Mucho	Olor intenso asociado con una variedad de berries como las fresas, zarzamoras, frambuesas o arándanos.
	Zarzamora	Poco	Mucho	Olor característico asociado a la zarzamora (dulce, afrutado, floral,

			ligeramente ácido y en ocasiones amaderado).
Fresa	Poco	Mucho	Olor característico asociado a la fresa, percibido (dulce, ligeramente ácido, floral y afrutado).
Tuna	Poco	Mucho	Olor característico a tuna (<i>Opuntia</i> spp.), descrito como dulce y ligeramente frutal.
Humedad	Poco	Mucho	Percepción sensorial que se asocia comúnmente con la acumulación de humedad, suele describirse como un olor desagradable, terroso o mohoso.
Fermentado	Poco	Mucho	Característica aromática asociada a frutas más allá de su madurez óptima. Puede percibirse pungente, dulce, ligeramente ácido, asociado a levadura, similar al alcohol de productos fermentados.
Intensidad de olor a fresa	Poco	Mucho	Magnitud de la sensación del olor a fresa
Intensidad de olor a zarzamora	Poco	Mucho	Magnitud de la sensación del olor a zarzamora
SABOR	Dulce	Poco	Sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de sustancias naturales o artificiales que producen un gusto dulce como sacarosa o aspartamo.
	Ácido	Poco	Sensación compleja gustativa, generalmente debida a la presencia de ácidos orgánicos, asociada con limón.
	Amargo	Poco	Sabor básico producido por soluciones acuosas diluidas de diversas sustancias como la quinina o la cafeína que producen un gusto amargo.
	Frutal	Poco	Percepción gustativa que evoca el sabor característico de frutas maduras y frescas.
	Nota verde	Poco	Sabor que evoca elementos frescos y herbáceos, similar a hierbas verdes, vegetales frescos o frutas inmaduras.

	Frutos rojos	Poco	Mucho	Sabor intenso asociado con una variedad de berries como las fresas, zarzamoras, frambuesas o arándanos.
	Tuna	Poco	Mucho	Sabor característico de la fruta llamada "tuna" (<i>Opuntia spp.</i>), descrito como dulce y ligeramente frutal.
	Fermentado	Poco	Mucho	Característica gustativa asociada a frutas más allá de su madurez óptima. Puede percibirse pungente, dulce, ligeramente ácido, asociado a levadura, similar al alcohol de productos fermentados.
TEXTURA	Dureza	Suave	Duro	Fuerza requerida entre los dientes incisivos para lograr una deformación o penetrar la muestra
	Jugosidad	Seco	Jugoso	Cantidad de líquido desprendida por la muestra cuando fue mordida para evaluar la dureza
	Crujiente	Poco	Mucho	Sonido que produce la muestra cuando la empieza a masticar
	Granulosidad	Baja	Alta	Percepción del tamaño, forma y cantidad de partículas y/o semillas que presenta la muestra después de 3 mordidas.
	Cohesividad	Suelta	Compacta	Atributo textural mecánico relacionado con el grado en que una sustancia puede deformarse antes de romperse
	Masticabilidad	Baja	Alta	Cantidad de veces que tiene que masticar la muestra para poder deglutirla
	Aterciopelada	Poco	Mucho	Sensación suave en boca
	Adhesividad	Poca	Mucha	Atributo textural mecánico relacionado con la fuerza requerida para eliminar el material que se adhiere a dientes y paladar durante la masticación
RESABIO (Sensaciones percibidas en la garganta después de deglutir el alimento)	Amargo	Poco	Mucho	Percepción en la garganta de gusto amargo.
	Astringente	Poco	Mucho	Sensación de sequedad, percibida en la cavidad bucal (no en lengua) acompañada de un fuerte encogimiento de los tejidos
	Metálico	Poco	Mucho	Percepción en garganta de sabor metálico.

Los atributos en color rojo y púrpura corresponden a los atributos evaluados en fresas y zarzamoras, respectivamente. En tanto que los atributos restantes fueron evaluados en ambas berries.