



UNIVERSIDAD MICHOCANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGÍA

ELABORACIÓN DE UN QUESO FORTIFICADO CON HARINAS DE BERRIES CON PROPIEDADES DE ALIMENTO FUNCIONAL

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE QUÍMICO FARMACOBIOLOGO

PRESENTA

EVA GUADALUPE MURILLO DELGADO

ASESORES:

DR. RAFAEL ZAMORA VEGA

DR. JOSÉ OCTAVIO RODILES LÓPEZ

**MORELIA, MICHOCÁN
DICIEMBRE 2022**

DEDICATORIA

Quiero dedicar el esfuerzo invertido en este trabajo, toda la trayectoria, logros y metas:

A mis papás, Héctor Murillo Serrato y Gloria Cristina Delgado Ramírez, por su amor y apoyo a lo largo de este camino, que sin ustedes nada de esto sería posible. Aún queda un camino largo por recorrer, sabemos que este es solo el comienzo, pero que seguiremos caminando unidos con amor y prosperidad.

A mis hermanas, Esmeralda Murillo Delgado y Evelyn Nataly Murillo Delgado por el ánimo y apoyo que me han brindado, por su compañía y amor, sabiendo que estaremos para vernos crecer y apoyarnos incondicionalmente.

AGRADECIMIENTOS

La gratitud nos lleva a notar las cosas buenas que hay en esta vida, el mérito de este trabajo no solo me corresponde a mí, también es el fruto del esfuerzo y colaboración de muchas más personas, y es por ello por lo que quiero agradecer, desde lo más profundo de mi corazón...

A mis asesores, el Dr. José Octavio Rodiles López y el Dr. Rafael Zamora Vega, por darme la oportunidad y confianza para la elaboración de este trabajo, por apoyarme incondicionalmente, y por su importante contribución en mi formación como profesional.

Al Dr. Héctor Eduardo Martínez Flores, por su apoyo, por permitirme trabajar dentro de su laboratorio, por nutrirme con su sabiduría y contribuir en mi formación como profesional.

A la Mc. María Esther Tadeo González, a la Dra. Eunice Tranquilino Rodríguez y a la Mc. Diana Cecilia Maya Cortés, por el apoyo, consejos y conocimiento que me brindaron.

A Noé Alí Rendón Castañeda, por su confianza, amor, consejos, por todo el apoyo y ánimos que me brinda, por impulsarme a mejorar y no rendirme. El haberte conocido sin duda alguna es lo más bello que me pudo pasar en esta etapa de la vida.

A mis amigas y compañeras, Fiorella Verónica Figueroa Guido, Estefanía Gutiérrez Muñoz y Karina Yareli Hernández Alonso, por su compañía y amistad, por apoyarme en la elaboración de este trabajo y estar presentes a lo largo de esta travesía, que los días juntas sean un bonito recuerdo de lo que ha sido la universidad.

A todos los amigos que hice, a todas las personas que estuvieron para ofrecerme un consejo cuando lo necesité, a los que ya no están y a los que aún después de alejarse estuvieron para mí en esta etapa de mi vida, a mis perritas por su amor y compañía en esas noches de trabajo y estudio.

A Dios por las personas tan valiosas que puso en mi camino y por permitirme estar aquí el día de hoy.

A todos ¡Muchas gracias!

RESUMEN

Hoy en día, los consumidores buscan alimentos que además de su valor nutritivo puedan aportar otros atributos, como beneficios a la salud, por ser alimentos enriquecidos con algunos nutrientes y o suplementos dietéticos, estos últimos llamados alimentos funcionales. Algunas de las tendencias a nivel mundial es aumentar el consumo de fibra dietética y de agentes antioxidantes. El queso es un alimento con un alto valor nutricional, pero por ser un alimento de origen animal carece de fibra, y su contenido de agentes antioxidantes es bajo. Por otro lado, las frutas son ricas en fibra, y particularmente las frutas tipo berries poseen gran cantidad de agentes antioxidantes. El objetivo de esta experimentación es desarrollar un alimento funcional a partir de queso fresco fortificado con harinas obtenidas a partir de frutas berries: fresa, arándano, y zarzamora.

Las harinas se obtuvieron a partir de fruta fresca, y se deshidrataron usando un horno de secado, variando la temperatura. Se aplicaron temperaturas de 40, 50 y 60 °C, y se realizaron las curvas de secado con respecto al tiempo y contenido de humedad. Se observó un comportamiento asintótico en la concentración de humedad a partir de las 48 horas y con una humedad promedio del 12%. En función a lo anterior se decidió trabajar a 40 °C para evitar el posible daño a los compuestos antioxidantes por efecto de la temperatura. Se implementó la tecnología para preparar queso fresco por vía enzimática, cuajo, y se adicionó 10% de las diferentes harinas: queso con harina de arándano, queso con harina de fresa, queso con harina de zarzamora, y queso con una mezcla de las tres harinas en una proporción de 1/3. Se realizaron pruebas de análisis sensorial tipo hedónicas de 5 puntos usando un queso fresco comercial como testigo. Después del análisis estadístico se observó que, hubo diferencia entre el testigo y los quesos de fresa y zarzamora en todos los parámetros, a excepción de olor en el queso de fresa, mientras que no hubo diferencia entre los quesos de arándano y la mezcla de las tres harinas en todos los parámetros, a excepción de la textura en el queso con la mezcla de las tres harinas, por lo que se optó por trabajar con el queso con harina de arándano.

Una vez seleccionado el queso de mayor aceptación se llevó a cabo una caracterización bromatológica. El nuevo producto tuvo una humedad de 53.2%, 7.4% de carbohidratos, 1.9% de fibra dietética, 16.4% de proteínas, 19.9% de lípidos y 1.2% de cenizas, y con un valor calórico de 276 kcal/100 gramos. El queso fresco testigo no presentó fibra. También se realizó una caracterización de capacidad antioxidante, donde se determinaron fenoles y flavonoides totales, además de realizarse ensayos tipo DPPH[•] y ABTS^{•+}. El nuevo queso presentó mayor concentración de fenoles y flavonoides, además de actividad antioxidante, comparado con el queso fresco normal que no las presenta.

Esto nos permite concluir que se pudo desarrollar un alimento funcional a partir de queso fresco adicionado con harinas de frutas berries.

Palabras clave: berries, queso, antioxidantes, fibra, alimento funcional.

ABSTRACT

Today, consumers are looking for foods that, in addition to their nutritional value, can provide other attributes, such as health benefits, as foods enriched with certain nutrients or dietary supplements, the latter called functional foods. Some of the worldwide trends are to increase the consumption of dietary fiber and antioxidants. Cheese is a food with high nutritional value, but because it is a food of animal origin it lacks fiber, and its content of antioxidant agents is low. On the other hand, fruits are rich in fiber, and particularly berries are rich in antioxidants. The objective of this experiment is to develop a functional food from fresh cheese fortified with flours obtained from berries: strawberry, blueberry, and blackberry.

The flours were obtained from fresh fruit, and were dehydrated using a drying oven, varying the temperature. Temperatures of 40, 50 and 60 °C were applied, and drying curves were made with respect to time and moisture content. An asymptotic behavior was observed in the moisture concentration after 48 hours and with an average moisture content of 12%. Based on the above, it was decided to work at 40 °C to avoid damage to the antioxidant compounds because of temperature. The technology was implemented to prepare fresh cheese by enzymatic means, rennet, and 10% of the different flours were added: cheese with blueberry flour, cheese with strawberry flour, cheese with blackberry flour, and cheese with a mixture of the three flours in a proportion of 1/3. Five-point hedonic sensory analysis tests were conducted using a commercial fresh cheese as a control. After statistical analysis, it was observed that there was a difference between the testing and the strawberry and blackberry cheeses in all parameters, except for odor in the strawberry cheese, while there was no difference between the blueberry cheese and the mixture of the three flours in all parameters, except for texture in the cheese with the mixture of the three flours, so it was decided to work with the cheese with blueberry flour.

Once the most acceptable cheese was selected, a bromatological characterization was conducted. The new product had a moisture content of 53.2%, 7.4% carbohydrates, 1.9% dietary fiber, 16.4% protein, 19.9% lipids and 1.2% ash, and a caloric value of 276 kcal/100 grams. The control fresh cheese had no fiber. A characterization of antioxidant capacity was also conducted, where total phenols and flavonoids were determined, in addition to DPPH- and ABTS-+ type assays. The new cheese presented a higher concentration of phenols and flavonoids, as well as antioxidant activity, compared to the normal fresh cheese, which did not present them.

This allows us to conclude that it was possible to develop a functional food from fresh cheese added with berry fruit flours.

Key words: berries, cheese, antioxidants, fiber, functional food.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	1
1. EL QUESO.....	1
1.1. Historia	1
1.2. Composición.....	2
1.3. Tipos de quesos	6
1.4. Proceso de elaboración.....	7
1.5. Producción mundial y nacional	9
2. BERRIES	10
2.1. Fresa	11
2.2. Arándano.....	13
2.3. Zarzamora	15
2.4. Frambuesa	16
2.5. Resumen	18
3. SECADO.....	18
3.1. Curva de secado	20
3.2. Tipos de secado	21
4. ALIMENTOS FUNCIONALES.....	24
4.1. Antioxidantes	24
4.2. Fibra dietética.....	27
II. JUSTIFICACIÓN.....	31
III. HIPÓTESIS.....	31
IV. OBJETIVOS.....	32
1. OBJETIVO GENERAL	32
2. OBJETIVOS PARTICULARES	32
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
1. MATERIAS PRIMAS.....	33
2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	33
3. MÉTODOS.....	33
3.1. Curvas de secado de berries.....	33
3.2. Elaboración de queso fresco	34
3.3. Incorporación de harinas de berries al queso.....	35
3.4. Análisis sensoriales	36
3.5. Análisis estadísticos	37
3.6. Propiedades fisicoquímicas	37
3.7. Análisis bromatológicos.....	40
3.8. Capacidad antioxidante	42
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	46
1. CURVAS DE SECADO	46
2. QUESO Y BERRIES.....	48
2.1. Elaboración de queso fresco	48
2.2. Incorporación de las harinas de berries.....	48
2.3. Análisis sensoriales	48
3. PRODUCTO TERMINADO. QUESO ARÁNDANO	50
3.1. Propiedades fisicoquímicas	50
3.2. Análisis bromatológico.....	52

3.3. Capacidad antioxidante	54
VII. CONCLUSIONES	57
VIII. BIBLIOGRAFÍA	58

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Producción Mundial de Queso de Leche Entera de Vaca, toneladas	10
Tabla 2. Producción en México de Queso Fresco, toneladas	10
Tabla 3. Frutas Berries. Análisis Proximal. USDA, 2022. 100 g	18
Tabla 4. Antioxidantes Tipo Fenoles	26
Tabla 5. Curva de Secado. Fresa 40, 50 y 60 °C	46
Tabla 6. Análisis Sensorial. Quesos con Harinas de Berries	49
Tabla 7. Caracterización Fisicoquímica. Queso Testigo y Queso Arándano.	50
Tabla 8. Análisis de textura. Queso Testigo y Queso Arándano.	52
Tabla 9. Análisis Bromatológico. Queso Fresco y Queso Arándano. Porcentaje	52
Tabla 10. Capacidad Antioxidante.	55

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Quesos	1
Figura 2. Queso Fresco	2
Figura 3. Estructura Química de la β -Lactosa	3
Figura 4. Modelo de Morr (1967) de la Micela Caseica	4
Figura 5. Fórmula General de los Triglicéridos	5
Figura 6. Clasificación Quesos por Proceso de Elaboración	7
Figura 7. Cuajo	8
Figura 8. Berries	11
Figura 10. Fresas	12
Figura 10. Arándanos	13
Figura 11. Zarzamoras	15
Figura 12. Frambuesa	17
Figura 13. Deshidratación de Frutas	19
Figura 14. Ejemplo de Curva de Secado	20
Figura 15. Alimentos Deshidratados	21
Figura 16. Secador por Convección de Aire	22
Figura 17. Alimentos Funcionales	24
Figura 18. Clasificación de los Polifenoles	25
Figura 19. Clasificación Fibra Dietética	28
Figura 20. Alimentos Ricos en Fibra	30
Figura 21. Procedimiento Obtención de las Harinas de las Berries	34
Figura 22. Diagrama de Bloques Elaboración Queso Fresco	35

Figura 23. Queso Fresco Incorporado con Harinas de Berries	36
Figura 24. Comanda de Degustación Utilizada en Análisis Sensorial	36
Figura 25. Espacio de Color CIEL*a*b	38
Figura 26. Texture Analyzer Modelo CT3 Marca Brookfield®	38
Figura 27. Curva Modelo de Textura.....	39
Figura 28. Determinación de Agentes y Capacidad Antioxidantes.....	45
Figura 29. Gráfico Curva de Secado. Fresa 40, 50 y 60 °C	47
Figura 30. Harinas Elaboradas. Fresa, Zarzamora y Arándano	47
Figura 31. Resumen Análisis Sensorial. Quesos con Harinas de Berries	49

ÍNDICE ECUACIONES

Ecuación 1. % Ácido Láctico	37
Ecuación 2. % de Humedad.....	40
Ecuación 3. % de Cenizas	40
Ecuación 4. % de Proteínas.....	41
Ecuación 5. % Extracto Etéreo.....	41
Ecuación 6. % Fibra Dietética	42
Ecuación 7. % Inhibición DPPH	44
Ecuación 8. % Inhibición ABTS.....	44

I. INTRODUCCIÓN

1. EL QUESO

Astiasarán y Martínez (2000) definen al queso (Figura 1) como un producto alimenticio que puede ser sólido o semisólido y que se obtiene separando los componentes sólidos de la leche conformados por la cuajada de los líquidos, y a los cuales se les da el nombre de suero. Cuanto más suero se extrae, más compacto es el queso, y dependiendo de esto, podemos obtener distintas variedades de queso. Así mismo, los quesos pueden ser elaborados por métodos enzimáticos, por métodos ácidos o combinación de ambos.

La definición del queso desde un punto de vista fisicoquímico se define como un gel o malla tridimensional de fosfocaseinatos y fosfopara-k-caseinatos de calcio, donde a través de la coagulación, engloba agua, glóbulos de grasa, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas y algunas otras sustancias presentes en la leche en menores cantidades, las cuales se mantienen retenidas dentro de la fase plasmática acuosa (Walstra *et al.*, 2006; Ramírez y Vélez, 2012).



Figura 1. Quesos

1.1. HISTORIA

El queso es un alimento que se ha elaborado desde tiempos prehistóricos, a partir de la leche de distintas especies de hembras mamíferas, entre ellas las camellas y los alces hembras (Astiasarán y Martínez, 2000). Los sumerios y egipcios se encuentran entre los primeros elaboradores de queso, además de que los pastores de Israel en tiempos pre-cristianos ya lo elaboraban. En la Grecia clásica y en Roma, era considerado un alimento muy apreciado y cotidiano (Villegas y de la Huerta, 2014).

El queso llegó a México por medio de los españoles tras la conquista en el siglo XVI. Una vez introducidos en el país, paulatinamente pasaron por un proceso de mestizaje

alimentario, con la incorporación de elementos culturales y productivos nativos, así como su molido fino, el desmenuzamiento, salado en masa y el moldeado. La “mexicanización” del queso se ve aún más marcada con la incorporación de chile en el proceso o untado en la superficie de este (Villegas y de la Huerta, 2014).

Ya definidos como los primeros quesos mexicanos, se encuentran los rancheros de pasta molida, frescos, de aro; de marqueta, pasta molida, prensada, frescos, oreados o maduros; molidos escurridos, prensados, muy oreados, y secos madurados. Y a finales del siglo XIX comenzó la elaboración de los “asaderos”, de pasta hilada (Villegas y de la Huerta, 2014).

1.2. COMPOSICIÓN

El valor nutritivo de los quesos varía dependiendo del tipo de queso, ya que dentro de las distintas variedades estos difieren en sus procesos de fabricación y almacenamiento, modificando así su valor nutritivo.

En el caso de quesos frescos (Figura 2) se tiene en promedio una composición de humedad de 51.4%, proteínas de 18.1%, lípidos de 23.8%, así como 3.0% de carbohidratos y 3.7% de cenizas, además de una aportación de 299 kcal por cada 100 g. En general, los quesos madurados contienen menos humedad. Así mismo es buena fuente de calcio, aportando 566 mg por cada 100 g de queso, además de 24 mg de magnesio, 385 mg de fósforo, 129 mg de potasio, 751 mg de sodio, 2.58 mg de zinc, y 19 µg de selenio. Contiene todas las vitaminas liposolubles y todas las hidrosolubles, a excepción de la vitamina C (USDA, 2019).



Figura 2. Queso Fresco

Por otro lado, Muñoz (2010) menciona que 100 g de queso fresco de vaca ofrecen un aporte calórico de 164 kcal, con una composición de 62.7 g de humedad, 5.0 g de carbohidratos, 20.3 g de proteína y 7.0 g de lípidos. De igual manera se pueden encontrar vitaminas como la vitamina A (70 µg), tiamina (0.02 mg), riboflavina (0.24 mg) y niacina

(0.1 mg). Además de algunos minerales como calcio (684 mg), fósforo (220 mg), hierro (0.3 mg) y sodio (750 mg).

En México es una tarea complicada estandarizar la composición del queso fresco, debido a la gran cantidad de vendedores artesanales que existen a lo largo del país.

1.2.1. CARBOHIDRATOS

Los azúcares dentro de la leche se pueden dividir en tres grupos:

- Neutros, la lactosa y poli óxidos a base de lactosa y fructuosa
- Nitrogenados, la glucosamina y galactosamina N acetiladas
- Ácidos, los ácidos siálicos que se encuentran ligados a los dos grupos anteriores

(Astiasarán y Martínez, 2000).

El componente más abundante dentro de la materia seca de la leche es la lactosa (Figura 3), en una concentración de 45 a 50 g por cada litro de leche. Su poco poder edulcorante de 16 puntos (tomando de referencia a la sacarosa con un valor de 100 puntos), se ve enmascarado con la presencia de la caseína, por lo que, a la hora de la elaboración de un queso, el suero suele ser mucho más dulce que la leche, mientras que en la cuajada es al contrario, aunque esta tenga un contenido similar de lactosa (Astiasarán y Martínez, 2000; Villegas, 2004).

La mayor parte de la lactosa en la leche se pierde en el suero durante la elaboración del queso, y la lactosa residual que queda atrapada dentro de la cuajada se transforma en parte en glucosa y galactosa, para posteriormente ser metabolizados por acción de las bacterias lácticas en ácidos orgánicos solubles en agua, esto durante las primeras horas posteriores a la obtención del producto. En el caso de los quesos procesados y los quesos frescos, el contenido de lactosa y galactosa suelen ser elevados, a comparación de otros tipos de quesos como los maduros (Amuchástegui, 2015).

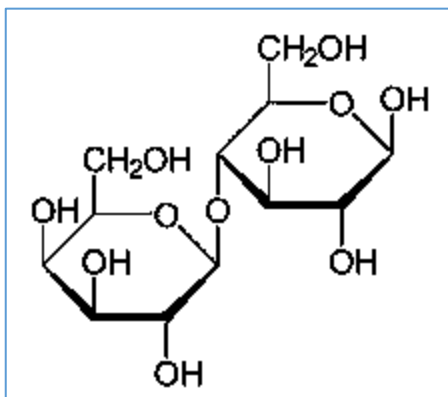


Figura 3. Estructura Química de la β -Lactosa

1.2.2. PROTEÍNAS

Las proteínas presentes en la leche corresponden al 95 % de las sustancias nitrogenadas totales, las cuales están presentes del 3.4 al 3.6 %. Estas sustancias nitrogenadas proteicas se componen de un 78 % de caseínas y un 17 % de seroproteínas (Astiasarán y Martínez, 2000).

Las seroproteínas son también llamadas proteínas del suero, debido a que son solubles en agua por lo que durante la elaboración de un queso se pierden en el suero. Dentro de éstas encontramos principalmente a las albúminas y globulinas (Astiasarán y Martínez, 2000).

Las caseínas contienen grupos fosfato, además de un gran número de aminoácidos, entre los que dominan el ácido glutámico, la leucina y la prolina, dentro de estas encontramos a las caseínas micelares y las solubles. Las caseínas son las involucradas en la elaboración de un queso, en especial las caseínas micelares. Estas pueden diferenciarse dependiendo de su contenido en aminoácidos y fosfatos en α -caseína, β -caseína y k -caseína, además de encontrarnos con la γ -caseína la cual son restos de β -caseína degradada, cada una cumple su papel para la formación de la cuajada del queso, de manera que se unen para la formación de la micela caseica como se muestra en la Figura 4 (Astiasarán y Martínez, 2000; Villegas, 2004).

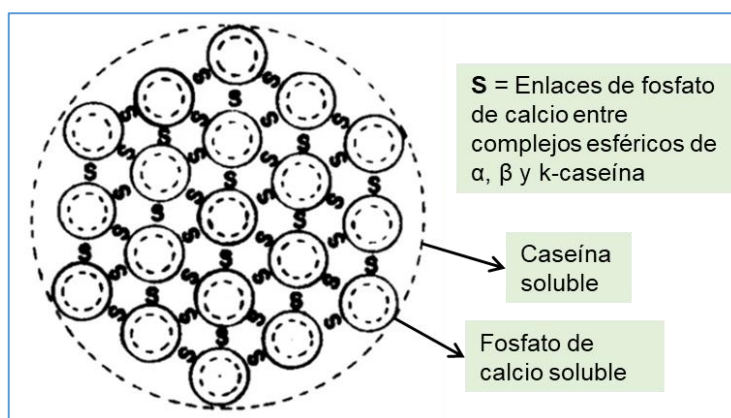


Figura 4. Modelo de Morr (1967) de la Micela Caseica

1.2.3. LÍPIDOS

A la materia grasa de la leche se le conoce también como grasa butírica, y esta se encuentra en la leche formando una emulsión de glóbulos esféricos, y cuanto mayor sea el contenido graso mayor es su tamaño. Estos están recubiertos por una membrana compuesta por proteínas, fosfolípidos, triglicéridos de alto punto de fusión y esteroides, que a su vez incluye carotenoides, vitamina A y enzimas; esta membrana es muy frágil, por

lo que es susceptible a ataques por parte de microorganismos que alteran sus propiedades, además de romperse fácilmente con descensos muy bruscos en la temperatura, provocando la unión de los glóbulos de grasa y formando lo que se conoce como nata (Astiasarán y Martínez, 2000; Villegas, 2004).

Los componentes más importantes en la grasa butírica son los triglicéridos en un 97 a 98%, los fosfolípidos de 0.2 a 1%, y los di y monoglicéridos de 0.26 a 0.52%. Además de algunos otros componentes lipídicos en pequeñas cantidades como monoglicéridos de cetoácidos, plasminógenos, ácidos grasos libres, cerebrosidos, esteroides, escualeno, carotenoides y vitaminas A, D, E y K (Villegas, 2004).

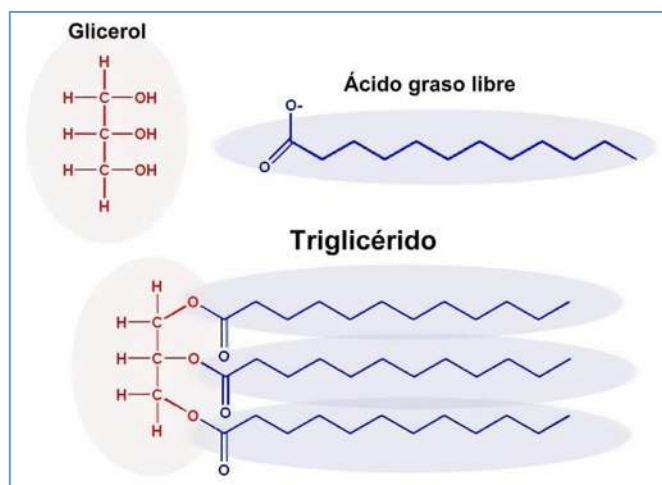


Figura 5. Fórmula General de los Triglicéridos

Los lípidos que componen a la leche se pueden clasificar en dos grupos, lípidos sencillos y lípidos complejos. Los primeros forman parte del 99 a 99.5 % de los lípidos totales, que a su vez pueden dividirse en saturados, insaturados, normales y ramificados. Aunque se han identificado más de 400 ácidos grasos diferentes, los que se encuentran de manera mayoritaria en la leche son el ácido butírico, caproico, caprílico, cáprico, láurico, mirístico, palmítico, esteárico y araquídico, dentro de los ácidos grasos saturados; mientras que dentro de los ácidos grasos insaturados encontramos al ácido tetradecanoico, oleico y linoleico. Dentro de los lípidos complejos, los cuales forman parte del 0.5 al 1 % de los lípidos totales, encontramos principalmente las lecitinas, cefalinas, esfingolípidos, y colesterol (Astiasarán y Martínez, 2000; Villegas, 2004).

La presencia de los lípidos en un queso varía dependiendo de distintos factores, como si se extrae grasa antes de la elaboración del queso, si se añade grasa durante el proceso o la cantidad de humedad que el queso contenga, ya que mientras más humedad menor será la cantidad de grasa presente (Astiasarán y Martínez, 2000).

1.2.4. VITAMINAS

Las vitaminas son sustancias orgánicas que se encuentran presentes en cantidades pequeñas en la leche, pero que son fundamentales en el crecimiento, mantenimiento y funcionamiento del cuerpo humano. Se pueden dividir en hidrosolubles y liposolubles. Dentro de las vitaminas hidrosolubles presentes en la leche encontramos a la vitamina B₁, B₂, B₁₂, C, Niacina y el ácido fólico. Mientras que, dentro de las vitaminas liposoluble encontramos a la vitamina A, D, E y K. A partir de esto se puede decir que el queso es una buena fuente de vitaminas, principalmente las vitaminas B₁ y B₂ (Astiasarán y Martínez, 2000).

1.2.5. MINERALES

Los minerales son compuestos presentes en la leche en cantidades pequeñas que se encuentran en forma de sales solubles, como cloruros, y como fase coloidal insoluble, como fosfatos; algunos otros se encuentran asociados a proteínas, y otros en menor medida formando combinaciones orgánico-fosforadas. Los principales elementos minerales en la leche son potasio, calcio, cloruros, sodio, azufre, magnesio, fósforo y citratos. Otros elementos, conocidos como oligoelementos que se encuentran en cantidades más variables son el yodo, selenio, zinc, hierro, cobre, manganeso, cadmio, bromo, silicio, cromo, entre otros (Astiasarán y Martínez, 2000; Villegas, 2004).

La cantidad de calcio y fosforo presentes en la leche son importantes a la hora de la elaboración de un queso, debido a que forman enlaces salinos de calcio, cobre, y fosfatos hidrófobos, los cuales ayudan a formar la red o malla tridimensional de micelas que forma al cuajo. Explicando de esta manera la importancia de la adición de aditivos como el cloruro de calcio que proporcionan más estabilidad y rendimiento a la cuajada (Astiasarán y Martínez, 2000; Villegas, 2004).

1.3. TIPOS DE QUESOS

Las distintas variedades de queso se pueden clasificar con base en su proceso de elaboración, como: quesos frescos, afinados (que pueden ser madurados o fermentados y dentro de los cuales encontramos los de pasta dura y pasta blanda), quesos fundidos y quesos procesados (Astiasarán y Martínez, 2000).

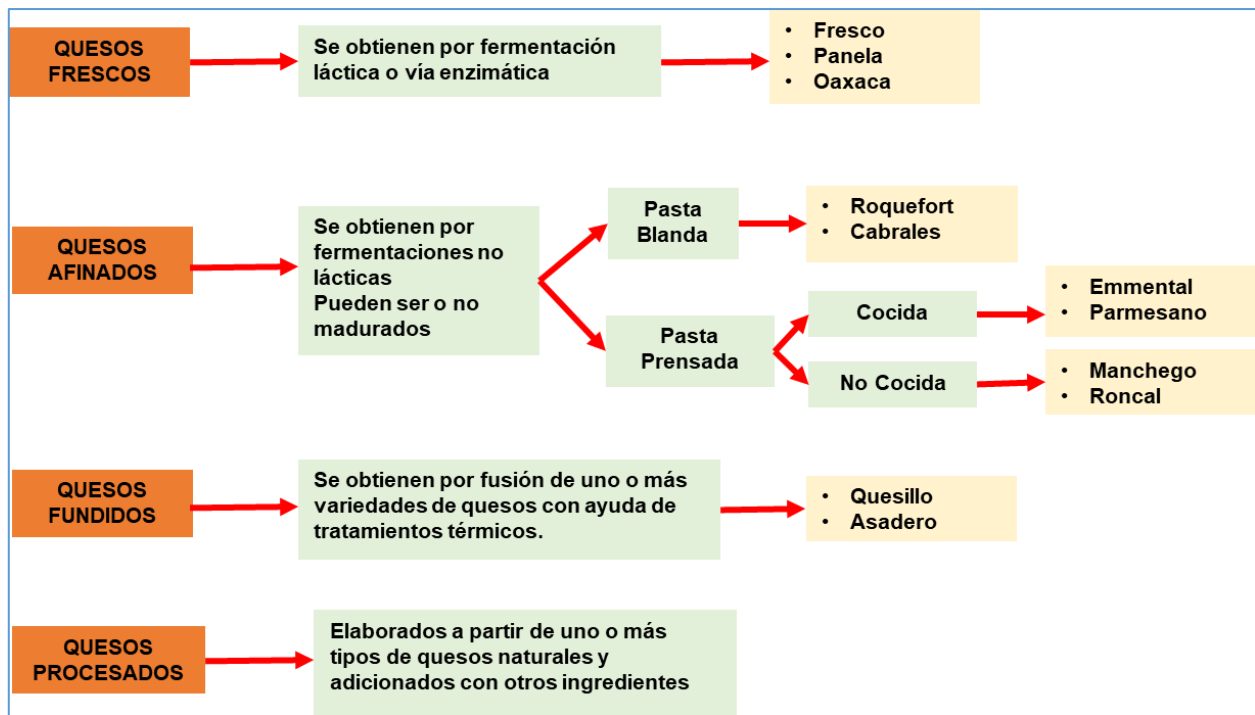


Figura 6. Clasificación Quesos por Proceso de Elaboración

1.4. PROCESO DE ELABORACIÓN

La elaboración de un queso comprende dos etapas fundamentales en su proceso, la coagulación y el desuere.

La coagulación implica desestabilizar las micelas proteicas de caseínas, donde se modifican para que interaccionen por medio de enlaces fisicoquímicos formando un entramado o “esqueleto” proteico, que por oclusión retiene agua y glóbulos de grasa, una cantidad de lactosa, sales minerales, microflora y células somáticas, haciendo que la leche pase de un estado líquido a uno sólido, formando un coágulo o gel (Villegas, 2004).

Por otro lado, el desuere se basa en la separación del lactosuero, el cual es la fase acuosa del coágulo formado, una vez que se realiza el corte de esté; esta separación se realiza de manera más o menos intensa, obteniendo al final de esta etapa un queso sin madurar o queso fresco (Villegas, 2004).

La elaboración de un queso se puede hacer por métodos enzimáticos o ácidos.

1.4.1. QUESOS VÍA ENZIMÁTICA

De manera más extensa, el proceso de elaboración de un queso fresco comienza con la pasteurización de la leche cruda a 63 °C por 30 minutos, una vez que ha pasado por este proceso se baja la temperatura de 30 a 35 °C en la leche; se continua con la adición del cuajo, 1 mL por 10 L de leche con pastillas o cuajo, suficientes para cuajar en 30 o 45

minutos; una vez obtenido un coágulo, se lleva a cabo el corte de este con un cuchillo, pala o lira de 1 cm, dejándose reposar durante 5 minutos, comenzando así el proceso de deshidratación de la cuajada; después se realiza un trabajo de cuajada de 15 a 20 minutos, ya sea manualmente o con pala de madera, con el fin de que las partículas del gel cortado se individualicen y sufran sinéresis; posteriormente se realiza el desuerado por compresión manual, y se continua con el molido a mano o metate, esto para facilitar el siguiente proceso, el salado, el cual se realiza con 2 o 3 % de sal, respecto al cuajo obtenido, y después se lleva a cabo el moldeado en aros cilíndricos planos; por último se deja orear de 2 a 4 horas (Villegas, 2004).



Figura 7. Cuajo

El cuajo es una solución que se utiliza para coagular la leche y formar queso. Se encuentra formada principalmente por las enzimas: quimosina y pepsina, las cuales se extraen de la cuarta cavidad del estómago de los terneros en estado de lactancia. Existen coagulantes naturales e industriales, los primeros se obtienen por el mismo fabricante del queso extrayéndolo del estómago del ternero lactantes, y puede ser líquido o sólido, mientras que el industrial es obtenido antes del destete, y tiene un mayor poder coagulante, y se presenta en forma de tableta, líquido o polvo (Córdoba, 2009).

1.4.2. QUESOS VÍA ÁCIDA

La elaboración de un queso por vía ácida se basa en llevar a la leche a un pH de 4.5 con el fin de formar el precipitado caseico. Existen tres métodos para llevarlo a cabo:

1. Acidificación gradual, que consiste en el empleo de un cultivo láctico aprovechando la flora ácido láctica.
2. Acidificación rápida, donde se le adiciona a la leche un ácido orgánico permitido para alimentos, a una temperatura de 20 a 37 °C.

3. Acidificación y calentamiento, se basa en la adición de un ácido orgánico o fermentación láctica controlada, seguido de un calentamiento progresivo, controlado y a su vez rápido, hasta los 80 °C (Villegas, 2004).

De manera general la elaboración de los quesos obtenidos por coagulación ácida consiste en la preparación de la leche, una fijación de temperatura, la acidificación, el corte o ruptura del gel, el desuere, y por último el acondicionamiento de cuajada, que consiste en el amasado, salado, empacado y prensado (Villegas, 2004).

1.5. PRODUCCIÓN MUNDIAL Y NACIONAL

La producción mundial de queso de leche entera de vaca, con base en los datos obtenidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2022), muestra un aumento del año 2010 al año 2017 del 11.89%, donde Estados Unidos ha sido el mayor productor, seguido de países como Francia, Alemania, Italia y Países Bajos. En años posteriores, como el año 2018 y 2019, la producción disminuye en un total del 19.57%, ya que los países de Francia y Alemania, entre otros, dejan de producir, mientras que Estados Unidos se sigue manteniendo a la cabeza, seguido de Italia, Países Bajos, Canadá y Reino Unido. En la Tabla 1 se muestran los valores totales de toneladas mundiales de queso de leche entera de vaca producidas en el periodo del año 2010 al año 2019, además del aumento y disminución que se ha tenido a lo largo de los años.

Para el año 2019 México se encuentra situado como el país No. 19 en producción de queso de leche entera de vaca, con 158,391 toneladas, producidas tan solo en este año, con base en los datos obtenidos por la FAO (2022). Mientras que según las Estadísticas del Sector Lácteo de la Cámara Nacional de Industriales de la Leche (CANILEC, 2021) en México en el año 2019 se registró un total de 476,927 toneladas producidas de manera industrial, pero dentro de las cuales se encuentran todas las variedades de quesos que se producen de esta manera a lo largo del país, como lo son el queso amarillo, chihuahua, crema, doble crema, fresco, manchego, Oaxaca, panela, entre otros. Dentro de estas estadísticas se muestra un gran aumento en la producción total de las distintas variedades de queso, tan solo del año 2010 al año 2020, este aumento fue de un 83.01%, ya que en el año 2010 el total fue de 266,323 toneladas producidas, mientras que para el año 2020 fue de 487,397. Dentro de esta información podemos destacar la producción de queso fresco durante el mismo periodo de tiempo, la cual también cuenta con un aumento en su producción del 107%, donde en el año 2010 hubo un total de 46,820 toneladas, mientras que para el año 2020 ya se contaba con una producción de 96,919 toneladas. En la Tabla 2 se muestran las toneladas de queso fresco producidas de manera industrial en los periodos del año 2010 al año 2020 en México, donde se destaca un aumento progresivo a lo largo de los años, salvo algunas excepciones.

Tabla 1. Producción Mundial de Queso de Leche Entera de Vaca, toneladas

Año	Valor	% Aumento
2010	16,928,028	-
2011	17,103,597	1.04
2012	17,489,060	2.25
2013	17,600,037	0.63
2014	17,766,040	0.94
2015	18,320,663	3.12
2016	18,513,246	1.05
2017	18,940,510	2.31
2018	15,441,189	-18.48
2019	15,233,732	-1.34

(FAO, 2022).

Tabla 2. Producción en México de Queso Fresco, toneladas

Año	Valor	% Aumento
2010	46,820	-
2011	41,292	-11.81
2012	47,250	14.43
2013	56,095	18.72
2014	61,338	9.35
2015	62,345	1.64
2016	64,904	4.10
2017	62,904	-3.08
2018	85,422	35.80
2019	89,557	4.84
2020	96,919	8.22

(CANILEC, 2021)

2. BERRIES

Se define biológicamente como Berry a la fruta generada a partir del ovario de una flor, en la que el pericarpio del ovario se convierte en la porción carnosa comestible, a la

que llamamos fruta, dentro de esta definición podemos incluir al arándano, pero excluimos algunas otras a las que comúnmente también les llamamos berries. De manera común podemos definirlas como las frutas que son jugosas, redondas, de colores vivos, dulces o agrias y no tienen hueso, pero si pueden tener semillas, encontrando en esta definición a la zarzamora, la frambuesa y la fresa (SIAP, 2017).



Figura 8. Berries

Dentro de la definición biológica podemos encontrar algunas otras frutas que cumplen con las características, como lo son el plátano y la uva, por mencionar algunas. No obstante, de acuerdo con “El seguimiento estadístico del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de México considera como los frutos berries a la zarzamora, la frambuesa, la fresa y el arándano” (SIAP, 2017).

Este tipo de frutas han tomado relevancia los últimos años, ya que los consumidores se han informado sobre los beneficios que estas aportan al cuerpo humano, y donde podemos destacar su gran contenido en antioxidantes, compuestos importantes para combatir el estrés oxidativo, la inflamación y ayudar a prevenir enfermedades crónicas degenerativas como lo son el cáncer y numerosas enfermedades cardiovasculares (Stoner *et al.*, 2008; Aqil *et al.*, 2012; Tarín, 2015).

2.1. FRESA

Las fresas (*Fragaria ananassa*) pertenecen a las frutas llamadas berries, y son de sabor dulce y con un atractivo aroma, textura suave y color rojo. Se considera que es una de las frutas con mayor contenido de ácido ascórbico (Skrovankova *et al.*, 2015). Debido a que están compuestas en su mayor parte por agua, tienen bajos niveles de azúcares (fructosa y glucosa), lo que las hacen recomendables en personas diabéticas (Tonelli, 2010).

Estas son ricas en compuestos antioxidantes como los ácidos fenólicos, los cuales se encuentran presentes en forma de ácidos orgánicos, elágico y p-ácido cumárico. Dentro

los flavonoides más importantes encontramos a las antocianinas, las cuales son responsables del color rojo en este tipo de fruta, siendo pelargonidina 3-glucósido con cianidina 3-glucósido y pelargonidina 3-rutinosido las más importantes. Otros compuestos antioxidantes de este tipo son los flavonoides, los cuales se encuentran en forma de quercetina, kaempferol y miricetina (Panico *et al.*, 2009). Este tipo de compuestos son de interés debido a su influencia en la calidad organoléptica del fruto, y por las propiedades beneficiosas que aportan para la salud (Tarín, 2015).



Figura 9. Fresas

2.1.1. VALOR NUTRITIVO

Una porción de 100 g de fresas frescas tiene un aporte calórico de 30 kcal y contiene 91.0 g de agua, 0.7 g de proteínas, 0.3 g de grasas, 0.4 g de cenizas, 5.6 g de hidratos de carbono y 2.0 g de fibra (USDA, 2019).

Dentro de su composición también encontramos diversas vitaminas, entre las que se destaca la vitamina C (58.8 mg/100g). Además de contar con otras vitaminas como la vitamina A (1 µg), vitamina B1 (0.024 mg), vitamina B2 (0.022 mg), vitamina B3 (0.386 mg), vitamina B5 (0.125 mg), vitamina B6 (0.047 mg), vitamina E (0.290 mg) y la vitamina K (2.2 µg). Respecto al contenido en minerales, contiene 16 mg de calcio, 24 mg de fósforo, 0.41 mg de hierro, 1 mg de sodio, 13 mg de magnesio, 0.14 mg de zinc, 0.38 mg de manganeso y 153 mg de potasio. Su contenido en azúcares es de 1.99 g de glucosa, 2.44 g de fructosa y 0.47 g de sacarosa, con respecto a la porción comestible (USDA, 2019).

Mientras que de acuerdo con Muñoz (2010), 100 g de fresa aportan 34 kcal, y tienen una composición de 89.7 g de humedad, 2.0 g de fibra dietética, 7.0 g de carbohidratos, 0.6 g de proteína y 0.4 g de lípidos. De igual manera se pueden encontrar vitaminas como lo son la vitamina A (2 µg), ácido ascórbico (57 mg), tiamina (0.02 mg), riboflavina (0.07 mg), niacina (0.2 mg), piridoxina (0.06 mg) y ácido fólico (18 µg). Además de algunos minerales como calcio (15 mg), hierro (0.17 mg), magnesio (9 mg) y zinc (0.1 mg).

2.1.2. PANORAMA MUNDIAL Y NACIONAL

Los principales productores de fresas en el mundo son China, Estados Unidos, Egipto, México y Turquía. Tan solo en el año 2020 se contó con una producción mundial de 8,861,381 toneladas, y de las cuales México produjo el 6.3%, mientras que China, el mayor productor, contribuyo con el 37.5%. A lo largo de la última década, del año 2010 al año 2020, se ha tenido un aumento en su producción con un promedio de 3.5% entre cada año (FAO, 2022).

En México, de acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (AGRICULTURA, 2020), los estados con mayor producción de fresa son Michoacán, Baja California, Guanajuato, Edo. de México, Aguascalientes, Jalisco, Baja California Sur, Puebla, Sinaloa y Tlaxcala.

2.2. ARÁNDANO

El arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) es la variedad de arándano principalmente cultivada tanto en Europa como en América, y, a su vez, la variedad más conocido a nivel mundial (Aldaba *et al.*, 2016).

Los arándanos aportan altas cantidades de antioxidantes a la dieta, representados principalmente por sustancias polifenólicas, particularmente antocianinas, flavonoides, catequinas y ácidos fenólicos. Este es un fruto con muy pocas calorías, debido a que están compuestos en mayor parte por agua. Se puede destacar de igual manera su contenido en vitamina C, fibra y minerales (Aldaba *et al.* 2016), haciendo de este una fruta altamente nutritiva por su composición y múltiples beneficios a la salud, incluso reduciendo el riesgo ante enfermedades como el Parkinson o Alzheimer (Cámara de Comercio de Lima, 2017).



Figura 10. Arándanos

2.2.1. VALOR NUTRITIVO

Una porción de 100 g de arándanos frescos tiene un aporte calórico de 57 kcal y contiene 84.3 g de agua, 0.74 g de proteínas, 0.33 g de lípidos, 0.24 g de cenizas, 12.09 g de carbohidratos y 2.4 g de fibra (USDA, 2019).

Dentro de su composición también encontramos diversas vitaminas, como la vitamina C (9.7 mg), vitamina A (3 µg), vitamina B1 (0.037 mg), vitamina B2 (0.041 mg), vitamina B3 (0.418 mg), vitamina B5 (0.124 mg), vitamina B6 (0.052 mg), vitamina E (0.57 mg) y la vitamina K (19.3 µg). Respecto al contenido en minerales, contiene 6 mg de calcio, 12 mg de fósforo, 0.28 mg de hierro, 1 mg de sodio, 6 mg de magnesio, 0.16 mg de zinc, 0.33 mg de manganeso y 77 mg de potasio. Su contenido en azúcares es de 4.88 g de glucosa, 5.07 g de fructosa y 0.11 g de sacarosa, con respecto a la porción comestible (USDA, 2019).

Por otro lado, otros estudios indican que una porción de 100 g de arándanos aporta 35 kcal, y tienen una composición de 1.0 g de proteínas, 1.8 g de lípidos, 3.7 g de hidratos de carbono y 0.08 g de fibra, además de 24.2 mg de sodio, 157.3 mg de potasio y 104.4 mg de calcio (Cabezas y Hernández, 2018).

Mientras que el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ, 2016) menciona que 100 g de porción comestible de arándanos deshidratados aportan 331.44 kcal, con una composición de 15.2 g de humedad, 0.2 g de cenizas, 0.3 g de proteína, 82.5 g de carbohidratos y 5.7 g de fibra dietética. Además de vitaminas como la vitamina B1 (0.01 mg), vitamina B2 (0.02 mg), niacina (0.99 mg), ácido ascórbico (0.2 mg) y vitamina B6 (0.04 mg). Respecto al contenido en minerales, contienen calcio (10 mg), fósforo (8 mg), hierro (0.53 mg), sodio (3 mg), potasio (40 mg), mercurio (5 mg), cobre (0.08 mg), zinc (0.11 mg), manganeso (0.27 mg) y selenio (0.01 mg).

2.2.2. PANORAMA MUNDIAL Y NACIONAL

Los principales productores de arándanos a nivel mundial son Estados Unidos, Perú, Canadá, Polonia y México, donde tan solo para el año 2020 se han producido 841,886 toneladas, y de las cuales México aportó el 6% del total, mientras que Estados Unidos, el mayor productor, aportó el 35%. La producción de esta fruta ha ido en aumento en la última década, del año 2010 al año 2020, donde podemos destacar los años 2019 y 2014 en los cuales hubo el mayor incremento, siendo estos de más del 20% con respecto a lo producido en el año anterior, y a lo largo de la década el aumento tubo un promedio del 10.2% por año (FAO, 2022).

En México, el estado con mayor producción de arándanos azules es Jalisco, el cual se ha especializado tanto en tecnología como en recursos humanos; seguido de este se encuentran los estados de Michoacán y Sinaloa, principalmente (AGRICULTURA, 2018).

2.3. ZARZAMORA

La zarzamora (*Rubus spp*) es apreciada por algunas de sus características, como lo son su color, aroma, sabor y su textura suave. Estas son de un material comestible, carnosos, pulposos y jugosos. Tiene un alto contenido de agua, y su jugo celular está compuesto principalmente por azúcares y ácidos orgánicos, siendo de estos últimos los predominantes el málico y el isocítrico (Bonilla, 2008).

Esta es una fruta con escaso aporte de carbohidratos, debido a que del 75 a 90% de su peso total está representado por agua, mientras que solo alrededor de un 1% es proteína, con nulo aporte de grasa. Además, es una excelente fuente de vitaminas, en especial de las vitaminas C y A, abundante en antocianinas y carotenoides, con un contenido medio de 154.8 mg/100 g de fruta, y que le confieren su color característico (Franceschinis, 2016).



Figura 11. Zarzamoras

2.3.1. VALOR NUTRITIVO

Una porción de 100 g de zarzamoras frescas tiene un aporte calórico de 33 kcal y contiene 88.1 g de agua, 1.39 g de proteínas, 0.49 g de grasas, 0.37 g de cenizas, 4.25 g de carbohidratos y 5.3 g de fibra (USDA, 2019).

Dentro de su composición también encontramos diversas vitaminas, como la vitamina C (21 mg), vitamina A (11 µg), vitamina B1 (0.02 mg), vitamina B2 (0.026 mg), vitamina B3 (0.646 mg), vitamina B5 (0.276 mg), vitamina B6 (0.03 mg), vitamina E (1.17 mg) y la vitamina K (19.8 µg). Respecto al contenido en minerales, contiene 29 mg de calcio, 22 mg de fósforo, 0.62 mg de hierro, 1 mg de sodio, 20 mg de magnesio, 0.53 mg de zinc, 0.646 mg de manganeso y 162 mg de potasio. Su contenido en azúcares es de 2.31 g de glucosa, 2.4 g de fructosa y 0.07 g de sacarosa, con respecto a la porción comestible. (USDA, 2019).

Muñoz (2010) menciona que 100 g de zarzamoras añaden 59 kcal a la dieta, y cuentan con una composición de 91.9 g de humedad, 4.1 g de fibra dietética, 12.0 g de carbohidratos, 0.7 g de proteínas y 0.6 g de lípidos. Dentro de su composición de igual manera se encuentran la vitamina A (19.5 µg), ácido ascórbico (21 mg), tiamina (0.03 mg), riboflavina (0.04), niacina (0.4 mg) y piridoxina (0.06 mg). Además de minerales como el calcio (32 mg), fósforo (21 mg), hierro (0.5 mg), magnesio (20 mg), potasio (196 mg) y zinc (0.27 mg).

2.3.2. PANORAMA MUNDIAL Y NACIONAL

Dentro de los datos proporcionados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura no existe un apartado exclusivo para los datos sobre las zarzamoras, a diferencia de las fresas y los arándanos, pero aun así se incluyen dentro de los datos en una categoría general como Bayas, con otras bayas no clasificadas por separado como zarzamora, frambuesa, mora blanca y mora roja, mirto y arándanos (FAO, 2018; Ortiz, 2020).

Los principales productores de este tipo de bayas a nivel mundial son México, Vietnam, Papua Nueva Guinea, Polonia y Turquía, donde para el año 2020 se tuvo una producción total de 927,344 toneladas, y de las cuales, México como el mayor productor, aportó el 23.3% del total. A lo largo de la última década su producción ha aumentado, donde se destaca el año 2016 con un incremento del más del 20% con respecto al año anterior. A diferencia de otro tipo de frutas berries, como la fresa y el arándano, el aumento en su producción a lo largo de la década en promedio ha sido a penas del 2.4% por año (FAO, 2022).

En México, el estado con la principal producción de zarzamoras es Michoacán, ya que este abarca el 97% de la producción total a nivel nacional. Además de este son otros 11 los estados productores, entre los que se encuentran los estados de Jalisco y Colima (AGRICULTURA, 2021).

2.4. FRAMBUESA

La frambuesa (*Rubus idaeus*) es una poli drupa formada por un conjunto de drupeolas con aspecto de una pequeña piña circular de color rojo escarlata, y piel aterciopelada. Su pulpa es carnosa, jugosa, de sabor agri dulce y muy aromática, siendo de esta manera apreciada por su sabor y aroma (Sette, 2015).

Así como otras frutas pertenecientes al grupo berries, más allá de los nutrientes y micronutrientes esenciales que aporta a la dieta, su importancia radica en su contenido elevado en compuestos fenólicos. Sus propiedades antioxidantes están asociadas a su contenido de antocianinas, ácido gálico y sus compuestos derivados y vitamina C; y

siendo las antocianinas presentes más importantes las cianidin-3-sophorosido y cianidin-3-(2-glucosilrutinosido) (Sette, 2015).



Figura 12. Frambuesa

Estas son frutas con un alto contenido en humedad, lo que las hace tener un aporte calórico mínimo. El agua presente permite a la fruta englobar en solución sustancias como los azúcares, taninos, pigmentos, sales minerales y ácidos (Sette, 2015).

2.4.1. VALOR NUTRITIVO

Una porción de 100 g de frambuesas frescas tiene un aporte calórico de 52 kcal y contiene 79.2 g de agua, 1.2 g de proteínas, 0.6 g de grasas, 0.5 g de cenizas, 11.9 g de carbohidratos y 6.5 g de fibra (USDA, 2019).

Dentro de su composición también encontramos diversas vitaminas, como la vitamina C (26.2 mg), vitamina A (2 µg), vitamina B1 (0.032 mg), vitamina B2 (0.038 mg), vitamina B3 (0.598 mg), vitamina B5 (0.329 mg), vitamina B6 (0.055 mg), vitamina E (0.87 mg) y la vitamina K (7.8 µg). Respecto al contenido en minerales, contiene 25 mg de calcio, 29 mg de fósforo, 0.69 mg de hierro, 1 mg de sodio, 22 mg de magnesio, 0.42 mg de zinc, 0.67 mg de manganeso y 151 mg de potasio. Su contenido en azúcares es de 1.86 g de glucosa, 2.35 g de fructosa y 0.2 g de sacarosa, con respecto a la porción comestible. (USDA, 2019).

Por otro lado, Sette (2015) expresa que 100 g de frambuesas frescas están compuestas por 87.0 g de agua, 0.9 g de proteínas, 0.5 g de lípidos, 11.6 g de carbohidratos y 6.8 g de fibra total. Además de contar con vitaminas como lo son la vitamina A (13 µg), vitamina E (0.45 mg), vitamina C (25 mg) y vitamina B1 y B2 (0.12). Y minerales como el calcio (22 mg), hierro (0.57 mg), magnesio (18 mg), fósforo (12 mg), potasio (152 mg), zinc (0.46 mg) y manganeso (1.0 mg).

2.4.2. PANORAMA MUNDIAL Y NACIONAL

Los principales productores de frambuesas a nivel mundial para el año 2020 son la Federación de Rusia, México, Polonia y Serbia, donde tan solo para este mismo año se han producido 713,771 toneladas, y de las cuales México aportó el 20.5% del total, mientras que la Federación de Rusia, el mayor productor, aportó el 25.5%. La producción de esta fruta ha ido en aumento en la última década, del año 2010 al año 2020, aún con algunos años de menor producción con respecto al anterior, esta logro aumentar hasta un 36.1%, donde México logro posicionarse como el segundo mayor productor a nivel mundial (FAO, 2022).

En México, el estado con mayor producción de frambuesas es Jalisco; seguido de los estados de Michoacán y Baja California, principalmente. Entre 2014 y 2016, su Tasa Media de Crecimiento Anual se encontró en un 71 % (AGRICULTURA, 2017).

2.5. RESUMEN

A continuación, se presenta un resumen del análisis proximal de las diferentes berries acorde a la bibliografía encontrada.

Tabla 3. Frutas Berries. Análisis Proximal. USDA, 2022. 100 g

	Fresa	Arándano	Zarzamora	Frambuesa
Humedad	91.0	84.3	88.1	79.2
Carbohidratos	5.6	12.1	4.3	11.9
Fibra Dietética	2.0	2.4	5.3	6.5
Proteínas	0.7	0.7	1.4	1.2
Lípidos	0.3	0.3	0.5	0.7
Cenizas	0.4	0.2	0.4	0.5
kilocalorías	30	57	33	52
Glucosa	1.99	4.88	2.31	1.89
Fructuosa	2.44	5.07	2.40	2.35
Sacarosa	0.47	0.11	0.07	0.20

3. SECADO

La deshidratación o desecado es una de las técnicas más utilizadas para la conservación de los alimentos. Consiste en eliminar una parte del agua libre contenida en el producto hasta un porcentaje que permita prolongar su vida útil, evitando la proliferación de microorganismos y cambios en el estado físico durante el almacenamiento, añadiendo

un valor agregado a la materia prima que pasa por este procedimiento (Sette, 2015; De Michelis y Ohaco, 2012).

De manera más específica la deshidratación se define como la eliminación de agua mediante el tratamiento de la materia prima por calor artificial, de manera forzada y asistida; mientras que el secado o desecado se define como la eliminación de agua mediante el tratamiento de la materia prima en condiciones ambientales, por vías naturales (De Michelis y Ohaco, 2012).



Figura 13. Deshidratación de Frutas

Las ventajas más importantes en la realización de este procedimiento son:

- 👉 Vida útil prolongada, por la inhibición de la acción enzimática y de la proliferación de microorganismos.
- 👉 Reducción de costos de almacenamiento, empaque y transporte, de esta manera optimizando el proceso de manipulación y transporte.
- 👉 Inversiones mínimas, es un procedimiento relativamente fácil de realizar.
- 👉 Eficiencia en la extracción de los principios activos.

Por otro lado, algunas desventajas en la realización de este procedimiento son:

- 👉 El uso de altas temperaturas da como resultado una baja calidad y afecta directamente al valor nutricional.
- 👉 Existe una baja capacidad de rehidratación en los productos.
- 👉 Se necesita de un equipamiento específico para cada producto y en cada proceso, además de altos costos en el equipamiento necesario para trabajar en grandes volúmenes.

(Alcivar, 2019; De Michelis y Ohaco, 2012; Gascón *et al.*, 2013).

Las etapas básicas del proceso de secado se basan en la recepción de las materias primas, verificando que sean las variedades y condiciones sanitarias indicadas; el lavado, el cual se debe realizar con agua potable o de pozo con las cantidades adecuadas de

cloro dependiendo de las características de la materia prima; la selección, donde se separan de manera manual los defectos visibles como podredumbres, mohos, pústulas, daños de granizo, dependiendo del criterio técnico empleado para cada tipo de elaboración; el pelado o mondado, que se realiza en frutas y hortalizas con cáscaras o piel muy dura, áspera o que contenga pigmentos naturales que afecten en los procesos posteriores, este proceso puede realizarse mediante métodos manuales, mecánicos, físicos y químicos-físicos; y el escaldado, el cual se basa en la inmersión de las frutas y hortalizas, ya sean enteras o en trozos, en agua hirviendo o atmósfera de vapor, este proceso se utiliza para ablandar los tejidos vegetales, inactivar enzimas, reducir carga microbiana y eliminar aire de los tejidos (Gascón *et al.*, 2013).

La elección de un método de secado dependerá de la calidad del producto final que se desea obtener, de las condiciones climáticas en la zona geográfica y la disponibilidad económica (Gascón *et al.*, 2013).

3.1. CURVA DE SECADO

La cinética de secado se representa a través de una curva, donde se muestra la variación que existe en la humedad con respecto al tiempo. Esta ayuda a predecir el tiempo de secado ideal en cualquier producto, además de que permite estimar el tamaño del secador y las condiciones de su operación (Enrique y Pérez, 2011).

La información proporcionada por parte de una curva de secado es fundamental, ya que presenta datos sobre la termodinámica, parámetro importante entre las características de un producto a la hora de todo proceso de secado. En la figura 15 se muestran una curva de secado típica en alimentos. Esta variará con respecto a la temperatura de secado. Cabe señalar que la curva tiende a ser asintótica, lo que implica que llegará un punto en que la pérdida de agua es mínima con respecto al tiempo. A nivel industrial es un factor crítico, ya que se invierte mucho tiempo y la pérdida de humedad es mínima (Mujumdar, 1997).

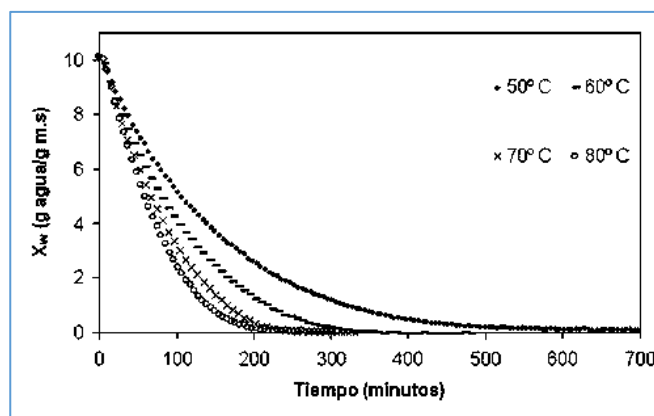


Figura 14. Ejemplo de Curva de Secado

3.2. TIPOS DE SECADO

El secado es una de las técnicas más antiguas utilizadas en la conservación de alimentos, y consiste en eliminar el agua de un alimento, impidiendo así el crecimiento microbiano y retardando o inhibiendo las reacciones enzimáticas. Hace muchos años en épocas de escasez los alimentos se ponían directamente al sol y se producía una deshidratación natural, y aún en estos días se sigue usando este sistema. El secado al sol es barato, pero tiene varios inconvenientes: depende de las condiciones ambientales, requiere grandes espacios, hay contaminación por polvo, insectos, roedores, entre otros, y es bastante lento. Cabe señalar que hay alimentos que se secan al sol porque se generan sabores muy particulares como es el caso del café (Rodiles y Zamora, 2020).

La deshidratación industrial usa una serie de equipos, y existen una gran variedad de estos, pero todos se basan en usar altas temperaturas para evaporar el agua. En general, la humedad final de estos productos es menor al 5%. También se incluye la evaporación industrial, que es la remoción de agua de un alimento líquido. La deshidratación disminuye el peso y volumen de los alimentos, y afectando directamente en los costos de manejo. Hoy en día, los productos deshidratados tienen un gran auge en su versión casera de agregue agua y el alimento está listo. El consumidor compra alimentos cuya presentación es en polvo deshidratado y agrega agua para obtener un producto muy similar al natural y en cuestión de solo unos minutos, y si es necesario, lo calienta en un microondas (Rodiles y Zamora, 2020).



Figura 15. Alimentos Deshidratados

Los equipos de secado pueden utilizar resistencias eléctricas para transmitir el calor, así como aire caliente, o vapor de agua, ya sea directa o indirectamente. En la forma directa, el aire entra en contacto directo con el alimento, mientras que en los indirectos se calientan tuberías por donde circula el alimento (Rodiles y Zamora, 2020).

Los principales secadores industriales son:

- Secadores por Convección de Aire. El alimento es secado con flujos de aire caliente. Los factores por controlar son la temperatura, volumen y velocidad del aire y el tiempo. El aire puede ser calentado directamente con una flama o indirectamente por tuberías que son calentadas con vapor o electricidad. Existen una gran variedad de equipos.
- Secadores de Tambor. Se emplea en alimentos líquidos o en estado de puré o pasta. El alimento se coloca en capas delgadas sobre la superficie de un tambor rotatorio que es calentado en su parte interior con vapor de agua. Se puede usar uno o más tambores en serie. El alimento seco es removido del tambor por una cuchilla. La calidad del producto terminado es menor que los secados por convección, pero son más económicos.
- Secadores al Vacío. Se aplica vacío al sistema de secado y con ello se usan temperaturas más bajas. Esto es útil para aquellos alimentos sensibles al calor. La desventaja es que aumentan considerablemente los costos.
- Liofilización. Es un sistema de deshidratación en frío y en condiciones de vacío.



Figura 16. Secador por Convección de Aire

Los principales secadores por convección de aire son:

- * Estufa. El aire es calentado directamente en la parte inferior de un tubo y asciende a la parte superior donde se encuentra el alimento a secar. Se usan maderas o gas para calentar el aire.

- * Gabinete y Bandejas. Este es un gabinete donde se colocan varias charolas. El aire entra por un extremo y sale por otro. Existen diferentes tamaños y costos. Es útil en procesos a pequeña escala y es un proceso en lotes.
- * Túnel y banda sin fin. El alimento es transportado por una banda sin fin que se encuentra dentro de un equipo donde circula el aire seco. Este es un proceso continuo.
- * Lecho Fluidizado. Este es similar al túnel, pero el aire entra por la parte inferior de la banda que contiene al alimento. El aire entra con tal fuerza que mantiene al alimento suspendido y en constante movimiento, y con ello se genera menor daño al alimento.
- * Secado por Aspersión. Es exclusivo para alimentos líquidos. El alimento pasa a través de un aspersor que genera gotitas diminutas que son secadas en cuestión de segundos al entrar en contacto con un flujo de aire caliente en una cámara o tolva de secado. Se usa en alimentos muy sensibles al calor como la leche, el huevo, y el café.

(Rodiles y Zamora, 2020).

El secado por convección o secado por corriente de aire consiste en la eliminación de agua por medio de la exposición del producto a calor artificial vía aire caliente, y cuyo calentamiento puede ser con gases o vapor, y sobre calentados normalmente. Mediante este aire caliente se transfiere el calor necesario al alimento para la evaporación del agua; suele ser un proceso lento, ya que requiere de altas temperaturas externas (Fito Maupey, 2001; Sette, 2015; Alcivar, 2019).

La deshidratación osmótica, comprende la inmersión del producto en soluciones acuosas de solutos de alta presión osmótica, como azúcares y/o sales. Este es un proceso que se fundamenta en un proceso natural de ósmosis a través de las membranas celulares de los alimentos, permitiendo llegar a una humedad del 50 al 60% en base húmeda. Debido a que normalmente no se utilizan altas temperaturas en el proceso, no se dan cambios de fase del agua, además de que se reducen al mínimo los cambios en los atributos sensoriales. Sin embargo, no solo se lleva a cabo el movimiento del agua desde el alimento hacia la solución hipertónica, de igual manera existe una impregnación del alimento con los solutos provenientes de la solución. Este es un proceso que se da en dos etapas: una dinámica y otra de equilibrio, donde la última señala el final del proceso. (Della Rocca y Mascheroni, 2011; Sette, 2015).

La liofilización se basa en la pérdida de agua mediante sublimación en alimentos previamente congelados. Esta se lleva a cabo a muy bajas temperaturas y bajo condiciones de vacío. Consiste en llevar a los alimentos al punto de congelación, para posteriormente retirar el hielo formado en condiciones de vacío, evitando así el paso por el estado líquido y dando lugar a la deshidratación. La última etapa del proceso se da mediante desorción,

para esta etapa ya no existe agua libre en el alimento, por lo que el agua no congelable se puede evaporar sin riesgo de fusión, esto a una máxima capacidad de vacío. Mediante este proceso se conservan las características nutritivas y organolépticas del alimento, con una pérdida de agua de más del 95%, donde al rehidratarlo se recuperan el sabor, textura y aroma original (Sette, 2015).

4. ALIMENTOS FUNCIONALES

El desarrollo de alimentos funcionales ha sido de suma importancia en los últimos años, debido a los grandes beneficios que estos pueden aportar a la salud, ya que los consumidores se interesan más en su autocuidado y la prevención de enfermedades crónico-degenerativas. El Consejo de Nutrición y Alimentación de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos (1999) define a los alimentos funcionales como “alimentos modificados o que contengan un ingrediente que demuestre una acción que incremente el bienestar del individuo o disminuya los riesgos de enfermedades, más allá de la función tradicional de los nutrientes que contiene”.



Figura 17. Alimentos Funcionales

4.1. ANTIOXIDANTES

El organismo cuenta con un sistema propio de defensa antioxidante celular, el cual contrarresta la excesiva producción de radicales libres. Sin embargo, en ocasiones este no es suficiente, por lo que es necesario adquirir antioxidantes por medio de la dieta, siendo una buena alternativa el grupo de frutas llamados berries, por su alto contenido en este tipo de componentes (Tarín, 2015).

El uso y consumo de este tipo de compuestos bioactivos ha incrementado en los últimos años, y esto debido a los múltiples beneficios a la salud, los cuales se siguen estudiando año con año. Los agentes antioxidantes que se consumen en la dieta vienen mayoritariamente de frutas, verduras y algunos productos como el vino tinto y el chocolate,

y son responsables del color y el sabor de algunos alimentos (Ayala, *et al.*, 2019; Castro, 2019).

4.1.1. FENOLES

De manera estructural, estos compuestos bioactivos parten de un fenol, el cual es un grupo hidroxilo (-OH) ligado a un grupo fenilo (Ph-), y cuando un grupo fenilo contiene más de un hidroxilo se le conoce como polifenol. Los polifenoles se producen en las plantas como metabolitos secundarios, y su estructura química influye en su biodisponibilidad y eficacia biológica, además de que permite clasificarlos químicamente como ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos y estilbenos, como se muestra en la figura 16, donde se muestra un ejemplo representativo de cada grupo (Ayala, *et al.*, 2019 Castro, 2019).

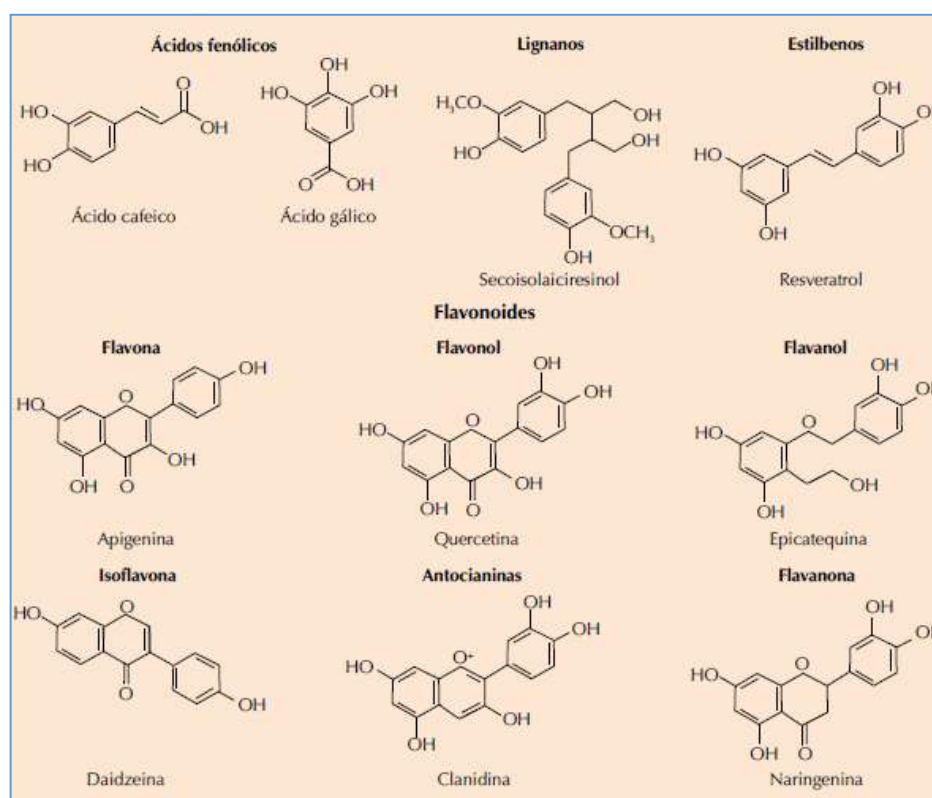


Figura 18. Clasificación de los Polifenoles

(Spencer, 2008)

Los flavonoides son los más abundantes dentro de la dieta, y estos a su vez se dividen en antocianinas, flavonoles, flavanonas, flavonas, flavonoles e isoflavonas. En los segundos más abundantes encontramos a los ácidos fenólicos, seguido de estos los lignanos y por último los estilbenos. En la Tabla 4 se observan las principales fuentes alimentarias de los polifenoles más comunes de acuerdo con lo mencionado por Castro (2019).

Tabla 4. Antioxidantes Tipo Fenoles

CLASES Y SUBCLASES	PRINCIPALES FUENTES ALIMENTARIAS
Flavonoides	
Antocianinas	Arándano azul, zarzamora, cereza, aceituna negra, fresa y frambuesa
Flavanoles	Cacao en polvo, chocolate amargo, té negro/ verde y manzana
Flavanonas	Menta seca, orégano, jugo de toronja y jugo de naranja
Flavonas	Semilla de apio, menta seca, orégano, apio y harina de trigo integral
Flavonoles	Alcaparras, azafrán, orégano, cebolla morada y espinaca
Isoflavonas	Harina de soya, soya, tempeh de soya y leche o yogurt de soya
Ácidos Fenólicos	
Ácidos hidroxibenzoicos	Castaña, clavo, jugo de granada, frambuesa y arándano
Ácidos hidroxicinámicos	Menta seca, romero seco, menta fresca, tomillo y orégano
Lignanós	
Matairesinol	Ajonjolí, linaza, semilla de girasol, kale y pasas
Secoisolariciresinol	Linaza, anacardo (nuez de la india), kale, kiwi y cacahuate
Estilbenos	
Resveratrol	Vino tinto, arándano, grosella, fresa, pistache y cacahuate

Se puede definir a un antioxidante dietético como una sustancia que forma parte de los alimentos consumidos día a día y que puede prevenir los efectos adversos que especies reactivas causan en el cuerpo humano (Coronado *et al.*, 2015).

Dentro del cuerpo humano se llevan a cabo constantemente distintas reacciones químicas de oxidación y reducción. Estas deben de tener un balance entre sí, ya que en caso contrario podría llevar a la producción de radicales libres. Estos radicales libres son especies químicas con uno o más electrones desapareados, los cuales son inestables y

reactivos, pudiendo así, dañar moléculas como proteínas, lípidos y ácidos nucleicos (Coronado *et al.*, 2015; Tarín, 2015).

Una vez consumidos, los polifenoles se absorben dentro del tracto gastrointestinal, a excepción de las antocianinas que su absorción puede comenzar desde el estómago. Generalmente los flavonoides, lignanos y estilbenos se encuentran en forma de glucósidos, y algunos flavanoles como agliconas. Los glucósidos necesitan hidrolizarse para poder ser absorbidos, mientras que las agliconas pueden absorberse directamente en los enterocitos. Dentro de los enterocitos se llevan a cabo reacciones de sulfonación, glucuronidación y/o metilación, las cuales preparan a los metabolitos para ingresar a la circulación portal hacia el hígado. Ya estando en el hígado, algunos de estos metabolitos se catabolizan y se llevan a cabo las reacciones de oxidación, reducción e hidrólisis, haciéndolos más accesibles. Posteriormente, los metabolitos de los flavonoides pueden diseminarse a través del torrente sanguíneo o redirigirse hacia el intestino delgado para reabsorberse, o bien, pueden seguir su tránsito hacia el colon, ser hidrolizados y reabsorberse o para su excreción en las heces fecales (Castro, 2019).

Diversos estudios han demostrado la eficacia que tienen este tipo de compuestos para combatir el estrés oxidativo y la inflamación, previniendo de esta manera el desarrollo de numerosas enfermedades. Proveen diversos beneficios a la salud, incluyendo protección del ADN, y efectos antiinflamatorios, anticancerígenos, antidiabéticos y la prevención de enfermedades cardiovasculares y neurodegenerativas (Tarín, 2015; Aguilera *et al.*, 2015).

4.2. FIBRA DIETÉTICA

La American Association of Cereal Chemist (AACC, 2000) define a la fibra dietética como las partes comestibles de las plantas resistentes a la digestión dentro del intestino delgado, que presentan una fermentación parcial o completa en el intestino grueso, y que dentro de su composición se encuentran los polisacáridos, oligosacáridos, lignina y algunas sustancias asociadas a las plantas.

Otras definiciones posteriores añaden el concepto de fibra funcional o añadida, incluyendo a otros hidratos de carbono absorbibles dentro de la definición previa, como lo son el almidón resistente, la inulina, y algunos oligosacáridos. La fibra dietética total sería la suma de la fibra dietética más la fibra funcional (Escudero y González, 2006).

A lo largo de los años han surgido nuevas definiciones para la fibra dietética, ya que aumenta el número de sustancias que se incluyen dentro de esta definición. De acuerdo con González *et al*, 2021, existen diversas maneras de clasificar a la fibra dietética dependiendo del área de interés que se analice, las principales se comprenden según su origen, basada en la composición química y de acuerdo con sus efectos funcionales.

Dentro de las clasificaciones de la fibra dietética, la que cuenta con mayor aceptabilidad consiste en el grado de hidratación con agua, encontrando a las fibras solubles e insolubles. Su solubilidad depende de sus interacciones con las moléculas de agua y de su estructura química, es una distinción que se basa en sus propiedades químicas, físicas y funcionales (González, *et al.*, 2021; Gómez, *et al.*, 2021).

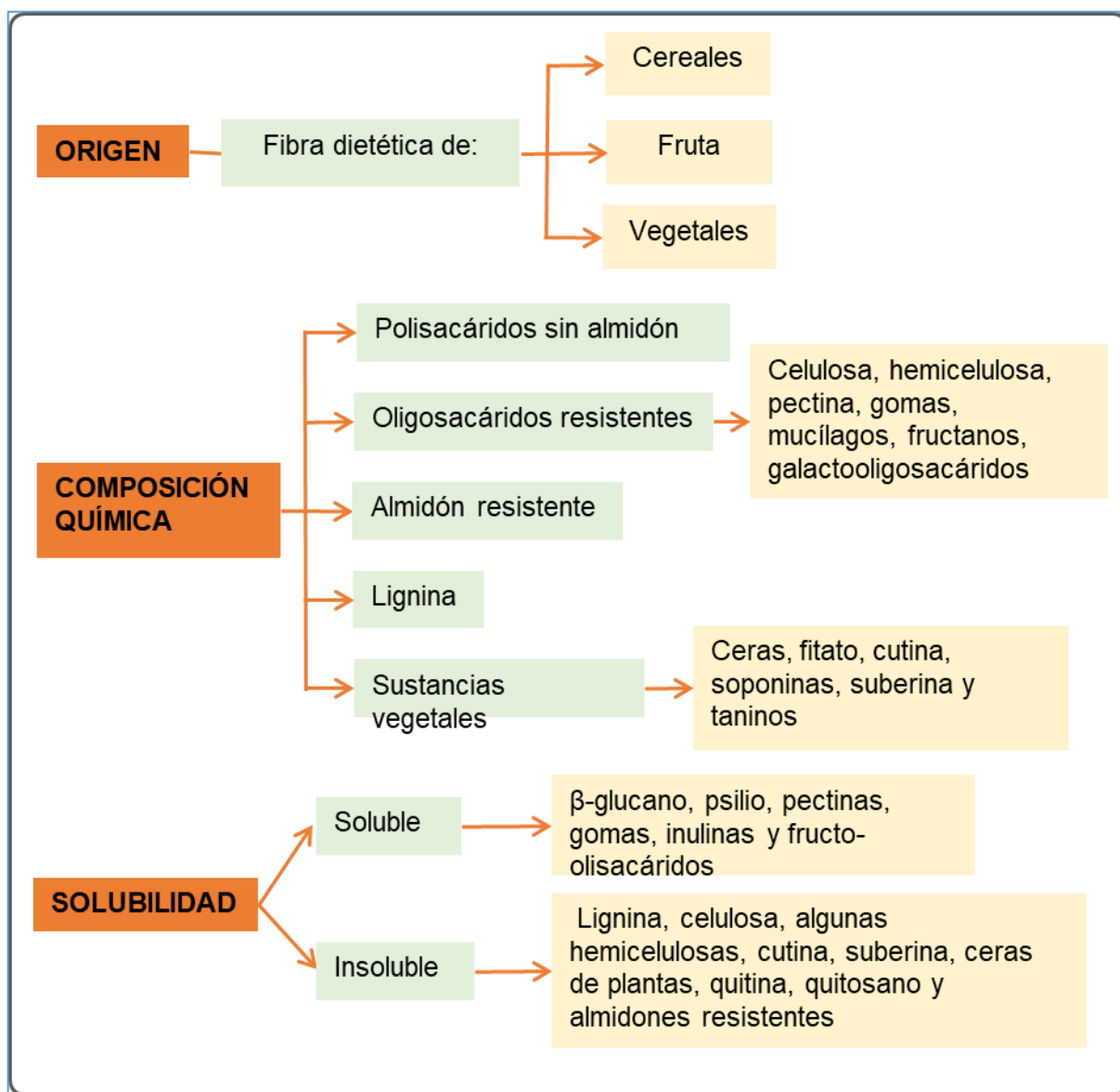


Figura 19. Clasificación Fibra Dietética

(González, *et al.*, 2021; Gómez, *et al.*, 2021)

El consumo de fibra dietética está asociado a la prevención de patologías como el estreñimiento, diverticulosis, diverticulitis, enfermedad inflamatoria intestinal, obesidad, diabetes mellitus tipo II, cáncer, enfermedad cardiovascular e hipertensión arterial. La fibra dietética es esencial en la salud intestinal, es un compuesto alimenticio que influye

en la digestión y absorción de macronutrientes, principalmente de los lípidos; es metabolizado por las bacterias intestinales obteniendo AGCC, los cuales evitan la traslocación bacteriana inhibiendo los mediadores proinflamatorios; además de limitar el tiempo de contacto de los carcinógenos en el lumen intestinal (González, *et al.*, 2021; Gómez, *et al.*, 2021).

Así mismo, la fibra dietética participa en el transporte de agentes antioxidantes a través del tracto gastrointestinal, además de la producción de metabolitos antioxidantes, los cuales son producto de su fermentación dentro del colon (Gómez, *et al.*, 2021).

Los datos sobre la ingesta adecuada de fibra dietética se basan en el nivel de ingesta media observado para un menor riesgo de enfermedad coronaria considerando como punto secundario la reducción del riesgo de diabetes mellitus tipo II. Con base en esto, la recomendación diaria para niños y adultos mayores es de 14 g por 1,000 kcal consumidas (González, *et al.*, 2021). En México, con base en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 se indica un consumo de 30 g en la misma cantidad de kcal. De acuerdo con los datos proporcionados por la FAO y la OMS, la recomendación de ingesta diaria de fibra dietética en adultos es de 20 g por cada 1,000 kcal consumidas (Gómez, *et al.*, 2021).

4.2.1. FIBRA SOLUBLE

La fibra dietética soluble es la que al encontrarse en contacto directo con agua forma un retículo donde esta queda atrapada, formando una solución de gran viscosidad similar a un gel. Estos son compuestos que presentan una estructura ramificada, teniendo menos oportunidades de formar estructuras ordenadas, lo que las hace ser solubles en agua. Teniendo así entre sus propiedades: su solubilidad en agua, su idoneidad para crear soluciones viscosas y su capacidad de fermentación. Esta fibra no se digiere en el intestino delgado, se descompone en el intestino grueso por las bacterias y proporciona algunas calorías (Villanueva, 2019; Gómez, *et al.*, 2021).

Algunos ejemplos de este tipo de fibras solubles son el β -glucano, el psilio, las pectinas, las gomas, las inulinas y los fructo-oligosacáridos. Se encuentran presentes para su consumo en alimentos como los cereales integrales, guisantes, frijoles, algunas frutas y hortalizas, las semillas y los frutos secos (Villanueva, 2019; González, *et al.*, 2021; Gómez, *et al.*, 2021).

4.2.2. FIBRA INSOLUBLE

La fibra dietética insoluble es la que pasa a través del tracto gastrointestinal de manera intacta, esta no se disuelve en agua por lo que pasa en forma de una mezcla de baja viscosidad. Estos son compuestos que presentan una estructura ordenada, presentando una solubilidad limitada. Esta es de baja fermentación, y no es fuente de calorías y presenta la formación de masa fecal (Villanueva, 2019; Gómez, *et al.*, 2021).

Algunos ejemplos de este tipo de fibras insolubles son la lignina, la celulosa, algunas hemicelulosas, cutina, suberina, ceras de plantas, quitina, quitosano y almidones resistentes. Se encuentran presentes para su consumo en alimentos como la harina de trigo y el arroz integrales, en algunos vegetales como el repollo, el apio, la coliflor, además de en la piel de las frutas y verduras (Villanueva, 2019; González *et al.*, 2021).

Figura 20. Alimentos Ricos en Fibra

II. JUSTIFICACIÓN

Hoy en día, los consumidores buscan alimentos que además de su valor nutritivo tengan otros atributos, tales como beneficios directos a la salud, recibiendo el nombre de alimentos funcionales. Una de las tendencias es aumentar el consumo de fibra, y otro es proporcionar agentes antioxidantes, ya que la población en general no consume la cantidad recomendable de estos compuestos bioactivos para una salud óptima. El queso es un alimento de alto consumo en la sociedad, pero por ser un alimento de origen animal carece de fibra, y es bajo en el contenido de antioxidantes. Por otro lado, las frutas tipo berries son altas en fibra dietética y antioxidantes, por lo que combinar ambos alimentos nos dará una nueva opción nutritiva y que podría funcionar como un alimento procesado de tipo funcional.

III. HIPÓTESIS

La adición de harina de frutas berries a un queso fresco podrá aportar componentes como fibra dietética y antioxidantes, y que lo transformarán un alimento tipo funcional.

IV. OBJETIVOS

1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un alimento funcional a partir de queso fresco fortificado con diferentes harinas obtenidas de frutas tipo berries, específicamente fresa, zarzamora y arándano, y una mezcla de todas.

2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar el secado por medio de un horno eléctrico de frutas tipo berries, fresas, zarzamoras y arándanos, variando temperatura y tiempos y obtener las curvas de secado correspondientes.
- Elaborar un queso fresco usando cuajo y fortificarlo con la harina de las berries para que se tenga presencia en el producto terminado de antioxidantes y fibra dietética.
- Evaluar la aceptación en los consumidores a los quesos frescos fortificados con las diferentes harinas y una mezcla de estas.
- Caracterizar la composición bromatológica y fisicoquímica del queso fresco fortificado con la harina de frutas tipo berries seleccionado.
- Determinar la capacidad antioxidante presente en la harina de frutas berries añadida al queso fortificado seleccionado y del queso fortificado.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

1. MATERIAS PRIMAS

- Berries: zarzamora, fresa y arándano, obtenidas en comercios locales de Morelia, Michoacán, México.
- Hipoclorito de sodio al 1%
- Leche bronca
- Cuajo marca Cuamex®
- Cloruro de calcio
- Cloruro de sodio
- Queso fresco comercial

2. MATERIALES Y EQUIPOS

Los materiales utilizados fueron cacerolas, termómetros, cuchillos, pipetas, vasos de precipitado, tamices, bandejas, además de los materiales necesarios para realizar las distintas determinaciones y ensayos llevados a cabo.

Los equipos utilizados fueron una parrilla eléctrica Koblenz®, un horno de secado Escohel® (Modelo 9053A), una balanza analítica Sartorius® (Modelo BL 120S), una licuadora Osterizer®, y espectrofotómetro Shimadzu® (Modelo UV-1601).

3. MÉTODOS

3.1. CURVAS DE SECADO DE BERRIES

Se llevó a cabo la obtención de harinas a base de frutas frescas de fresa, zarzamora y arándano, de manera individual. Las frutas fueron lavadas y desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 1% durante 15 minutos, enjuagándose con agua destilada, posteriormente fueron cortadas en trozos de 1 cm³ y colocadas en una bandeja. Procedimiento que se realizó para aumentar el área de contacto y facilitar el proceso de secado.

Las harinas se obtuvieron por secado mediante el uso de un horno de secado eléctrico, realizando una curva de cinética de secado. Se tomaron muestras a diferentes tiempos y se determinó su humedad. Se aplicaron 3 temperaturas, 40, 50 y 60 °C durante 48 h continuas de secado. Posterior al secado de las frutas, éstas fueron trituradas de manera separada en una licuadora, para posteriormente pasarse por un tamiz (#60) y obtener una harina con un tamaño de partícula <260 µm.



Figura 21. Procedimiento Obtención de las Harinas de las Berries

3.2. ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO

Se utilizó una metodología estándar para la elaboración de queso fresco, utilizando leche bronca, a la cual se le dio como pretratamiento una pasteurización tipo HTST (73 °C x 15 s).

Posterior a la pasteurización se añadieron 0.1 g de CaCl_2 por litro de leche como aditivo para mejorar la precipitación de las caseínas, el cual fue incorporado previamente disuelto en un poco de agua. Posteriormente se añadió cuajo comercial marca Cuamex® a la leche a una temperatura de 39 °C, añadiendo 5 mL por cada litro de ésta, y mezclándose en el mismo sentido durante 10 seg. Se dejó reposar durante 45 min, y pasado este tiempo se cortó la cuajada en cuadros de 2 cm aproximadamente, y se llevó nuevamente a una temperatura de 39 °C; esto con el fin de que la enzima, contenida en cuajo, este a la temperatura óptima de acción. Se dejó reposar durante 30 min, y se continuó con el desuerado de la cuajada. La cuajada obtenida se filtra a través de una tela para extraer el agua remanente, seguido a esto se añadió 2.5% de sal en una relación masa/masa.

En la figura 22 se muestra el diagrama de bloques de la elaboración del queso fresco.

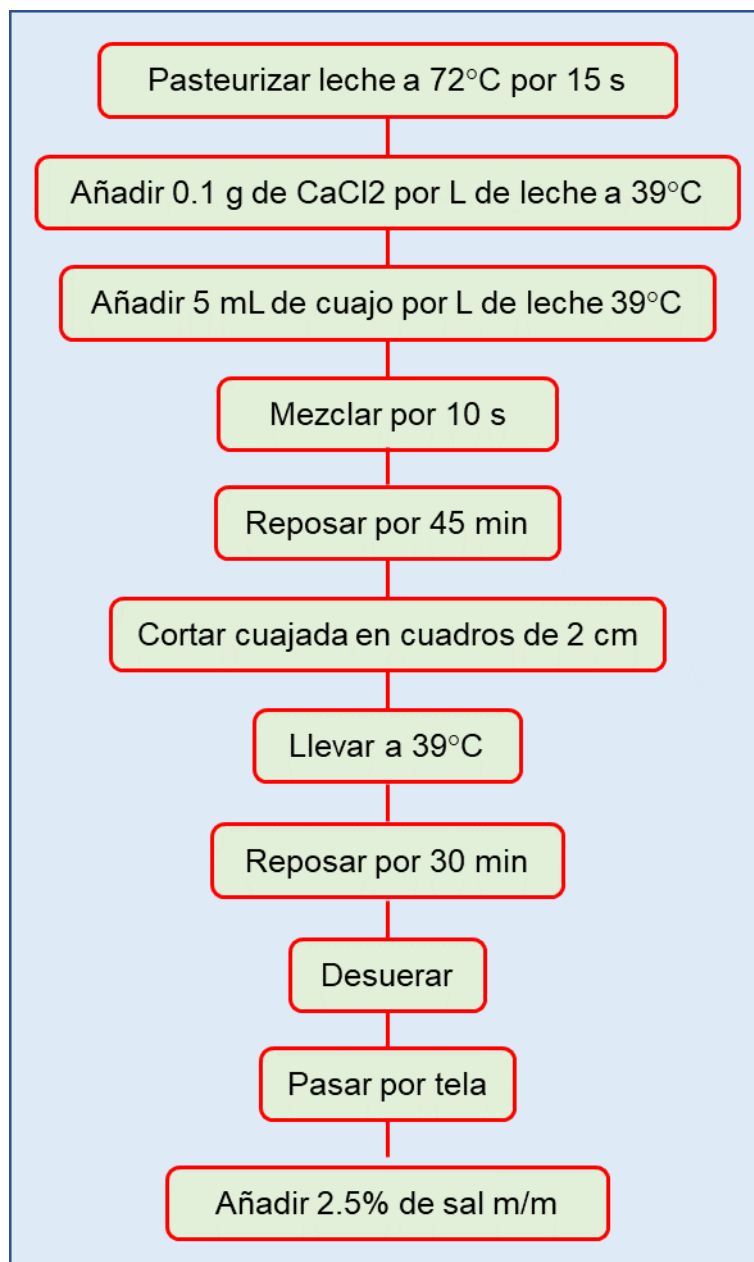


Figura 22. Diagrama de Bloques Elaboración Queso Fresco

3.3. INCORPORACIÓN DE HARINAS DE BERRIES AL QUESO

Posterior al salado del queso se añadió el 10% de harina de las frutas berries en una relación m/m, incorporándose de manera manual hasta homogeneizar el queso con la harina.

Se elaboraron cuatro quesos distintos: queso con harina de fresa, queso con harina de zarzamora, queso con harina de arándano, y un queso con una mezcla de las tres harinas en una proporción de 1/3 de cada una.



Figura 23. Queso Fresco Incorporado con Harinas de Berries

3.4. ANÁLISIS SENSORIALES

Para realizar las pruebas de análisis sensorial tipo hedónicas de 5 puntos se usó un queso fresco comercial como testigo. Se contó con 12 panelistas sin experiencia. Se evaluaron las propiedades de color, olor, textura y sabor, además se obtuvo un promedio de la evaluación de estas reportándose como flavor. Se evaluaron cada uno de los quesos y se realizaron análisis estadísticos para determinar la presencia o no de diferencia significativa entre los mismos desde un punto de vista sensorial.

Fecha: / /
 Sexo: M / F
 Edad:

COMANDA DEGUSTACIÓN

Evalué las siguientes muestras acorde a la siguiente escala:

1. No me gusta nada
2. No me gusta
3. Normal
4. Me gusta
5. Me gusta mucho

	Color	Olor	Textura	Sabor
Clave XYT				
Clave TUK				

Observaciones:

Figura 24. Comanda de Degustación Utilizada en Análisis Sensorial

Una vez seleccionado el mejor queso fresco fortificado con las harinas de berries con base en los resultados del análisis sensorial y evaluando estadísticamente los resultados, se le realizó una caracterización bromatológica, fisicoquímica y de capacidad antioxidantes al mismo.

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Se realizó el análisis estadístico a todos los resultados obtenidos utilizando la prueba de Tukey con 0.05% de significancia.

3.6. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Se evaluaron diferentes propiedades fisicoquímicas al producto terminado.

3.6.1. pH

Método 02-52 de la AACC (2000). Se homogeneizó 1 g de muestra en 9 mL de agua destilada, y posteriormente se realizó la medición con un equipo para medir pH marca Ohaus® (Modelo AB23PH), previamente calibrado.

3.6.2. ACIDEZ

Método 02-31 de la AACC (2000). Se homogeneizó 1 g de muestra en 9 mL de agua destilada, se le añadieron 3 gotas de fenolftaleína al 3%, y posteriormente se llevó a cabo una titulación con NaOH 0.1 N. Por último, se calculó el % de ácido láctico de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ecuación 1. % Ácido Láctico

$$\% \text{ de Ácido Láctico} = \frac{N \times V \times 0.0315}{m} \times 100$$

Donde:

N = Normalidad del NaOH

V = mL gastados de NaOH en la titulación

m = mL de muestra

3.6.3. COLOR

La medición se realizó en un cuarto con poca luz, utilizando un colorímetro manual marca BYK® (Spectro-Guide Sphere Gloss).

Un colorímetro mide el espacio de color CIEL*a*b*, el cual es un estándar internacional para la medición de color. Actualmente es uno de los espacios de color más usado dentro del área de alimentos, debido a que el color es el primer aspecto que perciben los consumidores. Es un espacio de color que correlaciona los valores numéricos de color con la perspectiva visual humana (Goñi y Salvadori, 2015; Talens, 2017).

El espacio de color CIEL*a*b* permite especificar estímulos de color en un espacio tridimensional, compuesto por 3 ejes, uno vertical (L*) y dos horizontales (a* y b*) como se muestra en la figura 23. La L* representa la luminosidad, término que hace referencia

a la cantidad de luz percibida, esta se representa en valores que van de 0 (negro) a 100 (blanco); por otro lado, a^* representa una medida de los colores rojo o verde, donde valores positivos de a^* representa al color rojo ($+a^*$), y valores negativos al color verde ($-a^*$); mientras que b^* representa una medida de los colores amarillo o azul, donde valores positivos de b^* representan al color amarillo ($+b^*$), y valores negativos ($-b^*$) al color azul. (Lafuente, 2008)

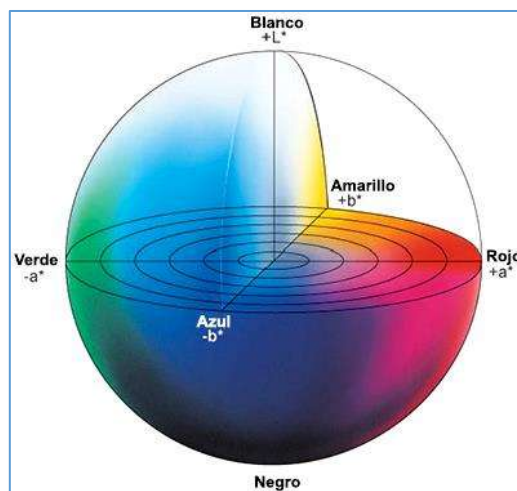


Figura 25. Espacio de Color CIE $L^*a^*b^*$

3.6.4. TEXTURA

Esta se realizó usando un equipo Texturómetro Texture Analyzer modelo CT3 marca Brookfield®; antes de su uso se deben de conocer previamente las medidas de la muestra (ancho, largo y profundidad). Se determinaron diferentes magnitudes usando una sonda TA11/1000 con una carga de activación de 0.07 N y dos ciclos. Las variables fueron dureza, adhesividad, cohesividad, elasticidad, resiliencia, gomosidad, masticabilidad, realizando 2 ciclos para cada uno de los ensayos.



Figura 26. Texture Analyzer Modelo CT3 Marca Brookfield®

Datos de la técnica usando el texturómetro:

- Valor Meta: 4.0 mm
- Carga de Activación: 0.07 N
- Velocidad de Sonda: 1 mm/s
- Tipo de Sonda: TA11
- Material de Sonda: TA-RT KIT

El análisis de textura involucra varios conceptos, siendo los principales, de acuerdo con lo descrito por Guzmán *et al.* (2015):

- **Dureza.** Se define como la fuerza máxima en el primer ciclo, es la fuerza en Newton en el primer pico de la curva. Sensorialmente es la fuerza necesaria para comprimir un alimento entre las muelas, o entre la lengua y el paladar.
- **Fracturabilidad.** Fuerza al primer rompimiento significativo en la curva. Sensorialmente es cuando el alimento se desmorona, cruje o se estrella.
- **Adhesividad.** Representa el trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción y que el dispositivo se despegue totalmente de la masa. Sensorialmente es la fuerza necesaria para retirar el alimento que se adhiere a la boca.
- **Cohesividad.** Se define como la resistencia de los enlaces internos, que tanto puede deformarse un alimento antes de romperse. Es de carácter adimensional.
- **Elasticidad.** Este es un índice de recuperación elástica total de material. Es la altura a la que regresa el alimento una vez que se le retira la fuerza aplicada.
- **Resiliencia.** Se define como la capacidad de un cuerpo de almacenar energía elásticamente. Se calcula con el área bajo la curva en la descompresión del primer ciclo sobre el área bajo la curva en la compresión de este.
- **Gomosidad.** Producto de la dureza y la cohesividad. Es la energía necesaria para desintegrar un alimento para deglutirlo.
- **Masticabilidad.** Producto de la elasticidad y la gomosidad. Es la energía necesaria para masticar un alimento hasta una consistencia adecuada para deglutirlo.

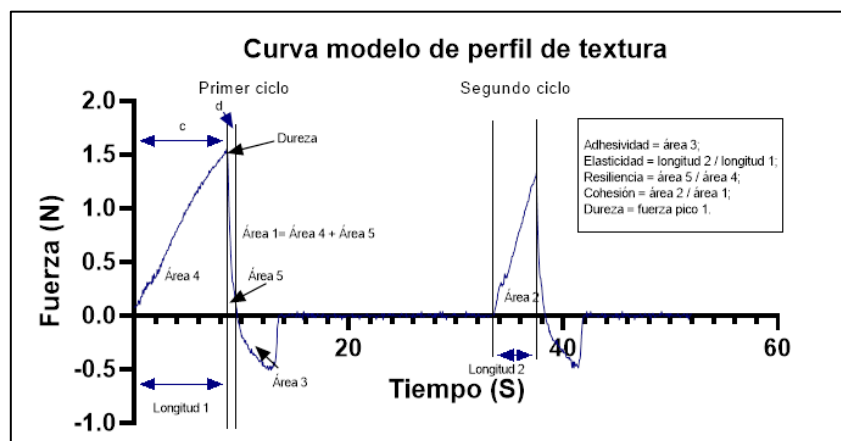


Figura 27. Curva Modelo de Textura

3.7. ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS

Se llevó a cabo la determinación de humedad, cenizas, proteína, extracto etéreo y fibra dietética, mientras que los carbohidratos se obtuvieron por diferencia de masa.

3.7.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Método 44-19 de la AACC (2000). Se pesaron 5 g de la muestra en una cápsula de porcelana a peso constante, se realizaron 3 repeticiones en total. Se llevaron a un horno (Felisa®) a 105 °C durante 3 h. Se tomaron los pesos de la cápsula con la muestra seca y se llevaron a cabo los cálculos correspondientes de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ecuación 2. % de Humedad

$$\% \text{ de Humedad} = (P_m - P_s) / m \times 100$$

Donde:

P_m = Peso de la cápsula y la muestra húmeda en gramos.

P_s = Peso de la cápsula y la muestra seca en gramos.

m = Peso de la muestra húmeda en gramos.

3.7.2. DETERMINACIÓN DE CENIZA

Método 08-01.01 de la AACC (2000). Se pesaron 2.5 g de la muestra en un crisol a peso constante, se realizaron tres repeticiones. Se carbonizaron en una parrilla (Thermo Scientific®) y se incineraron en una mufla (Felisa®) a 550 °C durante 3 h. Se tomaron los pesos del crisol con la muestra incinerada y se llevaron a cabo los cálculos correspondientes de acuerdo con la siguiente fórmula.

Ecuación 3. % de Cenizas

$$\% \text{ de Cenizas} = N / p \times 100$$

Donde:

N = Peso en gramos de las cenizas

p = Peso en gramos de la muestra

3.7.3. DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO PROTEICO

Método AOAC 991.20. Se utilizó un equipo Kjeldahl. Una vez montado el equipo de digestión de Kjeldahl (VELP®) se añadieron sulfato cúprico y sulfato de potasio como catalizadores a 0.7 g de la muestra deshidratada en los tubos de digestión, además de 10 mL de ácido sulfúrico, se realizaron tres repeticiones. Se encendió el equipo con reflujo durante 1 h a 460 °C. Posteriormente se llevó a cabo la destilación en el equipo de destilación de Kjeldahl (VELP®) añadiendo 30 mL de ácido bórico al 4% en un matraz Erlenmeyer y 50 mL de agua destilada a la muestra procesada en los tubos de digestión, cada

muestra se corrió durante 5 min. Por último, se lleva a cabo la titulación de las muestras con ácido clorhídrico 0.2 N. Para la determinación de proteína en la muestra, los resultados de % de Nitrógeno proteico se multiplicaron por el factor 6.38. Los cálculos se llevaron a cabo con la siguiente fórmula:

Ecuación 4. % de Proteínas

$$\% \text{ de Nitrógeno proteico} = \frac{N \times V \times 0.014}{m} \times 100$$

$$\% \text{ de Proteína} = \% \text{ de N} \times 6.38$$

Donde:

N = Normalidad del ácido utilizado en las titulaciones

V = Volumen en mL del ácido utilizado en las titulaciones

m = Peso de la muestra en gramos

3.7.4. DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO

Método AOAC 920.39. Se determinó usando un equipo Soxhlet con éter etílico como solvente. Se pesaron 2.5 g de muestra deshidratada, la cual se colocó en un cartucho de papel filtro. Se destinaron 150 mL de éter etílico en un matraz balón a peso constante y se montó el equipo de Soxhlet con flujo de agua fría, se realizaron tres repeticiones. Se mantuvo el reflujo durante 4 h. Posteriormente, se montó el equipo rota evaporador, se retiró el matraz balón con residuos de grasa y se recuperó el éter etílico. Por último, se llevó el matraz balón con residuos de grasa al horno durante 1 h, para su posterior pesaje a peso constante. Los cálculos se llevaron a cabo con la siguiente fórmula:

Ecuación 5. % Extracto Etéreo

$$\% \text{ de Extracto etéreo} = \frac{P1 - P2}{m} \times 100$$

Donde:

P1 = Peso en gramos del matraz con grasa

P2 = Peso en gramos del matraz sin grasa

m = Peso en gramos de la muestra

3.7.5. DETERMINACIÓN DE FIBRA DIETÉTICA

Se uso la metodología de Prosky *et al.*, 1988.

A partir de una muestra previamente desgrasada, se añadió 1 g en un matraz Erlenmeyer, se realizaron tres repeticiones. A cada uno de estos matraces se les añadió 50 mL de buffer de fosfato 0.08 M de pH de 6, posteriormente se cubrieron completamente con aluminio y se colocaron en un baño María a 95 °C, se les añadió 100 µL de α- amilasa

y se dejaron en este baño durante 30 min. A continuación, cada matraz se llevó a un pH de 7.5, y se colocaron en un baño María a 60 °C y posteriormente se añadió 100 µL de proteasa y se dejaron en este baño durante 30 min. Después cada matraz se llevó a un pH de 4.5, y posteriormente se les añadió 100 µL de amiloglucosidasa y de igual manera se mantuvieron en baño María durante 30 min a 60 °C.

Una vez digerida la muestra, se realiza un primer filtrado a cada matraz, con 400 mL de alcohol a 60 °C a través de un papel filtro de poro abierto a peso constante, donde el líquido filtrado se aforó a 500 mL con agua destilada y se dejara reposar durante 24 h. Posteriormente, se le realizaron otros 3 lavados a cada papel filtro con 30 mL de alcohol al 78 %, 30 mL de alcohol al 95% y acetona. Se secaron y llevaron a peso constante, para posteriormente pesarse y calcular la cantidad de fibra soluble en la muestra por diferencia de peso.

Pasadas las 24 h de reposo del líquido filtrado, cada uno se pasa a través de un papel de poro cerrado a peso constante. Posteriormente se le realizaron 4 lavados a cada papel filtro, con 30 mL de agua destilada, 30 mL de alcohol al 78%, 30 mL de alcohol al 95% y acetona. Se secaron y llevaron a peso constante, para posteriormente pesarse y calcular la cantidad de fibra insoluble en la muestra por diferencia de peso.

Por último, los papeles filtros correspondientes a dos de las repeticiones se llevan a determinación de nitrógeno proteico, mientras que los correspondientes a una repetición se llevan a determinación de cenizas, para así realizar los cálculos respectivos a fibra dietética total, de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ecuación 6. % Fibra Dietética

$$\% \text{ de Fibra dietética total} = [(R_{\text{MUESTRA}} - P_{\text{MUESTRA}} - A_{\text{MUESTRA}} - B) / PM] \times 100$$

Donde:

B = Corrección por el blanco de residuo, de proteína y cenizas en gramos ($B_{\text{BLANCO}} - A_{\text{BLANCO}}$)

R = Peso residuo promedio en gramos (Peso muestra inicial W_1 – peso residuo post-digestiones W_2)

P = Peso proteína promedio en el residuo postdigestiones en gramos

A = Peso cenizas promedio en el residuo postdigestiones en gramos

PM = Peso muestra inicial promedio en gramos

3.8. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Se determinaron los fenoles y flavonoides totales, además de la actividad antioxidante vía DPPH[•] y ABTS^{•+}.

3.8.1. PREPARACIÓN DEL EXTRACTO

Una vez que la fruta ha pasado por el proceso de secado, triturado y tamizado, a partir de la harina resultante se preparó un extracto siguiendo el método propuesto por Zapata *et al.*, 2014. Se extrajo el 51% de las antocianinas presentes en la muestra. El solvente utilizado fue una solución etanol-agua (50:50 v/v), y una relación materia prima/solvente de 1:3 a una temperatura de 36.6 °C y un pH de 2.2. El tiempo de extracción fue de 1 h en un baño de agua (LabTech®) a 100 rpm. Posteriormente, la mezcla se centrifugó a 4,000 rpm durante 20 min, donde se obtuvieron dos fases, el sobrenadante y el residuo. Este proceso extracción se utilizó de igual manera con el queso fortificado con harina de arándano y el queso testigo.

3.8.2. DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS FENÓLICOS O FENOLES TOTALES

La determinación de ácidos fenólicos se realizó por el método de Folin-Ciocalteu, como se describe en Makkar *et al.*, 1993, con modificaciones menores sugeridas por Treviño *et al.*, 2017. Se pipetearon 250 µL de muestra en los tubos de ensayo correspondientes, se les añadió 250 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (2 N) a cada uno, además de 250 µL de una solución de Na₂CO₃ al 7.5%. Se agitaron e incubaron a 40 °C durante 30 min. Se continuó añadiendo 2 mL de agua destilada y agitando la mezcla. Por último, las muestras se leyeron a una absorbancia de 750 nm en un espectrofotómetro (Shimadzu®). Se empleó ácido gálico como estándar. Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico (mg EAG).

3.8.3. DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES TOTALES

Los flavonoides totales se determinaron siguiendo el método propuesto por Liu *et al.*, 2002. Se pipetearon 150 µL de muestra en los tubos de ensayo correspondientes, se les añadió 150 µL de una solución de NaNO₂ al 5%, además de 150 µL de una solución de AlCl₃ al 10% y 1 mL de una solución de NaOH 1 M, se agitó la mezcla. Por último, las muestras se leyeron a una absorbancia de 510 nm en un espectrofotómetro (Shimadzu®). Empleando quercetina como estándar. Los resultados se expresaron como equivalentes de quercetina (mg EQ).

3.8.4. ENSAYO ANTIOXIDANTE DPPH*

La captación de radicales DPPH* se evaluó según lo descrito por Randhir y Shetty, 2007, con modificaciones propuestas por Treviño *et al.*, 2017. Se añadieron 50 µL de muestra a 2,950 µL de solución DPPH* 60 µM (DPPH* diluido en metanol), y se agito la mezcla. Se mantuvieron en incubación durante 30 min. Por último, las muestras se leyeron a una absorbancia de 517 nm en un espectrofotómetro (Shimadzu®). Se empleó ácido gálico como estándar. Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico

(mg EAG) o como el porcentaje de inhibición del radical DPPH• a partir de la siguiente formula:

Ecuación 7. % Inhibición DPPH

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = \frac{A_c - A_m}{A_c} \times 100$$

Donde:

Ac = Absorbancia del patrón de referencia

Am = Absorbancia de la muestra

3.8.5. ENSAYO ANTIOXIDANTE ABTS^{•+}

La captación de radicales ABTS^{•+} se evaluó conforme al método de Re *et al.*, 1999. Se preparó una solución madre que contenía 2:1 v/v de ABTS^{•+} 7 mM y una solución de persulfato de potasio 2.45 mM, la cual se dejó reposar durante 12 horas a temperatura ambiente y se ajustó con etanol a una absorbancia de 0.70 ± 0.02 nm a 734 nm. A continuación, se pipetearon 15 µL de muestra en los tubos de ensayo correspondientes, además de 1,485 µL de la solución preparada de ABTS^{•+}, se agitó la mezcla y se dejó reposar durante 15 min. Por último, las muestras se leyeron a una absorbancia de 734 nm en un espectrofotómetro (Shimadzu®). Empleando ácido gálico como estándar. Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico (mg EAG) o como el porcentaje de inhibición del radical ABTS^{•+} a partir de la siguiente formula:

Ecuación 8. % Inhibición ABTS

$$\% \text{ Inhibición ABTS} = \frac{A_c - A_m}{A_c} \times 100$$

Donde:

Ac = Absorbancia del patrón de referencia

Am = Absorbancia de la muestra

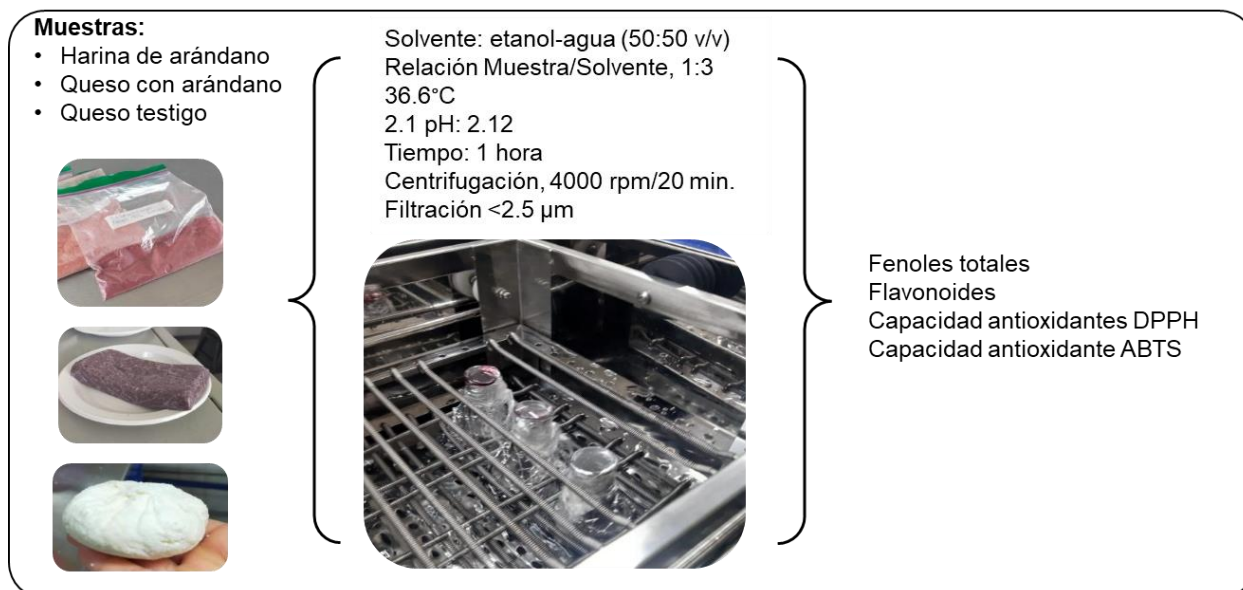


Figura 28. Determinación de Agentes y Capacidad Antioxidantes

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1. CURVAS DE SECADO

Se realizó una curva de secado para la fruta fresa. Se probaron tres temperaturas diferentes, 40, 50 y 60 °C, tomando muestras periódicas para determinar humedad, con un tiempo máximo de 60 min.

En general, se observó un comportamiento asintótico en la concentración de humedad a partir de las 48 h de secado, y con una humedad promedio del 12%. Así mismo, se observó que el tiempo óptimo de secado para llegar a este porcentaje de humedad a 40 y 50 °C fue de 48 h, y de 42 h para una temperatura de 60 °C. En función a lo anterior se decidió trabajar con una temperatura de 40 °C, ya que no hubo diferencias significativas en los resultados de las distintas temperaturas, y se tomó en consideración la susceptibilidad de daño por efecto de la temperatura de los compuestos antioxidantes. Los resultados se presentan en la Tabla 5. En dicha tabla se presenta el valor promedio de las diferentes curvas.

Tabla 5. Curva de Secado. Fresa 40, 50 y 60 °C

Tiempo (min)	% Humedad		
	40 °C	50 °C	60 °C
0	92.28 ± 0.7 ^a	91.71 ± 0.06 ^{a,b}	90.46 ± 0.3 ^b
24	22.3 ± 1.3 ^a	21.9 ± 0.4 ^{a,b}	19.7 ± 0.6 ^b
36	16.1 ± 1.1 ^a	15.9 ± 0.4 ^{a,b}	14.3 ± 0.5 ^b
42	14.1 ± 1 ^a	13.9 ± 0.3 ^{a,b}	12.6 ± 0.4 ^b
48	12.6 ± 0.9 ^a	12.4 ± 0.3 ^{a,b}	11.2 ± 0.4 ^b
54	11.3 ± 0.8 ^a	11.2 ± 0.3 ^a	10.1 ± 0.3 ^a
60	10.3 ± 0.8 ^a	10.2 ± 0.3 ^a	9.2 ± 0.3 ^a

* Valor promedio de 3 repeticiones. Medias en el mismo renglón con diferente superíndice son significativamente diferentes (p<0.05).

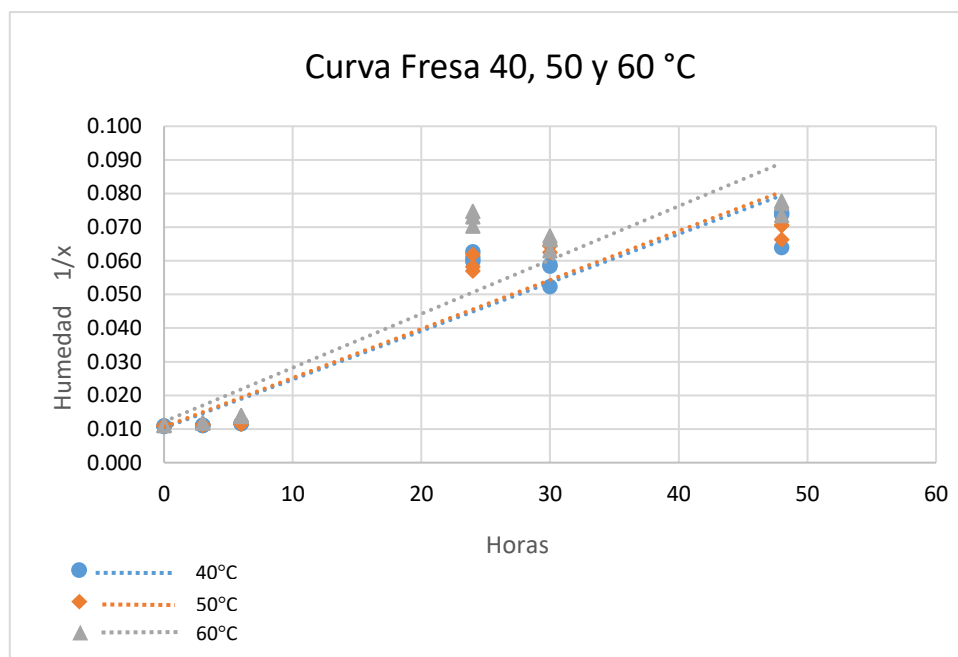


Figura 29. Gráfico Curva de Secado. Fresa 40, 50 y 60 °C

Para el arándano y la zarzamora no se realizaron curvas de secado.



Harina de Fresa



Harina de Zarzamora



Harina de Arándano

Figura 30. Harinas Elaboradas. Fresa, Zarzamora y Arándano

2. QUESO Y BERRIES

Se elaboraron quesos tipo frescos adicionados con harinas de frutas berries. El objetivo final fue que los nuevos quesos fueran un tipo de alimentos funcionales por la incorporación de antioxidantes y fibra dietética vía berries. El queso es un alimento muy completo, ya que posee alta concentración de proteínas y lípidos, y, por otro lado, las frutas berries poseen alta concentración de antioxidantes, fibra dietética y carbohidratos. Además, ambos alimentos aportaran vitaminas y minerales.

El primer paso fue implementar la tecnología para elaborar un queso fresco por el método enzimático.

2.1. ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO

Se utilizó la misma metodología de elaboración tanto para el queso fresco testigo como para los quesos frescos con la harina de las distintas berries, con la diferencia de que a los últimos se les añadió la harina de berries correspondientes.

2.2. INCORPORACIÓN DE LAS HARINAS DE BERRIES

Se desarrollaron cuatro nuevos productos: queso fresco con harina de fresa, QF; queso fresco con harina de zarzamora, QZ; queso fresco con harina de arándanos, QA; y un queso fresco con un 1/3 de cada una de las harinas de berries, fresa, zarzamora, y arándanos, QM. Así mismo, se elaboró un queso sin harinas como testigo, QT.

Se llevó a cabo la incorporación de las distintas harinas posterior al salado, ya que en caso de ser añadida en un proceso anterior al desuerado se podría perder parte de los componentes de la harina con el suero de la leche durante el desuerado. Se añadió posterior al salado para así asegurar un buen sabor e integración de ambos componentes.

Se incorporó un porcentaje de harina del 10% a cada queso fresco, de manera que tanto el color y el sabor del queso fresco con harina fueran los adecuados.

2.3. ANÁLISIS SENSORIALES

Después de elaborar los cuatro quesos nuevos, se evaluaron las propiedades sensoriales de color, olor, sabor y textura, y obtenido un promedio de estas, reportado como flavor. El objetivo es determinar cuál fue la mejor opción según los consumidores.

En el análisis sensorial se comparó cada uno de los quesos adicionados con harina en contraste con un queso fresco comercial. Cabe señalar que las pruebas de comparación se realizaron de manera individual, para evitar una saturación de sabores en el paladar

de los panelistas. La prueba fue tipo hedónica con panelistas no entrenados. Se contó con la participación de 12 panelistas, 6 hombres y 6 mujeres de entre 20 y 30 años. Se realizó el análisis estadístico utilizando la prueba de Tukey con 0.05% de significancia. Los resultados se presentan en la tabla 5.

Después del análisis estadístico, prueba de Tukey con 0.05 de significancia, se observó la diferencia entre el testigo y los quesos de fresa y zarzamora, no así entre el queso de arándano y la mezcla de las tres harinas. Así mismo, se observó que los quesos de arándano y la mezcla de las tres harinas tuvieron la mejor aceptación entre los jueces con respecto al queso testigo.

Tabla 6. Análisis Sensorial. Quesos con Harinas de Berries

Parámetro	QT	QF	QZ	QA	QM
Color	86.7 ± 4.7 ^a	56.7 ± 4.3 ^c	65.0 ± 6.9 ^{b,c}	73.3 ± 6.5 ^{a,b}	85.0 ± 3.7 ^a
Olor	76.7 ± 3.5 ^a	70.0 ± 7.0 ^{a,b}	58.3 ± 4.0 ^b	65.0 ± 6.9 ^{a,b}	71.7 ± 4.8 ^a
Textura	83.3 ± 3.5 ^a	55.0 ± 6.9 ^c	53.3 ± 3.9 ^c	81.7 ± 6.0 ^{a,b}	66.7 ± 5.9 ^{b,c}
Sabor	80.0 ± 5.1 ^a	48.3 ± 6.0 ^b	38.3 ± 1.7 ^b	71.7 ± 9.1 ^a	70.0 ± 7.0 ^a
Flavor	81.7 ± 2.2 ^a	57.5 ± 4.7 ^b	53.8 ± 3.0 ^b	72.9 ± 5.6 ^a	73.3 ± 4.0 ^a

* % de aceptación promedio de 12 panelistas. Medias en el mismo renglón con diferente superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$). QT= queso testigo; QF= queso con harina de fresa; QZ= queso con harina de zarzamora; QA= queso con harina de arándano; QM= queso con 1/3 de cada una de las harinas de berries, fresa, zarzamora, y arándanos.

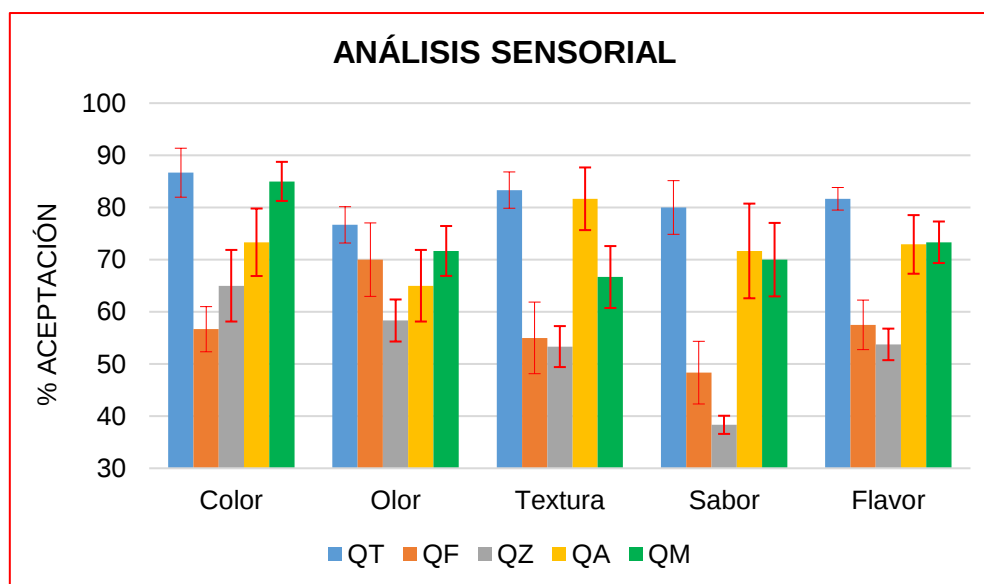


Figura 31. Resumen Análisis Sensorial. Quesos con Harinas de Berries

3. PRODUCTO TERMINADO. QUESO ARÁNDANO

Con base en los resultados obtenidos en los análisis sensoriales, se optó por trabajar con el queso fortificado con la harina de arándano, ya que de los cuatro quesos con los que se trabajó fue el que mayor aceptación tuvo en los parámetros de sabor y textura. Además de que este no mostró diferencia significativa ($\alpha=0.05$) con el queso fresco utilizado como testigo en el análisis sensorial.

A este queso se le realizó una caracterización y fue comparado con el queso testigo, es decir, un queso sin la incorporación de las harinas. Los parámetros evaluados fueron: fisicoquímicos, bromatológicos y de capacidad antioxidante.

3.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

Los resultados del análisis fisicoquímico fueron evaluados por medio de un análisis estadístico tipo prueba de Tukey con 0.05% de significancia. Los mismos se presentan en la Tabla 7, y fueron comparados con un queso fresco sin harina, testigo. Se observó diferencia significativa entre QT y QA en todos los parámetros, a excepción de a^* en el parámetro de color y la acidez. Esto nos permite concluir que la adición de la harina de arándano modifica las propiedades del queso.

Tabla 7. Caracterización Fisicoquímica. Queso Testigo y Queso Arándano.

Parámetro	QT		QA
pH	6.62 ± 0.01^a		6.29 ± 0.02^b
Acidez	0.18 ± 0.04^a		0.23 ± 0.02^a
Color	L^*	82.57 ± 0.82^a	33.40 ± 2.57^b
	a^*	1.29 ± 1.12^a	2.89 ± 0.69^a
	b^*	13.12 ± 0.64^a	3.53 ± 0.62^b

* Valor promedio de 3 repeticiones. Medias en el mismo renglón con diferente superíndice son significativamente diferentes ($p<0.05$). QA= queso con harina de arándano; QT= queso testigo.

3.1.1. pH

De acuerdo con lo establecido por Garrido (2014), el pH en un queso fresco es de máximo 6.44, mientras que Ramírez y Vélez (2012) señalan que el pH en un queso es $\text{pH} > 6.1$, valores cercanos al obtenido en el presente trabajo para QT. Podemos observar una diferencia significativa entre el pH de QT y el de QA, esto debido a la adición de la harina de arándano, ya que, de acuerdo con lo establecido por Bello *et al.*, 2012, los arándanos presentan un pH entre 3.2 y 3.8, lo que hace que este queso fresco con harina de arándano tenga un pH más bajo de lo normal.

3.1.2. ACIDEZ

De acuerdo con lo establecido por Garrido (2014) la acidez en un queso fresco tiene un porcentaje de máximo de 0.22; así mismo, López (2010) establece que la acidez de un queso fresco es de 0.20, los cuales son valores que concuerdan a lo obtenido para QT en el presente trabajo. Se obtuvo una acidez de 0.18 en QT y de 0.23 en el queso arándano, QA, pero no hay diferencia significativa entre ambos.

3.1.3. COLOR

De acuerdo con lo establecido por Quispe (2019) un queso fresco elaborado con cuajo de bovino presenta valores en L^* de 85.53, en a^* de -2.26 y en b^* de 7.1, valores que coinciden con lo observado para QT en el presente trabajo.

En la tabla 6 podemos observar una diferencia significativa en los parámetros de L^* y b^* , indicando que QA pierde luminosidad y se encuentra más cerca de ser un color azul ($-b$) a un color amarillento ($+b$) a comparación de QT, el cual tiene mucha luminosidad y sus coordenadas en b^* se acercan más a un color amarillento. Por otro lado, en a^* no hay una diferencia significativa entre QT y QA, esto debido a que ambos quesos no presentan colores que entren en estas coordenadas. Explicando así los cambios que ocurren en el color del queso fresco con la adición de la harina de arándano.

3.1.4. TEXTURA

Los resultados del análisis de textura se muestran en la tabla 8, los cuales fueron evaluados por medio de un análisis estadístico tipo prueba de Tukey con 0.05% de significancia. En esta se puede observar como existe una diferencia significativa entre QT y QA en los parámetros de dureza, elasticidad, gomosidad y masticabilidad; mientras que, por otro lado, no se encontró una diferencia significativa para los parámetros de adhesividad, cohesividad y resiliencia.

Tal como plantean Guzmán *et al.* (2015) un queso fresco de vaca con un valor promedio del 30% de contenido graso, en el primer día después de su elaboración, presenta los siguientes valores en sus parámetros texturales: una dureza de 17.2, adhesividad de -0.002, cohesividad de 0.61, elasticidad de 5.00, gomosidad de 10.49 y masticabilidad de 52.46. Mientras que Guerrero *et al.* (2015) expresan que un queso fresco de vaca presenta valores de 25.9 de dureza, 3.73 de elasticidad, 0.77 de cohesividad y -0.14 de adhesividad. Los resultados de ambos estudios concuerdan con los valores obtenidos en el presente trabajo para QT, cabe considerar que la elaboración de los quesos frescos en México se realiza mayoritariamente de manera artesanal, explicando de esta manera las pequeñas variaciones entre ambos autores y los presentes resultados.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se observa como la harina de arándano vuelve al queso fresco un alimento que necesita de menos energía

para ser consumido, esto debido a que en parámetros como dureza y masticabilidad en los valores en QA son significativamente más bajos comparados con QT. Pero a pesar de estos cambios en la textura, de acuerdo con el análisis sensorial, un queso fresco fortificado con harina de arándano es de agrado para el consumidor tanto como un queso fresco sin esta harina.

Tabla 8. Análisis de textura. Queso Testigo y Queso Arándano.

Parámetro	QT	QA
Dureza (N)	21.6 ± 1.1 ^a	8.55 ± 1.1 ^b
Adhesividad (kN)	0.3 ± 0.26 ^a	0.9 ± 0.75 ^a
Cohesividad	1.04 ± 0.02 ^a	1.01 ± 0.12 ^a
Elasticidad (mm)	3.11 ± 0.1 ^a	1.64 ± 0.1 ^b
Resiliencia	0.26 ± 0.01 ^a	0.1 ± 0.03 ^a
Gomosidad (N)	22.47 ± 1.4 ^a	8.61 ± 1.4 ^b
Masticabilidad (kg)	69.96 ± 6.05 ^a	14.1 ± 2.1 ^b

* Valor promedio de 3 repeticiones. Medias en el mismo renglón con diferente superíndice, son significativamente diferentes ($p < 0.05$). QA= queso con harina de arándano; QT= queso testigo.

3.2. ANÁLISIS BROMATOLÓGICO

Los resultados del análisis bromatológico del QA se compararon con un queso fresco y fueron analizados mediante la prueba de Tukey con 0.05% de significancia, Tabla 9.

Tabla 9. Análisis Bromatológico. Queso Fresco y Queso Arándano. Porcentaje

Parámetro	QT	QA
Humedad	48.97 ± 0.2 ^b	52.90 ± 0.005 ^a
Carbohidratos	3.86 ± 0.3 ^b	7.41 ± 1.4 ^a
Fibra	0 ^b	1.95 ± 0.3 ^a
Proteína	21.77 ± 0.3 ^a	16.64 ± 0.04 ^b
Lípidos	23.91 ± 0.1 ^a	19.95 ± 0.4 ^b
Cenizas	1.42 ± 0.2 ^a	1.15 ± 0.2 ^a
Kilocalorías	318	278
Fibra Insoluble	0 ^b	0.87 ± 0.1 ^a
Fibra Soluble	0 ^b	1.08 ± 0.3 ^a

* Valor promedio de 3 repeticiones. Medias en el mismo renglón con diferente superíndice, son significativamente diferentes ($p < 0.05$). QA= queso con harina de arándano; QT= queso testigo.

En esta tabla se observa como los parámetros de humedad, carbohidratos, fibra, proteína y lípidos tuvieron una diferencia significativa, mientras que el parámetro de cenizas no tuvo una diferencia significativa. Esta diferencia es debida a que en QA se adicionó un 10% de harina de arándano (m/m).

Un estudio similar con queso petit-Suisse de arándano azul con prebióticos, Rueda, *et al.* (2015) señala una composición química de proteína del 12.65%, lípidos del 32.10%, fibra del 8.40% y cenizas del 1.88%, donde comparan con un producto comercial con una composición química de 23.42% de proteína, 12.16% de lípidos, 0% de fibra cruda y 1% de cenizas. Observando similitudes con los resultados obtenidos en este trabajo, pero considerando que son distintos tipos de quesos.

Díaz *et al.* (2017) mencionan que los quesos frescos comercializados en Toluca, Estado de México, contienen una humedad del 42.71 al 66.66%. Por otro lado, Pulido *et al.* (2018) postula que el queso fresco contiene una humedad promedio del 52.19%; mientras que de manera similar la USDA (2019) declara un valor promedio del 51.4%. Valores que coinciden con los obtenidos en el presente trabajo para QT. En la tabla 8 se observa una diferencia significativa entre los valores de QT y QA, donde se puede apreciar la influencia de la harina de arándano en el porcentaje de humedad, y habiendo un aumento en el mismo del 8.0%.

De acuerdo con lo establecido con Díaz *et al.* (2017) un queso fresco comercializado en Toluca, Estado de México, contiene de 2.65 a 5.24% de cenizas; mientras que Pulido *et al.* (2018) declara un 3.4% de cenizas en quesos frescos, y la USDA (2019) menciona que este tipo de alimentos contienen un 3.68% de cenizas, y siendo los valores obtenidos en el presente trabajo para QT un poco bajos a comparación de los otros autores. En la tabla 8 se observa que no hay una diferencia significativa entre QT y QA.

Desde el punto de vista proteico, Díaz *et al.* (2017) señala que los quesos frescos comercializados en Toluca, Estado de México, tienen del 16.81 al 26.62% de proteínas, mientras Pulido *et al.* (2018) señala un valor de 20.81% y la USDA (2019) de 18.1%. El queso fresco evaluado en el presente trabajo tuvo un valor de 21.8%, lo que concuerda con lo reportado. Por otro lado, el queso con arándano disminuyó en este rubro, ya que la harina de arándano no es una buena fuente de proteínas. La disminución fue del 24%. Así mismo observamos algo similar con los lípidos. El QT tiene un valor de 23.9% y el QA de 20.0, equivalente a una disminución del 17%. Díaz, *et al.* (2017) reporta valores del 12% al 32% en quesos frescos del Estado de México, Pulido, *et al.* (2018) del 21.13%, y la USDA (2019) del 23.8%, valores que se asemejan a los obtenidos en el presente trabajo para QT.

Uno de los objetivos de este trabajo fue la incorporación de fibra dietética en el queso, ya que este de forma natural no la contiene. Podemos observar que se cumplió con la

meta planteada. El queso de arándano presenta un valor de fibra dietética total de 1.95%, donde el 0.87% representa a la fibra insoluble, y el 1.08% representa a la fibra soluble.

Un detalle es que la concentración de carbohidratos aumento considerablemente en el queso QA, y, por tanto, disminuyeron las concentraciones de proteínas y lípidos. El aumento en carbohidratos fue de casi el doble, 3.9% para QT y de 7.4% en QA.

También observamos un cambio con respecto a las kilocalorías calculadas, donde de acuerdo con la tabla 9, la adición del 10% de la harina de arándano realiza un cambio notorio entre QT y QA, ya que hay una disminución del 12.57% de kilocalorías en QA respecto a QT, debido principalmente a la disminución de contenido graso y proteína que se da en QA.

3.3. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

También se realizó un análisis de compuestos antioxidantes, fenoles y flavonoides totales, y la capacidad antioxidante vía DPPH[•] y ABTS^{•+}, en queso fresco y queso con arándano, además se incluyó el análisis correspondiente a la harina de arándano. Los resultados se pueden observar en la Tabla 10.

Acorde a Vázquez *et al.* (2012) en un estudio sobre la funcionalidad de distintas variedades de arándanos el mayor contenido de fenoles totales obtenidos fue 726.94 mg EAG/100 g de peso fresco, y el menor de 414.48 mg EAG/100 g, esto debido a que se evalúan distintas variedades. Mientras que, en estudios realizados por Paulino *et al.* (2013) específicamente de la variedad de *V. Corymbosum* L. obtienen hasta 357 mg/100 g de polifenoles totales, mientras que Sellapam *et al.* (2002) determinan hasta 399.3 mg/100 g, esto en variedades provenientes de Argentina y Estados Unidos. Por otro lado, en un estudio realizado por Anticono *et al.* (2016) en arándanos frescos de esta misma variedad provenientes de España encontraron hasta 361.3 mg EAG/100 g de fenoles totales. Estos valores concuerdan con los valores obtenidos de fenoles totales en el presente trabajo en la harina de arándano, con un valor de 415.08 mg EAG/100 g.

En otros estudios, Vázquez *et al.* (2012) señalan valores de flavonoides de 726.60 mg EAG/100 g de peso fresco como los valores más altos y de 444.34 mg EAG/100 g como los valores más bajos, esto debido a que fueron distintas las variedades evaluadas. Valores que concuerdan con los obtenidos en el presente trabajo en los flavonoides de la harina de arándano, con valores de 953.72 mg EAG/100 g, ya que, a pesar de tener valores un poco más elevados, esto se explica debido a que las distintas determinaciones se realizaron en los arándanos deshidratados, por ende, hubo una mayor concentración de estos componentes.

Desde el punto de vista de los quesos, QT y QA, encontramos diferencia a nivel de polifenoles totales y flavonoides con una diferencia significativa de $\alpha=0.05$. Esta diferencia

se explica con el porcentaje de harina añadido en el queso de arándano, QA, y, además, los valores que se muestran en QA representan aproximadamente el 10% de los valores obtenidos para HA.

Tabla 10. Capacidad Antioxidante.

Parámetro	HA	QT	QA
Fenoles Totales (mg EAG/100 g)	415.08 ± 30.47 ^a	4.04 ± 0.25 ^c	34.87 ± 2.19 ^b
Flavonoides (mg EAG/100 g)	953.72 ± 74.80 ^a	7.18 ± 2.97 ^c	64.84 ± 2.99 ^b
DPPH (mg EAG/100 g)	84.80 ± 1.37 ^a	ND	8.89 ± 1.30 ^b
% de Inhibición	87.76 ± 1.40 ^a	ND	10.08 ± 1.33 ^b
ABTS (mg EAG/100 g)	8.7 ± 0.77 ^a	ND	1.2 ± 0.70 ^b
% de inhibición	79.44 ± 7.16 ^a	2.68 ± 0.22 ^b	10.52 ± 6.5 ^b

* Valor promedio de 3 repeticiones. Medias en el mismo renglón con diferente superíndice son significativamente diferentes ($p < 0.05$). HA= harina de arándano; QA= queso con harina de arándano; QT= queso testigo. ND=No detectable (<1mg EQ/ 100 g).

En los ácidos fenólicos de QA encontramos exactamente el 8.45%, tomando como referencia del 100% los valores presentes en HA, mientras que en los flavonoides de QA encontramos exactamente el 6.8%, esta disminución se puede explicar debido al cambio de pH. El pH en un queso fresco es aproximadamente del 6.1 de acuerdo con lo reportado por Ramírez y Vélez (2012), mientras que Zapata *et al.* (2014) mencionan que el rendimiento de extracción de antocianinas totales es mayor, a pH bajo, evitando así cierto porcentaje de degradación de estos compuestos.

En el ensayo antioxidante DPPH* de QA encontramos exactamente el 10.5%, tomando como referencia del 100% los valores presentes en HA, y un % de inhibición en QA del 12.3% con respecto al valor obtenido en HA; por otro lado, en el ensayo antioxidante ABTS** de QA encontramos exactamente el 13.8%, tomando como referencia del 100% los valores presentes en HA, y un % de inhibición de QA del 13.2% con respecto al valor obtenido en HA.

Estudios previos han reportado que las proteínas de origen lácteo tienen capacidad para ejercer actividad antioxidante (Chen y Li, 2012; Soares de Castro y Harumi-Sato, 2014; y Juárez, 2015), además de que también podemos encontrar vitaminas solubles antioxidantes en el queso, como α -tocoferol y β -caroteno, de las cuales la cantidad presente depende de la ingesta de pasto fresco (La Terra *et al.*, 2010; Marino *et al.*, 2012; Hidalgo 2018), lo cual se relaciona con los resultados obtenidos para QT en la Tabla 9,

que, aunque sea en cantidades mínimas, el queso fresco cuenta con la capacidad para ejercer actividad antioxidante.

De acuerdo con la Tabla 10 encontramos diferencia significativa ($p=0.05$) entre QA y QT para la mayoría de los parámetros medidos, además observamos que QA presenta una diferencia significativa en la cantidad de ácidos fenólicos y flavonoides comparado con QT, con un aumento significativo de estos componentes por la adición de la harina de arándano; de igual manera en el ensayo antioxidante DPPH*, tanto en mg EAG/100 g y el % de inhibición encontramos una diferencia significativa, observando que en QT los resultados son mínimos hasta el punto de ser no detectables; por otro lado, en el ensayo antioxidante ABTS** de QA, tanto en mg EAG/100 g y el % de inhibición no encontramos diferencia significativa comparado con QT, esto debido a la poca cantidad de captación de radicales libres por parte de este radical incluso en HA, observando que la cantidad de ABTS** (mg EAG/100 g), a pesar de no ser detectable en QT, no hay diferencia significativa por la poca cantidad encontrada en QA.

Definitivamente la adición de la harina de arándano al queso fresco aportó compuestos antioxidantes, y capacidad antioxidante. Así mismo, un consumo de 38 g de este queso fortificado con harina de arándano puede cumplir con una ingesta normal de flavonoides de 20 a 26 mg/día reportada por Coronado *et al.* (2015).

VII. CONCLUSIONES

Se obtuvieron diferentes harinas de frutas tipo berries por secado en horno y su posterior adición a un queso tipo fresco con el objetivo de proporcionar fibra dietética y agentes antioxidantes al queso. La adición de las harinas fue del 10% con respecto al queso.

El método de deshidratación en horno de secado es un método fácil y accesible para obtener harinas de frutas, el cual se usó para obtener harinas de frutas tipo berries. Se observó que a una temperatura de 40°C durante 48 horas se obtiene una humedad aproximada del 12%, evitando un posible daño a los antioxidantes por efecto de la temperatura.

Los quesos elaborados con harinas de fresa y zarzamora presentaron diferencias en sus propiedades sensoriales con respecto a un queso fresco comercial que se usó como testigo, pero no se encontró diferencia estadística con el queso hecho a base de harina de arándano y con el queso hecho con la mezcla de harinas de fresa, zarzamora y arándano. Se optó por trabajar con el queso fortificado con harina de arándano.

Existe una diferencia significativa en las propiedades fisicoquímicas y bromatológicas entre un queso fresco testigo y el queso fresco fortificado con harina de arándano, esto se debe a los cambios presentados por la adición del 10% de harina de arándano. El queso elaborado con harina de arándano presentó un incremento en fibra dietética de 1.95%, considerando que el queso fresco normal no posee fibra. Este nuevo producto posee una humedad de 53.2%, 7.4% de carbohidratos, 1.9% de fibra dietética, 16.4% de proteínas, 19.9% de lípidos y 1.2% de cenizas, y con un valor calórico de 276 kcal/100 gramos.

La adición de la harina de arándano aportó un incremento aproximadamente del 10% de los valores totales de fenoles, flavonoides, DPPH y ABTS al queso, los que corresponden a los valores de la harina de arándano añadida, con algunas variaciones debido a la estabilidad de este tipo de compuestos. El queso fresco por sí solo presentó fenoles y flavonoides, pero éstos se incrementaron notablemente con la adición de la harina de arándano. Así mismo, no hay actividad DPPH y ABTS en el queso fresco testigo, y sí se presenta en el nuevo queso adicionado con harina de arándano.

El nuevo desarrollo, queso fortificado con harina de arándano, mostró ser del agrado del consumidor, además de contener todos los beneficios nutricionales que este queso podría aportar, presencia de fibra dietética y antioxidantes, los cuales lo transforman en un alimento funcional.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- AACC, (2000). American Association of Cereal Chemists. Approved methods. 9a ed. St. Paul, MN.
- Aguilera, M., Alanis, M. G., García, C. L. y Hernández, C. M. (2015). Caracterización y estabilidad de antocianinas de higo, variedad Misión. *Universidad y Ciencia*, 25(2), 151-158.
- Alcivar, L. (2019). Influencia de tres temperaturas en la pérdida de vitamina C en láminas de frutilla deshidratadas (Doctoral disertación, Universidad Agraria del Ecuador).
- Aldaba, J., Concha, V., Enciso, V., Carranza, J. (2016). Funcionalidad del arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(1), 423-428.
- American Dietetic Association. (1999) Position of the American Dietetic Association. Functional foods. *J Amer Diet Assoc*; 99: 1278-1285.
- Amuchástegui, A. (2015). Caracterización del perfil de carbohidratos y ácidos orgánicos en diferentes variedades de quesos. Universidad Nacional del Litoral.
- Antiocona, M. L., y Frígola, A. (2016). Determinación de polifenoles totales en arándanos y productos derivados. *UCV-Scientia*, 8(1), 13-21.
- Aqil, F., Gupta, A., Munagala, R., Jeyabalan, J., Kausar, H., Sharma, R. J., y Gupta, R. C. (2012). Actividades antioxidantes y antiproliferativas de extractos enriquecidos con antocianinas/elagitaninos de *Syzygium cumini* L. (Jamun, la mora india). *Nutrición y Cáncer*. 64(3), 428-438.
- Astiasarán I. y Martínez J. (2000). Alimentos Composición y propiedades. McGraw-Hill. Interamericana de España, S. A. U.
- Ayala, F., Barrera, C. C., Cortés, C., Montoya, R. D. C., García, M. E., y Rodríguez, A. R. (2019). Antioxidantes en asma: polifenoles. *Medicina interna de México*, 35(2), 223-234.
- Bello, F., Almirón, N., Beltramini, N., & Vázquez, D. (2012). Comportamiento postcosecha de variedades patentadas de arándanos cultivadas en Entre Ríos (Argentina). *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 13(1), 31-36.
- Bonilla, M. C. (2008). Extracción, caracterización y estabilidad de antocianinas y otros compuestos antioxidantes obtenidos a partir de zarzamora. [Tesis profesional, Universidad de las Américas Puebla].
- Cabezas, M. E., y Hernández, J. S. (2018). Análisis bromatológico de los componentes de los alimentos funcionales y su relación con la publicidad, Universidad del Desarrollo, 2018 (Doctoral disertación, Universidad del Desarrollo. Facultad de Ciencias de la Salud).
- Cámara de Comercio de Lima (2017). Arándanos. [Archivo PDF].
<https://apps.cameralima.org.pe/RepositorioAPS/0/0/par/ESTUDIO8/Oportunidades-y-retos-en-la-exportaci%C3%B3n-de-ar%C3%A1ndanos.pdf>
- Cámara Nacional de Industriales de la Leche. (2021). Estadísticas del Sector Lácteo 2010-2020. [Archivo PDF].
<https://www.canilec.org.mx/wp-content/uploads/2021/04/Compendio-del-Sector-Lacteo-2021.pdf>

- Castro, M. (2019). Polifenoles: compuestos bioactivos con efectos benéficos en la prevención de diabetes tipo 2. Revista digital RED Cien.
- Chen, M., y Li, B. (2012). El efecto de los pesos moleculares en la supervivencia de los péptidos antioxidantes derivados de la caseína tras la digestión gastrointestinal simulada. Ciencia Alimentaria Innovadora y Tecnologías Emergentes, 16, 341-348.
- Córdova, J. S. (2009). Determinación de parámetros para obtención y conservación de cuajo de bovino adulto. [Tesis profesional, Universidad Nacional del Centro del Perú].
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., y Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. Revista Chilena de Nutrición, 42(2), 206-212.
- De Michelis, A., y Ohaco, E. (2012). Deshidratación y desecado de frutas, hortalizas y hongos. Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala. [https://inta. Gob. Ar.](https://inta.gob.ar)
- Della Rocca, P. A., y Mascheroni, R. H. (2011). Deshidratación de papas por métodos combinados de secado: deshidratación osmótica, secado por microondas y convección con aire caliente. Proyecciones, 1667-8400.
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (2019). Central de datos de alimentos. <https://fdc.nal.usda.gov/index.html>
- Díaz Galindo, E. P., Valladares Carranza, B., Gutiérrez Castillo, A. D. C., Arriaga Jordán, C. M., Quintero-Salazar, B., Cervantes Acosta, P., & Velázquez Ordoñez, V. (2017). Caracterización de queso fresco comercializado en mercados fijos y populares de Toluca, Estado de México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias, 8(2), 139-146.
- Enrique, D., y Pérez, R. (2011). Cinética del secado convectivo del camarón dulceacuícola (*Macrobrachium jelskii*) a dos temperaturas y dos velocidades de aire. Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos, 2(1), 158-172.
- Escudero, E., y González, P. (2006). La fibra dietética. Nutrición Hospitalaria, 21, 61-72.
- Fito Maupoey, P. (2001). Introducción al secado de alimentos por aire caliente.
- Franceschinis, L. E. (2016). Propiedades fisicoquímicas y funcionales de productos deshidratados en base a cerezas y zarzamoras de la Patagonia argentina (Doctoral disertación, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- Garrido Navarro, R. I. (2014). Elaboración de queso fresco tipo mezcla (leche de cabra y leche de vaca) y determinación de sus características fisicoquímicas y sensoriales. (Tesis de titulación, Universidad Nacional de Piura).
- Gascón, A., Muravnick, N., y Andreuccetti, C. (2013). Desecación y deshidratación de vegetales. Manual y Esquemas de Las Elaboraciones Industriales. Cátedra de Industrias Agrarias-Departamento de Tecnología Agroindustrial.
- Gómez, G., Arce, M., y Chinnock, A. E. (2021). Consumo de fibra dietética en la población urbana costarricense. Revista Médica de la Universidad de Costa Rica, 15(2), 1-13.
- Goñi, S., y Salvadori, V. O. (2015). Medición de color de alimentos en el espacio CIELAB a partir de imágenes. III Jornadas de Investigación, Transferencia y Extensión de la Facultad de Ingeniería.

- González, P. Y., Alanís, E., Delgado, L., y Cruz, N. S. (2021). Fibra dietética: historia, definición y efectos en la salud. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 9(18), 187-195.
- Guerrero, C., Salas, W. F., y Baldeón, E. O. (2015). Evaluación instrumental de la textura del queso elaborado con suero concentrado por ultrafiltración. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(3), 273-282.
- Guzmán, L. E., Tejada, C., De La Ossa, Y. J., y Rivera, C. A. (2015). Análisis comparativo de perfiles de textura de quesos frescos de leche de cabra y vaca. *Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 13(1), 139-147.
- Hidalgo, M. Á. G. (2018). Estrés oxidativo y antioxidantes. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 22(1), 29-46.
- Horwitz, W., Senzel, A., Reynolds, H., y Park, D. L. (1975). Métodos oficiales de análisis de la AOAC. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales.
- Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (2016). Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios. [Archivo PDF]. https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf
- Juárez, J. (2015). Efecto del Ultrasonido de Potencia Alta en el Perfil de Textura y la Actividad Antioxidante en el Queso Fresco de Cabra. [Doctoral disertación, Universidad Autónoma de Chihuahua].
- La Terra, S., Marino, V.M., Manenti, M., Licitra, G. y Carpino, S. (2010). El aumento de la ingesta de pastos mejora los ácidos grasos poliinsaturados y los antioxidantes lipofílicos en el plasma y la leche de vacas lecheras alimentadas con una ración mixta total. *Ciencia y tecnología de los productos lácteos*, 90(6), 687-698.
- Lafuente, D. (2008). Física del Color y su utilidad en Odontología. *Revista Científica Odontológica*, 4(1), 10-15.
- Liu, C. L., Wang, J. M., Chu, C. Y., Cheng, M. T., Tseng, T. H. (2002). Efecto protector in vivo del ácido protocatechuico sobre la hepatotoxicidad en ratas inducida por el hidropéroxido de terc-butilo. *Toxicología alimentaria y química*, 40(5), 635-641.
- López, I. K. (2010). Propiedades fisicoquímicas, texturales y sensoriales del queso elaborado en el municipio de Vega de Alatorre, Ver., y su relación con algunas características del queso de La Joya, Ver. [Tesis para Maestría, Universidad Veracruzana].
- Makkar, H. P., Blümmel, M., Borowy, N. K., Becker, K. (1993). Determinación gravimétrica de los taninos y sus correlaciones con los métodos de precipitación química y proteica. *Revista de la Ciencia de la Alimentación y la Agricultura*, 61(2), 161-165.
- Marino, V.M., Schadt, I., La Terra, S., Mannenti, M., Caccamo, M., Lietra, G. y Carpino, S. (2012). Influencia de la temporada y la alimentación con pastos en el contenido de α -tocoferol y β -caroteno en la leche de vacas Holstein Brown Swiss y Medicine en Sicilia. *Ciencia y tecnología de los productos lácteos*, 92, 501-513
- Mujumdar, A. S. (1997). Fundamentos del secado. *Secado industrial de alimentos*, 1, 7-30.
- Muñoz, M. (2010). Composición de alimentos. McGraw-Hill Interamericana editores, S.A. de C.V.
- NOM-051-SCFI/SSA1-2010. Especificaciones generales de etiquetado de alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.

http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4010/seeco11_C/seeco11_C.htm

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). Datos sobre alimentación y agricultura.

<https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>

Ortiz, A. (2020). Competitividad de las Empresas Exportadoras Frutícolas en Michoacán, México en el año 2018 [Tesis de Doctorado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo].

Panico, AM. Garufi, F. Nito, S. Di Mauro, R. Longhitano, RC. Magrì, G. Catalfo, A. Serrentino ME. y De Guidi, G. (2009). Antioxidant activity and phenolic content of strawberry genotypes from *Fragaria x ananassa*. *Biología Farmacéutica*, 47 (3), 203-208.

Paulino, C., Kessler, A., Ochoa, M., y De Michelis, A. (2013). Compuestos bioactivos en frutas pequeñas de la Patagonia Argentina: Efecto del solvente de extracción en su determinación cuantitativa. *Revista ReCiTeIA*.

Prosky, L., Asp, NG, Schweizer, TF, Devries, JW y Furda, I. (1988). Determinación de fibra dietética insoluble, soluble y total en alimentos y productos alimenticios: estudio Inter laboratorio. *Revista de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales*, 71 (5), 1017-1023.

Pulido, R., Pinzón, D. M., & Tarazona Díaz, M. P. (2018). Caracterización nutricional, microbiológica y sensorial de queso fresco. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 38(3), 74-9.

Quispe Ramos, C. (2019). Efecto de los cuajos naturales sobre el rendimiento, consistencia y color en la elaboración del queso fresco. [Tesis de titulación, Universidad Nacional José María Arguedas].

Ramírez, C. y Vélez, J. F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 6(2), 131-148.

Randhir, R., Shetty, K. (2007). Las judías mungo procesadas por bioconversión en estado sólido mejoran el contenido fenólico y la funcionalidad relevante para el manejo de la diabetes y las úlceras. *Ciencia Alimentaria Innovadora y Tecnologías Emergentes*, 8(2), 197-204.

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., Rice-Evans, C. (1999). Actividad antioxidante aplicando un ensayo mejorado de decoloración de radicales ABTS. *Biología y Medicina de los radicales libres*, 26(9-10), 1231-1237.

Rodiles O. y Zamora R. 2020. Secado en la industria de alimentos. *Revista TecnoAgro*. Año. 21. No. 143. 18-21

Rueda, S. M., Sánchez, E., y Lara, A. V. (2015). Queso petit-suisse de arándano azul con prebióticos. *Omnisciente Monographs*.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2017). Crece la producción de frambuesa en México.

<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/crece-la-produccion-de-frambuesa-en-mexico>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). Cultivo del arándano en México, reto superado.

<https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/cultivo-del-arandano-en-mexico-reto-superado>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). México es el “número uno” gracias a la zarzamora.

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/mexico-es-el-numero-uno-gracias-a-la-zarzamora>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). La fresa en la Ciudad de México.

<https://www.gob.mx/agricultura/cdmx/articulos/la-fresa-en-la-ciudad-de-mexico?idiom=es>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2021). Zarzamora, la frutilla número uno de México.

<https://www.gob.mx/agricultura/articulos/zarzamora-la-frutilla-numero-uno-de-mexico#:~:text=La%20zarzamora%20es%20toda%20una,m%C3%A1s%20queridos%20a%20nivel%20internacional.&text=La%20zarzamora%20es%20una%20peque%C3%B1a,%2C%20junio%2C%20noviembre%20y>

Sellappan, S., Akoh, C. & Krewer, G. (2002). Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de arándanos y moras cultivados en Georgia. *Revista de Química Agrícola y Alimentaria*, 50(8), 2432-2438.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). Berries, frutillas, frutos rojos, bayas mexicanas... entre lo común y lo biológico. <https://www.gob.mx/siap/articulos/berries-frutillas-frutos-rojos-bayas-mexicanas-entre-lo-comun-y-lo-biologico-para-identificar-estos-frutos-que-se-posicionan-en-el-mercado-nacional-e-internacional?idiom=es>

Sette, P. A. (2015). Tecnologías combinadas para el desarrollo de productos de frambuesa deshidratados (Doctoral disertación, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

Skrovankova, S. Sumczynski, D. Mlcek, J. Jurikova, T. y Sochor, J. (2015). Compuestos bioactivos y actividad antioxidante en diferentes tipos de bayas. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 16(10), 24673-24706.

Soares de Castro, R. J. y Harumi-Sato, H. (2014). Ventajas de una proteasa ácida de *Aspergillus oryzae* sobre los preparados comerciales para la producción de hidrolizados de proteína de suero con actividades antioxidantes. *Biocatálisis Biotecnología Agrícola*, 3, 58-65.

Spencer, J. P., Abd El Mohsen, M. M., Minihane, A. M. y Mathers, J.C. (2008). Biomarcadores de la ingesta de polifenoles en la dieta: puntos fuertes, limitaciones y aplicación en la investigación nutricional. *Revista Británica de Nutrición*, 99, 12-22.

Stoner, G. D., Wang, L. S., y Casto, B. C. (2008). Estudios clínicos y de laboratorio sobre la quimio prevención del cáncer mediante antioxidantes en las bayas. *Carcinogénesis*, 29(9), 1665-1674.

Talens, P. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Del Medio Natural.

Tarín, M. (2015). Evaluación de la calidad funcional de extractos de mora y fresa liofilizada [Doctoral disertación, Universitat Politècnica de València].

- Tonelli, B. (2010). Cátedra Horticultura Cultivo de Frutilla, 3.
- Treviño, G. D. M., Sánchez, A. E. J., Gontes, P. I. C., Wong, P. R., Rojas, R., Martínez, A. G. C. G. (2017). Perfil antioxidante de diversos tipos de infusiones y tés comerciales en México. *Revista Americana de Investigación Científica para la Ingeniería, la Tecnología y las Ciencias*, 31(1), 67-77
- Vázquez, S., Guillén, R., Jaramillo, S., Jiménez, A., y Rodríguez, R. (2012). Funcionalidad de distintas variedades de arándanos. In *Presentación de poster en el VII Congreso Español de Ingeniería en Alimentos*, Ciudad Real, Madrid.
- Villanueva, R. (2019). Fibra dietaria: una alternativa para la alimentación. *Ingeniería Industrial*, (37), 229-242.
- Villegas, A. (2004). *Tecnología quesera*. Editorial Trillas, S. A de C. V.
- Villegas, A., y de la Huerta, R. (2015). Naturaleza, evolución, contrastes e implicaciones de las imitaciones de quesos mexicanos genuinos. *Estudios sociales (Hermosillo, Son.)*, 23(45), 213-236.
- Walstra P., Wouters J.T.M. y Geurts T.J. (2006). *Ciencia y tecnología de los productos lácteos*. CRC Press. Nueva York, EE.UU. 140-155 pp.
- Zapata, L. M., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Malleret, A. D., Clemente, G., & Cárcel, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, (49), 166-192.