



Universidad Nacional Autónoma de México



Facultad de Química

Perspectivas actualizadas del consumo de jengibre y su efecto integral en la salud.

Trabajo Monográfico de Actualización

Para Obtener el Título de:
QUÍMICA DE ALIMENTOS.

PRESENTA

Viviana Rosalía Tello Mendoza.

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Pedraza Chaverri.

Ciudad Universitaria, CDMX. 2021.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: GAVILANES RUIZ MARINA.

VOCAL: CASILLAS GOMEZ FRANCISCO JAVIER.

SECRETARIO: PEDRAZA CHAVERRI JOSE.

1er: SUPLENTE: ABRAJAN VILLASEÑOR LUIS ORLANDO.

2do: SUPLENTE: GARCIA ARRAZOLA ROEB.

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Laboratorio 209, Edificio F1, 2° Piso, Departamento de Biología, Facultad de Química, Exterior S/N, Coyoacán, Cd. Universitaria, C.P. 04510, Ciudad de México.

ASESOR DEL TEMA: Dr. José Pedraza Chaverri.

SUSTENTANTE: Viviana Rosalía Tello Mendoza.

CONTENIDO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	5
RESUMEN.....	8
OBJETIVOS GENERALES.....	9
1. Marco teórico.....	9
2. Consumo del jengibre en el mundo.....	12
3. Moléculas con acción terapéutica derivadas del jengibre y su biosíntesis.....	15
4. Efectos antioxidantes.....	20
5. Efectos antimicrobianos.....	23
6. Efectos contra náuseas y vómitos	26
7. Efectos anticancerígenos	27
8. Efectos contra enfermedades neurológicas	33
9. Efectos antiinflamatorios.....	34
10. Perspectivas del consumo de jengibre como tratamiento contra enfermedades...35	
11. Desarrollo de un Nuevo Producto.....	38
11.1 Justificación.....	38
11.2 Definición del producto a elaborar.....	39
11.3 Desarrollo de nuevo producto.....	39
11.4 Propuesta inicial de formulación del producto.....	40
11.5 Proceso de elaboración.....	44
11.6 Costos.....	45
11.7 Información nutrimental.....	45
CONCLUSIONES.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Figuras

Figura 1. Producción mundial promedio de jengibre del año 1994 al 2019.....	12
Figura 2. Principales 10 productores de jengibre en el mundo.....	13
Figura 3. Estructuras químicas de los diversos análogos de GN y S aislados del rizoma de jengibre.....	15
Figura 4. Esquema de la vía de señalización PI3K/AKT.....	29
Figura 5. Esquema de factores implicados en la formulación de nuevos productos alimenticios.....	40
Figura 6. Diagrama de procesamiento del batido.....	44
Figura 7. Etiqueta con información nutrimental del batido vegetal.....	47

Tablas

Tabla 1. Producción mundial de jengibre por toneladas.....	13
Tabla 2. Rendimiento de jengibre en el mundo.....	14
Tabla 3. Presentación del jengibre en las exportaciones mundiales.....	15
Tabla 4. Principales componentes del jengibre fresco en una porción de 100 g.....	16
Tabla 5. Formulación inicial del batido con jengibre para una porción de 750 mL.....	41
Tabla 6. Composición nutrimental del apio en una porción comestible de 100 g.....	42
Tabla 7. Composición nutrimental del betabel en una porción comestible de 100 g.....	42
Tabla 8. Composición nutrimental del jengibre en una porción comestible de 100 g.....	42
Tabla 9. Composición nutrimental del limón en una porción comestible de 100 g.....	43
Tabla 10. Composición nutrimental de la manzana en una porción comestible de 100 g.....	43
Tabla 11. Composición nutrimental de la miel en una porción comestible de 100 g.....	43
Tabla 12. Composición nutrimental de la piña en una porción comestible de 100 g.....	44
Tabla 13. Costos de materia prima y productos, porcentaje de impacto de cada ingrediente en el costo y precios mínimo e ideal de venta.....	45
Tabla 14. Formulación, cantidad de sólidos, porcentaje de humedad, nutrimentos críticos y rendimiento.....	46
Tabla 15. Aporte nutrimental del batido vegetal.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Significado
3CLpro	proteasa de tipo 3-quimotripsina
6-DG	6-dehidrogingerdiona
2-GN	2-gingerol
4-GN	4-gingerol
6-GN	6-gingerol
7-GN	7-gingerol
8-GN	8-gingerol
9-GN	9-gingerol
10-GN	10-gingerol
12-GN	12-gingerol
4-SG	4-shogaol
6-SG	6-shogaol
ABTS	2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)
AE	Aceites esenciales de jengibre
AINE	Fármacos antiinflamatorios no esteroideos
ADN	Ácido desoxirribonucleico
AGMI	Ácidos Grasos Mono Insaturados
AGPI	Ácidos Grasos Poli Insaturados
AGS	Ácidos Grasos Saturados
AMPK	Receptor del factor de crecimiento epidérmico
AP-1	Factor de transcripción
APC	Células presentadoras de antígeno
ARNm	Ácido ribonucleico mensajero
CCL2	Ligando 2 de quimiocinas CC
COVID-19	Coronavirus del año 2019
COX-2	Enzima ciclooxigenasa-2
D-GN	Dextro gingerol
DNP	Desarrollo de Nuevo Producto
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
ECA	Ensayos controlados aleatorios
ECA-2	Enzima convertidora de angiotensina 2
EGFR	Receptor del factor de crecimiento epidérmico
ERK	Cinasa regulada por señales extracelulares
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FKHR	Cabeza de horquilla
FRAP	Poder antioxidante reductor férrico
G2/M	Fase G2/mitosis del ciclo celular
GAP 2	Fase G2 de la proteína activadora de GTPasa
GDP	Guanosina difosfato
GE	Extractos de jengibre

GI	Motilidad gastrointestinal
GN	Gingerol
GRAS	Generalmente reconocido como seguro
GSK3	Glucógeno sintasa cinasa 3
ICAMs	Molécula de adhesión intercelular unida a membrana, soluble
IL-1	Interleucina 1
IL-6	Interleucina 6
IRS	Sustrato del receptor de insulina
JNK	Familia de proteínas de anclaje
LDL	Lipoproteínas de baja densidad
M2	Fase S
MAPK	Proteína cinasa activadas por mitógenos
MCP-1	Proteína quimioatrayente de monocitos-1
MDR	Tuberculosis multirresistente
MET	Transición mesenquimatoso-epitelial
MIP	Proteínas de inhibición de la migración
mTOR	Diana de rapamicina en células de mamífero
Mtb	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>
NF-κB	Factor nuclear kappa B
NM	Medicina natural
N-O	Enlace nitrógeno oxígeno
NTM	Micobacterias no tuberculosas
NVIQ	Las náuseas y los vómitos inducidos por quimioterapia
NVP	Vómitos asociados con el embarazo temprano
ODC	Ornitina descarboxilasa epidérmica
OH	Hidroxilo
PCR-hs	Proteína C Reactiva de alta sensibilidad
PGE2	Prostaglandina E2
PI3K /AKT	Vía de señalización de la fosfatidilinositol 3 cinasa
PIP2	Fosfatidilinositol-3,4-difosfato
PIP3	Fosfatidilinositol-3,4,5-trifosfato
PKC	Proteína cinasa C
PLpro	Proteasa similar a la papaína
ROS	Especies reactivas de oxígeno
SARS	Síndrome respiratorio agudo grave
SENCAR	Ratón sensible a la carcinogénesis
SG	Shogaoles
STAT	Traductor de señal y activador de la transcripción
STAT3	Traductor de señal y activador de la transcripción 3
TB	Tuberculosis
T CD4	Linfocitos cooperadores
T CD8+	Células T citotóxicas
T_H	Células auxiliares T
T_{H1}	Células auxiliares T1

T_{H2}	Células auxiliares T2
TNF-α	Factor de necrosis tumoral
TRPA1	Potencial receptor transitorio anquirina 1
TRPV1	Receptor de potencial transitorio V1
VIH	Virus de inmunodeficiencia humana
VNP	Vómitos inducidos por el embarazo
Wnt/β	Vía canónica de señalización

RESUMEN

Debido a su abundancia, bajo costo y seguridad en el consumo, el jengibre ha sido objeto de intensas investigaciones científicas y en la última década se ha encontrado mucho conocimiento sobre las actividades biológicas beneficiosas para la salud del jengibre y sus componentes bioactivos. Este trabajo se basa en la información encontrada tras una búsqueda bibliográfica principalmente en las bases de datos "Science Direct", "PubMed" y "Google Scholar" utilizando palabras y frases clave tales como: "ginger review", "chemical composition of ginger", "ginger molecules", "ginger extract and ginger nanoparticles", "ginger in the world", "antioxidant properties of ginger", "ginger and antimicrobial effects", "Prospects of Ginger Consumption Against Diseases", "anti-inflammatory effect of ginger" y " Food formulation". En dicha consulta se incluyeron artículos que abarcan el periodo que comprende desde el año 1973 hasta el año 2021.

El presente Trabajo Monográfico de Actualización es una recopilación de la información más actualizada respecto a las múltiples cualidades que se han descrito para el jengibre desde tiempos ancestrales. El objetivo es buscar y seleccionar artículos relevantes para comprobar la hipótesis de que el consumo de jengibre tiene múltiples efectos benéficos para la salud.

Este trabajo reporta el consumo de jengibre en el mundo, las moléculas con acción terapéutica en el jengibre, los efectos del jengibre como antioxidante, antimicrobiano, anticancerígeno, antiinflamatorio, propiedades anti neurodegenerativas, las perspectivas del consumo de jengibre como tratamiento contra enfermedades y plantea el desarrollo de un nuevo producto (DNP) adicionado con jengibre para destacar los beneficios a la salud de acuerdo a vía, dosificación y presentación elegida. Para el DNP se aplica el conocimiento integral adquirido durante la carrera Química de Alimentos con el fin de darle un uso pronto a la investigación realizada.

OBJETIVOS GENERALES

Analizar en la literatura científica la información sobre el consumo de jengibre en el mundo, las moléculas del jengibre con acción terapéutica, los efectos del jengibre como antioxidante, antimicrobiano, anticancerígeno, antiinflamatorio y en general, así como las perspectivas del consumo de jengibre como tratamiento contra enfermedades. Derivada de esta información, se discutirá la atribución de las múltiples propiedades benéficas atribuidas al jengibre y se propondrá el diseño de un nuevo producto que busque aprovechar alguna de estas cualidades en beneficio del consumidor.

1. Marco teórico

El jengibre (*Zingiber officinale Roscoe*) es una planta monocotiledónea de la familia Zingiberaceae originaria del sudeste asiático (Si *et al.*, 2018). Los principales componentes del jengibre incluyen almidón, lípidos, proteínas y compuestos inorgánicos (ESCOPE monographs, 2019). Se usa ampliamente en todo el mundo como aromatizante o fragancia en alimentos, pero también en la medicina oriental tradicional desde tiempos ancestrales (Ali *et al.*, 2008).

Debido a su abundancia, bajo costo y seguridad en el consumo, el jengibre ha sido objeto de intensas investigaciones científicas y en la última década se ha generado mucha información científica sobre sus actividades biológicas beneficiosas para la salud, así como sobre sus componentes bioactivos (Srinivasan, 2017).

Hasta la fecha se han aislado e identificado a partir del jengibre más de 160 componentes, incluidos aceite volátil, análogos de gingerol (GN), diarilheptanoides, fenilalcanoides, sulfonatos, esteroides y compuestos de glucósidos monoterpénicos (Zhang *et al.*, 2021).

El agradable aroma del jengibre se deriva de más de 70 componentes que se identificaron tentativamente del aceite volátil. Estos pertenecen principalmente a sesquiterpenoides y monoterpenos, con α -zingibereno (30-70%) como componente principal, y cantidades menores de β -sesquiphellandreno (15-20%), β -bisaboleno (10-15%), (-) β -felandreno, y geraniol (D'Auria y Racioppi, 2018). Aunque estos compuestos son características del aceite volátil de jengibre, también existe una considerable variabilidad de composiciones y

contenidos entre diferentes lotes de muestra, lo que puede atribuirse al origen geográfico, las condiciones de crecimiento, el proceso de secado y las condiciones de almacenamiento.

Los análogos de GN, primordialmente shogaoles (SG), paradoles y zingerona, son responsables de la sensación picante y cálida en la boca, y también contribuyen significativamente a los efectos farmacológicos del jengibre (Kubra y Mohan, 2012).

Los diarilheptanoides con un término de clase de esqueleto de 1,7-diarilheptano han ganado un interés creciente en los últimos años. Se ha descubierto que poseen actividades antiinflamatorias, antioxidantes, antitumorales, hepatoprotectoras y quimiopreventivas (Zhang *et al.*, 2021).

Un gran número de componentes bioactivos son sustancias importantes para la amplia gama de actividades farmacológicas del jengibre. Las actividades farmacológicas del jengibre se han investigado exhaustivamente, incluidos los efectos protectores sobre el sistema gastrointestinal, nervioso y cardiovascular, el hígado y los riñones, y los efectos anticancerígenos, hipolipemiantes, antidiabéticos y de otro tipo (Zhang *et al.*, 2021).

La actividad antioxidante del jengibre se ha evaluado *in vitro* a través de diversos métodos incluyendo poder antioxidante reductor férrico (FRAP), 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH) y 2,2'-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico) (ABTS). Los resultados revelaron que el jengibre seco presenta la actividad antioxidante más fuerte, porque el número de compuestos fenólicos es 5.2, 1.1 y 2.4 veces mayor que el del jengibre fresco, salteado y carbonizado, respectivamente. Esto se asoció principalmente con su contenido polifenólico (Ghafoor *et al.*, 2020).

En una serie de estudios se demostró que el jengibre y sus componentes activos presentan actividad antiinflamatoria, por lo que puede proteger contra enfermedades relacionadas con la inflamación como la colitis (Zhang *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2016).

En los últimos años, se ha informado que el jengibre presenta actividades antibacterianas, fungicidas y antivirales (Nassan y Mohamed, 2014; Moon *et al.*, 2018). Por ejemplo, la formación de biopelículas es una parte importante de las infecciones y la resistencia a los antimicrobianos. Se encontró que el jengibre inhibía el crecimiento de una cepa de

Pseudomonas aeruginosa al afectar la integridad de la membrana e inhibir la formación de biopelículas (Chakotiya *et al.*, 2017).

Recientemente se ha descrito que el jengibre afecta positivamente la función de la memoria y exhibe actividad anti neuroinflamatoria, lo que podría contribuir al manejo y prevención de enfermedades neurodegenerativas (Park *et al.*, 2013; Huh *et al.*, 2018).

En una serie de estudios se ha demostrado que el jengibre puede disminuir los niveles de lípidos en sangre y la presión arterial, contribuyendo a la protección contra las enfermedades cardiovasculares (Akinyemi *et al.*, 2016; De Las Heras *et al.*, 2017).

La obesidad es un factor de riesgo para muchas enfermedades crónicas, como la diabetes, la hipertensión y las enfermedades cardiovasculares. En varios estudios se ha informado que el jengibre es efectivo en el manejo y prevención de la obesidad (Mahmoud y Elnour, 2013; Suk *et al.*, 2017).

El jengibre se ha utilizado tradicionalmente para tratar los síntomas gastrointestinales, y en una investigación reciente se ha demostrado que el jengibre podría aliviar eficazmente las náuseas y la emesis (Walstab *et al.*, 2013; Marx *et al.*, 2017a).

Las medicinas a base de hierbas naturales tienen una larga historia de aplicación en el tratamiento de trastornos respiratorios como el asma, y el jengibre es uno de estos remedios. Se ha demostrado que el jengibre y sus compuestos bioactivos presentan actividad broncodilatadora y antihiperactividad (Mangprayool *et al.*, 2013; Townsend *et al.*, 2014).

2. Consumo del jengibre en el mundo

La producción en toneladas de jengibre por país en promedio de 1994 a 2019 se presenta en la **figura 1**.

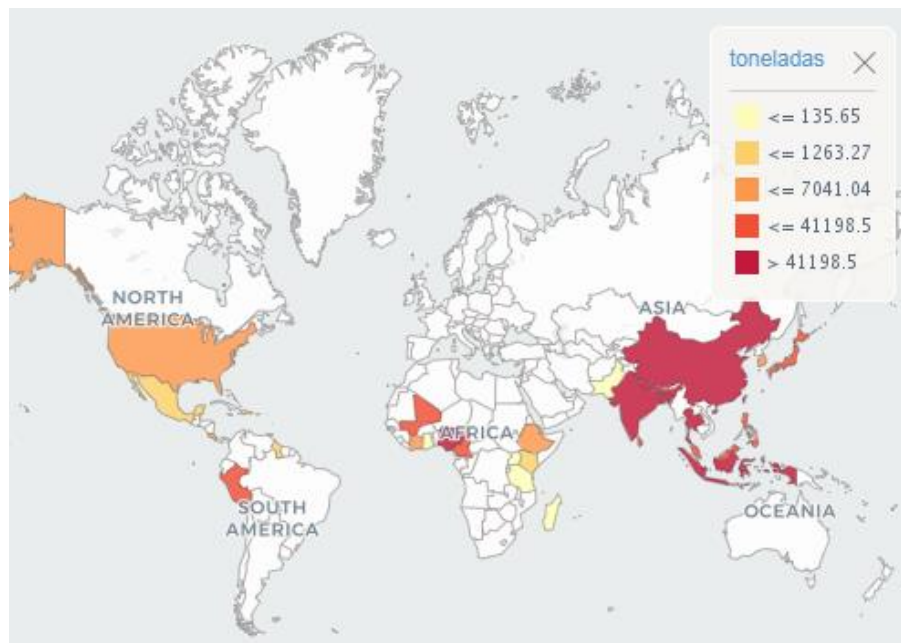


Figura 1. Producción mundial promedio de jengibre del año 1994 al 2019.
Fuente: FAO, 2020.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés) tiene registrado alrededor de 40 países productores de jengibre en todos los continentes del mundo. La mayor parte de los países señalados en la **figura 1** se encuentran ubicados en Asia y África. La India tiene una gran variedad de especies de jengibre, de ahí que este país es el primer productor mundial (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020).

A continuación, en la **tabla 1**, se enlista la producción mundial del jengibre por toneladas y en la **figura 2** se ve de forma gráfica a los 10 principales países productores.

Tabla 1. Producción mundial de jengibre por toneladas.

PRODUCCIÓN MUNDIAL DE JENGIBRE (Toneladas)				
	2015	2016	2017	2018
Total general	3 110 726	3 758 875	3 457 473	3 318 979
India	760 000	1 109 000	1 070 000	893 242
Rep. Pop. China	482 729	550 000	497 376	510 035
Nigeria	290 215	351 585	342 105	369 019
Nepal	242 547	271 863	279 504	284 000
Indonesia	313 064	340 341	216 587	207 412
Tailandia	162 404	163 880	169 965	167 952
Bangladesh	83 004	77 290	77 478	79 438
Camerún	55 428	79 273	61 913	65 538
Japón	49 400	50 800	48 300	47 012
Filipinas	26 623	26 787	27 482	27 926
Malí	34 470	38 589	33 551	23 528
Taiwán	24 465	23 417	22 098	23 372
Perú	22 432	41 133	32 519	15 425
Sri Lanka	18 166	23 184	16 326	14 208
Etiopía	10 489	10 564	10 671	10 778
Sub total	2 575 436	3 157 706	2 905 875	2 738 885
Participación	83%	84%	84%	83%

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020.

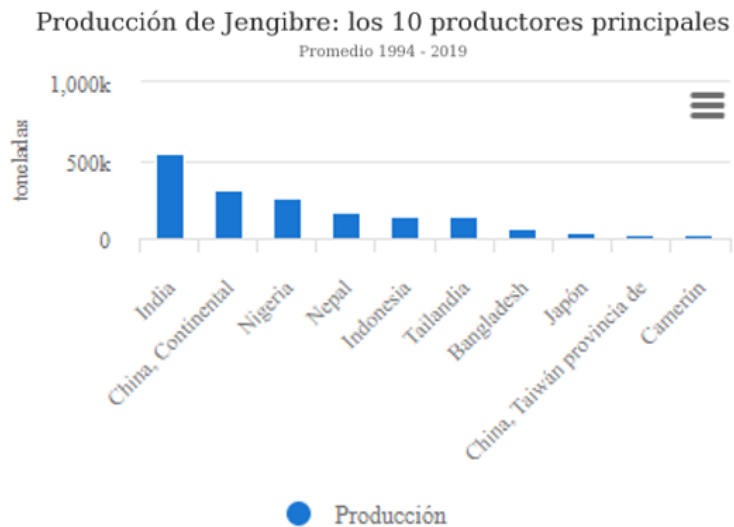


Figura 2. Principales 10 productores de jengibre en el mundo.

Fuente FAO, 2020.

En la **tabla 2** se informa que el promedio mundial de rendimiento es de 9.6 toneladas por hectárea. Sin embargo, países como Estados Unidos tienen un rendimiento de 33.4 toneladas por hectárea, todo un récord mundial, se suman Japón y Taiwán con 27 toneladas por hectárea. La mayoría de estos rendimientos se obtienen en pequeñas áreas de cultivo en las que se instalan túneles altos e invernaderos que permiten a los productores gestionar mejor el impacto de elementos como la temperatura, la humedad y la luz (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020).

Tabla 2. Rendimiento de jengibre en el mundo.

RENDIMIENTO DE JENGIBRE EN EL MUNDO (Tm/Ha)				
	2015	2016	2017	2018
PROMEDIO	9,70	9,93	9,64	9,28
EE.UU.	34,43	33,66	33,10	32,54
Japón	26,85	28,07	27,13	27,23
Taiwán	28,35	23,19	24,39	27,08
Fiji	25,00	25,00	25,00	25,05
Indonesia	20,43	26,32	20,52	20,34
Perú	19,37	18,62	18,07	18,10
Tailandia	16,82	16,77	16,68	16,64
Costa de Marfil	13,10	13,30	13,56	13,82
Nepal	10,18	12,43	12,34	12,35
Guyana	11,94	11,96	11,95	11,00
China, Rep. Pop.	10,70	10,58	10,74	10,84
México	7,75	8,81	8,56	10,03
Malasia	13,39	14,21	14,66	10,02
Costa Rica	12,00	12,00	12,00	9,98
Camerún	9,54	9,83	9,89	9,86

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020.

Hay dos formas de presentación de este tubérculo como materia prima en el comercio mundial: sin triturar ni pulverizar (entera) y triturado o pulverizado (polvo). Como se puede observar en la **tabla 3**, el comercio del jengibre, bajo la presentación de “entera”, es la que representa el 96% en promedio de las exportaciones totales y presenta un comportamiento bastante dinámico, mientras que el comercio del jengibre en polvo apenas representa el 4% del total y tiene un comportamiento poco dinámico, con una tendencia al estancamiento (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020).

Tabla 3. Presentación del jengibre en las exportaciones mundiales.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Volumen								
En polvo (Miles tm)	24	26	26	27	31	29	35	27
Entero (Miles tm)	518	523	483	601	725	706	760	789
Total (Miles tm)	542	549	510	628	756	734	796	817
Valor								
En polvo (US\$ Miles)	50 859	64 677	73 832	77 414	79 239	74 867	82 763	81 146
Entero (US\$ Miles)	324 673	557 972	859 572	669 979	562 987	763 374	812 598	886 785
Total (US\$ Miles)	375 532	622 649	933 404	747 393	642 226	838 241	895 361	967 931
Participación (%)								
Volumen								
En polvo (Miles tm)	4,4%	4,8%	5,2%	4,3%	4,1%	3,9%	4,4%	3,4%
Entero (Miles tm)	95,6%	95,2%	94,8%	95,7%	95,9%	96,1%	95,6%	96,6%
Valor								
En polvo (US\$ Miles)	13,5%	10,4%	7,9%	10,4%	12,3%	8,9%	9,2%	8,4%
Entero (US\$ Miles)	86,5%	89,6%	92,1%	89,6%	87,7%	91,1%	90,8%	91,6%

Fuente: Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020.

3. Moléculas con acción terapéutica derivadas del jengibre y su biosíntesis

El jengibre es rico en varios componentes químicos. Algunos de estos componentes químicos son compuestos fenólicos, terpenos, polisacáridos, lípidos, ácidos orgánicos y fibras crudas. Los beneficios para la salud del jengibre se atribuyen principalmente a sus compuestos fenólicos bioactivos, como los GN y los S cuyas estructuras se presentan en la **figura 3** (Mao *et al.*, 2019).

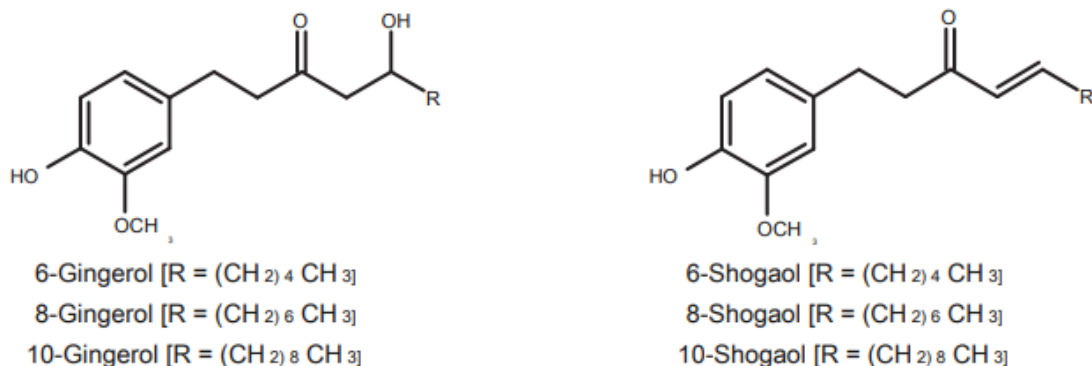


Figura 3. Estructuras químicas de diversos análogos de GN y SG aislados del rizoma de jengibre.

Fuente: Semwal *et al.*, 2015.

Los componentes del jengibre pueden variar de una planta a otra, esta variación depende de dos factores. El primer factor es el estado de frescura y humectación de los rizomas y el segundo es el lugar de origen de la planta (Sang *et al.*, 2020). Hay dos grupos distintos de sustancias químicas presentes en el jengibre que contribuyen a su percepción sensorial, los aceites volátiles y los compuestos picantes no volátiles. El primer grupo es el grupo de los aceites volátiles que contribuyen al aroma y sabor distintivos del jengibre. Los hidrocarburos sesquiterpénicos, predominantemente zingibereno, curcumeno y farneseno forman los componentes principales de los aceites volátiles, junto con cantidades más pequeñas de β -sesquiphel-landren y bisaboleno. El segundo grupo es el grupo de compuestos picantes no volátiles que son responsables de su sensación de calor en la boca. Entre los compuestos picantes no volátiles están los GN, SG, paradoles y zingerona se consideran los constituyentes principales.

Además de los componentes picantes mencionados anteriormente, las grasas, ceras, carbohidratos, vitaminas y minerales son otros componentes del rizoma del jengibre (Vedashree *et al.*, 2020; Yi *et al.*, 2019).

A continuación, en la **tabla 4** se presentan los principales componentes del jengibre.

Tabla 4. Principales componentes del jengibre fresco en una porción de 100 g.

Componente	Cantidad
Agua (g)	81.27±0.22
Energía (kJ)	230±4
Proteína (g)	2.22±0.16
Grasa total (g)	0.85±0.03
Carbohidratos (g)	8.97±0.28
Fibra dietética total (g)	5.36±0.40
Fibra insoluble (g)	4.28±0.25
Fibra soluble (g)	1.08±0.21
Ceniza (g)	1.33±0.13
Aluminio (mg)	1.71±0.47
Calcio (mg)	18.88±2.87
Fosforo (mg)	44.36±2.16
Hierro (mg)	1.90±0.55
Cromo (mg)	0.013±0.005
Cobalto (mg)	0.003±0.001
Cobre (mg)	0.13±0.02

Plomo (mg)	0.004±0.003
Litio (mg)	0.001±0.001
Tiamina (B1) (mg)	0.04±0.005
Ribofavina (B2) (mg)	0.04±0.003
Niacina (B3) (mg)	0.42±0.05
Ácido Pantoténico (B5) (mg)	0.24±0.02
Vitamina B6	0.20±0.025
Vitamina C (mg)	5.43±1.22
Vitamina D2 (µg)	4.09±0.35
Total de carotenoides (µg)	329±53.7
Total de polifenoles (mg)	225±8.1
Ácidos grasos mono-insaturados (mg)	67.97±8.76
Ácidos grasos poliinsaturados (mg)	381±16.4
Ácidos grasos saturados (mg)	231±7.4
Potasio (mg)	407±49.5
Sodio (mg)	10.03±1.91
Zinc (mg)	0.39±0.17
Magnesio (mg)	54.66±7.12
Manganeso (mg)	3.85±1.56
Molibdeno (mg)	0.002±0.001
Níquel (mg)	0.030±0.017

Fuente: Indian Food Composition Tables. (Longvah *et al.*, 2017).

El componente más activo del rizoma fresco son los GN. Los GN son una serie de homólogos químicos diferenciados por la longitud de sus cadenas de alquilo no ramificadas. Tras el procesamiento térmico, el grupo hidroxilo (OH) en la posición C-5 en los GN se elimina, lo que da como resultado la formación de un doble enlace entre las posiciones C-4 y C-5 en los SG. Esta transformación aumenta la característica picante del jengibre (Sang *et al.*, 2020). Cuando los rizomas se secan a una temperatura inferior a 70°C, el rendimiento de aceite de jengibre aumenta sin ningún efecto sobre la transformación del 6-gingerol (6-GN) en 6-shogaol (6-SG). Para temperaturas superiores a 70°C, se habilitará la transformación de 6-GN en 6-SG (Huang *et al.*, 2012). El rendimiento de 6-SG podría maximizarse ajustando el pH del disolvente de extracción usando un ácido fuerte y aumentando las temperaturas de secado y extracción. Parámetros como el lugar de origen, el cultivo, el pH y la temperatura afectan la estabilidad de los GN (Ok y Jeong, 2012). Los paradoles son cetonas fenólicas con

una estructura similar a los GN y SG (Setoguchi *et al.*, 2016). La producción de paradoles ocurre a través de la hidrogenación de SG (Sapkota *et al.*, 2019). La zingerona, un análogo de paradol, también conocido como 0-paradol, es otro componente picante del jengibre y parte de la familia de los paradoles. Con la excepción de la zingerona, el 6-paradol es el único miembro natural que se aísla de fuentes naturales (Setoguchi *et al.*, 2016).

Entre los diferentes componentes del jengibre, los GN y los SG son los principales componentes activos que contribuyen a las propiedades anticancerígenas del jengibre. El 6-GN y el 6-SG han sido ampliamente estudiados por sus efectos contra diferentes tipos de cáncer (Bawadood *et al.*, 2020; Lima Silva *et al.*, 2020; Woźniak *et al.*, 2020; Xu *et al.*, 2020).

Los efectos biológicos del jengibre, se ven reflejados en sus componentes tales como monoterpenos (cineol, citral, limoneno y α/β -pinenos), sesquiterpenos (β -elemeno, farneseno y zerumbona), y fenólicos compuestos fenólicos (GN, 6-SG, 6-paradol y zingerona). Los componentes del jengibre tienen actividades biológicas que están involucradas en apoptosis, ciclo celular/daño del ácido desoxirribonucleico (ADN), cromatina/regulación epigenética, regulación y adhesión citoesquelética e inflamación, y ejercen sus efectos a través de vías de señalización específicas asociadas con mecanismos celulares que participan en la autofagia, el metabolismo celular y con transductores como las proteínas cinasas activadas por mitógenos y otros de desarrollo/diferenciación.

En cuanto a la biosíntesis, Macleod y Whiting (1979) destacaron la importancia del ácido dihidroferúlico y el ácido hexanoico en la biosíntesis del 6-GN en jengibre. Las funciones de estos compuestos se aclararon cuando la ruta completa de biosíntesis de (S) - (+) - 6-GN en jengibre fue propuesta por Denniff y Whiting (1976). Según estos investigadores, la fenilalanina se convierte en ácido dihidroferúlico, que posteriormente participa en una reacción biológica de Claisen con malonato y hexanoato para formar 6-deshidrogingerdiona, la cual finalmente se convierte en 6-GN. Ramírez-Ahumada *et al.* (2006) sugirieron una vía alternativa para la biosíntesis de 6-GN en el jengibre, en la que determinadas enzimas, incluida la fenilalanina amoniaco liasa, juegan un papel clave.

El valor comercial de los GN impulsó el desarrollo de un gran número de procedimientos eficientes y rentables para su síntesis. El primer procedimiento fue informado por Hirao *et*

al. (1973) para la síntesis de dl- y dextro gingerol (D-GN) a través de dl-bencilgingerol, que fue producido por la condensación de bencilzingerona con aldehído caproico. Denniff y Whiting (1976) y Denniff *et al.* (1981) sintetizaron (\pm) 2-gingerol (2-GN), 4-gingerol (4-GN), 6-GN, 10-gingerol (10-GN) y 12-gingerol (12-GN) por desprotonación de trimetilsilil zingerona y trimetilsilil vanililacetona con diisopropilamida de litio a 78°C. Los aniones resultantes se usaron luego para producir GN mediante reacciones de condensación con aldehídos y acilimidazoles. Enders *et al.* (1979) lograron una síntesis enantioselectiva de ambos 6-GN por una reacción del anión de hidrazona quiral y norte-hexanal. Una ruta alternativa para la síntesis de (\pm) -6-GN fue descrita por Barco *et al.* (1981) utilizando un derivado de isoxazol 3,5-disustituido, que sirvió como equivalente para la B- unidad de hidroxiketona. Giovanni *et al.* (1982) sintetizó (\pm) -6-GN, además de (+) (S)- 6-GN, haciendo uso de isoxazoles 3,5-disustituidos como B-cetoles enmascarados. En el primer paso, se utilizaron isoxazoles para producir enaminoacetona vía fisión reductora del enlace nitrógeno oxígeno N-O, que luego se convirtieron en imidas vinílogas con *N*-tosil-*L*-cloruro de prolilo. Posteriormente se obtuvo una mezcla diastereoisomérica de los alcoholes por reducción de las imidas vinílogas, que finalmente fueron hidrolizadas para producir GNs (B-cetoles) con rendimientos ópticos de 30 a 40%. Le Gall *et al.* (1989) desarrollaron una eficiente síntesis de 6-GN por la cicloadición estereoselectiva de óxido de nitrilo y un trieno quiral complejoado con hierro. Tsuge *et al.* (1987) lograron sintetizar una mezcla racémica de GN mediante el empleo de la olefinación de 4-hidroxi-2-oxoalquilfosfonatos de Horner-Emmons. Un procedimiento similar fue utilizado más tarde por Martin y Guibet (1991) para la preparación de los enantiómeros de 8-gingerol (8-GN). Solladie y Ziani-Cherif (1993) prepararon ambos enantiómeros de 6, 8 y 10-GN de ácido ferúlico, pero se utilizó un quiral BEL cetosulfóxido para la síntesis asimétrica de GN con altos rendimientos. Sharma *et al.* (1998) lograron una síntesis quimioenzimática de (R) - 8-GN, en la que el quirón requerido se preparó mediante la esterificación enantioselectiva catalizada por lipasa de un 2-hidroxiácido.

Fleming *et al.* (1999) exploraron la viabilidad de una síntesis en un solo paso de (\pm) -6-, 8- y 10-GN mediante la adición a baja temperatura de un dianión de zingerona a hexanal, octanal y decanal, respectivamente. Los SG correspondientes se obtuvieron mediante tratamiento ácido de diferentes GN. Sabitha *et al.* (2011) hicieron uso de la alilación de Keck, la reacción aldólica de Crimmins, el acoplamiento de aldehído con acetileno y la reducción controlada

por quelación para sintetizar 6-GN. Kumar *et al.* (2012) sintetizaron 6-GN, junto con 7- y 9-GN, utilizando eugenol como material de partida. En este procedimiento, el derivado nitro de eugenol reacciona con alquenos terminales para producir isoxazolinias intermedias, que luego producen las GN correspondientes mediante hidrogenación catalítica con níquel Raney. Morera *et al.* (2012) sintetizaron una serie de análogos de (\pm) -6-GN, que exhiben propiedades agonistas de los canales, receptor de potencial transitorio V1 (TRPV1) y potencial receptor transitorio anquirina 1 (TRPA1).

4. Efectos antioxidantes

Hasta que se sintetizaron fármacos en el siglo XIX, las hierbas eran la base de casi todas las terapias medicinales. Hoy en día, las hierbas todavía se encuentran en muchas de las recetas y el interés por el uso de remedios a base de hierbas en lugar de químicos sintéticos está aumentando debido a sus menores efectos secundarios (Craig, 1999). Por sus propiedades, las plantas medicinales se utilizan como ayuda de la atención primaria de salud entre gran parte de la población mundial en forma de extractos de plantas o de sus componentes activos.

Los estudios también se han centrado en un nuevo grupo de componentes bioactivos en algunos alimentos que tienen efectos protectores contra la oxidación celular. Estos grupos de alimentos se han clasificado como alimentos funcionales. Se ha reconocido el valor de los alimentos funcionales por sus beneficios para la salud (Klein *et al.*, 2000).

Las enfermedades cardiacas continúan siendo una de las principales causas de muerte; el cáncer, la osteoporosis y la artritis siguen siendo enfermedades prevalentes. Y aunque la genética juega un papel importante en el progreso de las enfermedades mencionadas, en general, la mayoría se considera prevenible o podría minimizarse mediante una dieta adecuada, actividad física, control de peso y en general, un estilo de vida saludable. Los alimentos funcionales pueden prevenir o retrasar la aparición de enfermedades crónicas y también proporcionar los requisitos nutricionales básicos (Medoua *et al.*, 2009).

Los compuestos antioxidantes de fuentes naturales como plantas, frutas, cultivos y especias son importantes en la industria alimentaria debido a su utilidad en diversas preparaciones alimentarias y sus efectos benéficos para la salud (Ibañez *et al.*, 2003). La demanda de antioxidantes naturales ha aumentado debido al creciente interés en las industrias alimentaria

y farmacéutica por el desarrollo de fármacos más seguros y que sean potentes contra diversas enfermedades (Yeh *et al.*, 2014).

Los mecanismos de acción antioxidante pueden incluir la supresión de especies reactivas por inhibición de enzimas o por quelación de oligoelementos involucrados en la producción de radicales libres, secuestrando especies reactivas de oxígeno (ROS), y regulando al alza la defensa antioxidante. En muchos estudios se ha demostrado la actividad antioxidante de los flavonoides, principalmente por su capacidad de eliminar especies reactivas oxidantes, como anión superóxido y radicales hidroxilo y peróxido, si bien se acepta que los antioxidantes no fenólicos también pueden contribuir a la actividad antioxidante (Hassimotto *et al.*, 2005).

El jengibre es rico en sustancias biológicamente activas como GN, SG y zingerona, que tienen efectos antioxidantes y antiinflamatorios. Por lo tanto, podrían ser potencialmente útil en el tratamiento de diversas enfermedades derivadas del estrés oxidante (Kiyama, 2020).

Se ha informado que el poder reductor de los compuestos bioactivos está asociado con la actividad antioxidante (Siddhuraju *et al.*, 2002). Por tanto, es fundamental determinar el poder reductor de los componentes fenólicos para explicar la relación entre su efecto antioxidante y su poder reductor. Para lo cual, se puede estimar el poder reductor de extractos de jengibre (GE) en diferentes disolventes. En un estudio realizado por Shirin y Prakash (2010) se encontró que el mayor poder reductor resultaba en el extracto metanólico al 80% seguido por el extracto etanólico al 80%.

Adicionalmente, cuando se trata de extractos, los componentes y la actividad de los antioxidantes dependen en gran medida del disolvente y de su concentración, además, también hay variaciones dependiendo de la muestra (Turkmen *et al.*, 2006). En el estudio antes mencionado de Shirin y Prakash (2010), la actividad antioxidante fue mayor en el extracto alcohólico que en el extracto acuoso, por lo tanto, es aconsejable utilizar el medio de extracción capaz de extraer los compuestos antioxidantes lipófilos del jengibre.

El extracto de jengibre puede controlar la cantidad de radicales libres y la peroxidación de lípidos. Así, podría prevenir o disminuir el daño en el cuerpo humano causado por los radicales libres que atacan macromoléculas biológicas como lípidos, proteínas y ADN (Valko *et al.*, 2004). Al evitar la oxidación de los fosfolípidos de las membranas celulares, se

conserva la permeabilidad celular específica y no se altera el metabolismo celular. La protección conferida a la desoxirribosa por el extracto de jengibre del daño por los radicales hidroxilo agresivos podría prevenir el daño del ADN. Aunque todos los organismos poseen sistemas antioxidantes para protegerse del daño oxidativo, estos sistemas son insuficientes para prevenir todos los posibles daños. Es por ello que ha aumentado el interés por la inclusión de flavonoides y polifenoles antioxidantes no tóxicos en la dieta humana. Aparte de la actividad antirradical estudiada, el extracto de jengibre tiene actividad antibacteriana (Jirovetz *et al.*, 2005) y puede promover el aumento de la lipasa pancreática (Platel y Srinivasan, 2000). La combinación de beneficios nutricionales y medicinales puede determinar que el extracto de jengibre sea un alimento funcional. El consumo de extracto de jengibre puede resultar beneficioso para atenuar el desarrollo del aterosclerosis, ya que se asocia con una reducción de la oxidación de lipoproteínas de baja densidad (LDL, por sus siglas en inglés) mediada por macrófagos, una reducción de la captación de LDL oxidada por los macrófagos, una reducción del estado oxidante de LDL y una reducción de la agregación de LDL (Fuhrman *et al.*, 2000). Todos estos efectos conducen a una reducción de la acumulación de colesterol celular y la formación de células espumosas, el sello distintivo del aterosclerosis temprana. Los antioxidantes naturales tienen un gran impacto en la seguridad y aceptabilidad del sistema alimentario y continuará esta tendencia. No sólo mantienen la comida estable frente a la oxidación, sino que también pueden ser eficaces para controlar el crecimiento microbiano.

Los jengibres frescos contienen un alto contenido de agua, son perecederos y pueden brotar durante el almacenamiento, lo que resulta en una disminución de los nutrientes y la calidad (Olusoga *et al.*, 2016). Para evitar esto, el secado del jengibre se vuelve una opción muy útil.

Se ha visto la cantidad y actividad de compuestos antioxidantes en jengibre fresco y seco y se observó que, pese a que los métodos de secado pueden disminuir la cantidad de compuestos antioxidantes (dado que estos suelen ser termolábiles), la actividad antioxidante puede aumentar ligeramente como resultado de la disminución de la humedad y el aumento del contenido de materia seca, además de la posible inactivación de la enzima polifenoloxidasas durante el proceso de secado (Ghafoor *et al.*, 2020).

Se puede concluir que el jengibre es una buena fuente de antioxidantes. Por tanto, además de sus propiedades medicinales, el jengibre también se puede utilizar como suplemento antioxidante.

5. Efectos antimicrobianos

El mundo en el que vivimos está lleno de microorganismos. La temperatura de nuestro cuerpo y la riqueza de nutrientes proporcionan un hogar ideal para que estos microorganismos prosperen. El sistema inmunológico humano tiene la función esencial de proteger al cuerpo contra los efectos dañinos de los agentes microbianos que son patógenos. El sistema inmune comprende a la inmunidad innata (no específica) y a la adquirida (específica). Las células asesinas naturales, el sistema del complemento, los macrófagos, las células presentadoras de antígeno (APC, por sus siglas en inglés) y los neutrófilos forman el sistema inmunológico innato y generan una respuesta inmediata no específica a los agentes microbianos extraños. Si los microorganismos pasan por alto esta defensa primaria, la respuesta inmune adquirida, que comprende componentes humorales y mediados por células, actuará para contener a los invasores. El tipo de antígeno (hongos, virus, bacterias, toxinas) procesado y presentado por APC a los linfocitos cooperadores (T CD4 por sus siglas en inglés) determina el tipo de citocinas secretadas que, a su vez, determinan la diferenciación de células auxiliares T (T_H) en células T_{H1} o T_{H2} , y células B para dar subtipos de inmunoglobulinas. La respuesta de T_{H1} implica la activación de macrófagos, que contienen y destruyen micobacterias y hongos patógenos. Por otro lado, las células T_{H2} , efectúan la diferenciación de inmunoglobulinas y secreción de anticuerpos, y por lo tanto, median la inmunidad humoral. Las células T citotóxicas $CD8^+$ inducen apoptosis en células cargadas de antígeno (Benjamini *et al.*, 2000).

Aparte de estos mecanismos naturales, existen factores adicionales que estimulan o suprimen la inmunidad del huésped. Los inmunoestimulantes mejoran la inmunidad general del huésped. También trabajan para aumentar las respuestas inmunitarias humorales y celulares, ya sea mejorando la secreción de citocinas o estimulando directamente los linfocitos B o T. El uso de productos vegetales como inmunoestimulantes tiene una historia tradicional. Sin embargo, el aislamiento de los principales activos involucrados no cobró impulso sino hasta el siglo XIX (Phillipson, 2001).

El jengibre tiene actividad antimicrobiana directa y, por lo tanto, puede usarse en el tratamiento de infecciones bacterianas (Tan y Vanitha, 2004). Se encontró que disminuyen la tasa de crecimiento de una variedad de bacterias y hongos, incluyendo *Estafilococo* y *Candida* (Martins *et al.*, 2001). También se encontró que el componente antimicrobiano más eficaz es el citral y que la curcumina, un sesquiterpeno, del aceite de jengibre inhibe a *Rhizoctonia solani* (Agarwal *et al.*, 2001).

En otro avance se demostró que los extractos etanólicos del jengibre fueron capaces de inhibir el crecimiento de bacterias, tanto de bacterias Gram-negativas como Gram positivas, aunque el efecto inhibitor fue más pronunciado para las bacterias Gram positivas. La actividad bactericida frente a bacterias Gram-negativas de alta resistencia como *Pseudomonas aeruginosa*, fue notable (Mascol *et al.*, 1989; Habsah *et al.*, 2000; Alzoreky y Nakahara, 2003).

De igual forma, en otro estudio se evaluó la actividad antibacteriana del jengibre utilizando la técnica de microdilución, lo cual reveló que tanto el aceite de hoja como el de rizoma eran moderadamente activos contra las bacterias Gram-positivas *Bacillus licheniformis*, *Bacillus spizizenii* y *S. aureus*, y las bacterias Gram-negativas *E. coli*, *Klebsiella* y *Pseudomonas stutzeri* (Sivasothy *et al.*, 2011).

Uno de los componentes descritos por su actividad fungicida es la deshidrozingeronona (Agarwal *et al.*, 2001). Otro compuesto estructuralmente caracterizado, el 1,7-bis (4-hidroxi-3-metoxifenil) hept-4-en-3-ona también presentó efectos inhibidores sobre *Pyricularia oryzae* (Ramos-Ruiz *et al.*, 1996). Se probaron los extractos solubles en etanol de los rizomas de jengibre para determinar su acción sobre las citocinas y se descubrió que promueven la secreción de interleucinas (IL-1 e IL-6) de manera dependiente del tiempo y de la dosis (Hori, 2003).

El principal agente causal de la tuberculosis (TB) en humanos es *Mycobacterium tuberculosis* (Mtb). Adicionalmente, el aumento de casos de tuberculosis multirresistente (MDR), ampliamente farmacorresistente y, en la actualidad, totalmente farmacorresistente, así como la incidencia asociada a infecciones virales como el virus de inmunodeficiencia humana (VIH), refuerzan la urgente necesidad de nuevos fármacos contra el bacilo (Nguta *et al.*, 2016). Además, las micobacterias no tuberculosas (NTM), un gran grupo dentro del género *Mycobacterium spp.*, tienen una amplia variedad de distribución y son responsables de una

amplia gama de enfermedades humanas, que afectan principalmente pulmones y tejidos blandos (Pang *et al.*, 2017).

En este sentido, los aceites esenciales de jengibre (AE) y sus principales fracciones químicas presentaron actividad contra Mtb, MDR, y NTM (Baldin *et al.*, 2019).

Los AE son uno de los productos naturales que podrían ser una clase alternativa de antimicrobianos naturales con un amplio espectro de metabolitos para suprimir el crecimiento de fitopatógenos y como una alternativa potencial de fungicidas y bactericidas sintéticos para una agricultura de producción sostenible. También son bien conocidos por sus actividades antibacterianas, antivirales, antifúngicas, repelentes de insectos (Azhari *et al.*, 2017), son biodegradables y generalmente aceptado por muchas sociedades. Por tanto, es una nueva solución para proteger a las plantas del ataque de patógenos (Lanzotti *et al.*, 2013).

Los componentes químicos de los dos AE de jengibre son diversos y están presentes en diferentes proporciones. El hallazgo general de un estudio realizado por la Universidad King Saud en el que evalúan los AE del jengibre extraídos por hidrodestilación sugirió que los AE de jengibre podrían usarse como un nuevo agente antimicrobiano para suprimir el crecimiento de fitopatógenos y como una alternativa potencial de fungicidas y bactericidas sintéticos para una agricultura de producción sostenible (Abdullahi *et al.*, 2020).

Finalmente, la seguridad alimentaria, la pérdida y el desperdicio de alimentos son problemas actuales tanto en el mundo en desarrollo como en el industrializado. En particular, la contaminación por levaduras y mohos sigue siendo un problema crítico para conservar los alimentos. La mayoría de las veces, los conservadores sintéticos se agregan directamente al producto alimenticio para controlar el crecimiento microbiano. Sin embargo, esta técnica puede resultar en la inactivación o evaporación de agentes activos y una rápida migración a la mayor parte de los alimentos (Quintavalla y Vicini, 2002). Por tanto, la actividad antimicrobiana puede perderse rápidamente si se diluye por debajo de la concentración activa. Además, el sabor de la comida puede cambiar (Uz y Altinkaya, 2011). La liberación gradual de un antimicrobiano incorporado en un material de empaque puede ser una opción para controlar el crecimiento de hongos y extender la vida útil de los alimentos (Moditsi *et al.*, 2014). Debido a la renuencia de los consumidores al uso los productos sintéticos, se debe buscar el uso de compuestos naturales. Entre ellos, los aceites esenciales presentan

propiedades antimicrobianas y antioxidantes y la mayoría de ellos son clasificados como “Generalmente Reconocido Como Seguros” (GRAS, por sus siglas en inglés) (Atares y Chiralt, 2016), lo que los convierte en aditivos interesantes en la industria alimentaria, sobre todo porque se han utilizado como remedios desde la antigüedad. En particular, los AE de jengibre se utilizan ampliamente en los países asiáticos en campos que necesitan actividades antimicrobianas (Kaskatepe *et al.*, 2016).

6. Efectos contra náuseas y vómitos

Las náuseas y los vómitos inducidos por el embarazo (VNP) son molestias muy comunes y desagradables. Estos síntomas los experimentan con frecuencia las mujeres en el primer trimestre del embarazo; afectando entre el cincuenta y el ochenta por ciento de las mujeres embarazadas (Tiran, 2012; Ding *et al.*, 2013).

El jengibre se ha utilizado durante mucho tiempo como un remedio tradicional para tratar las enfermedades, incluidas las náuseas y los vómitos asociados con el embarazo temprano (NVP).

La etiología de las náuseas y los vómitos es compleja y afecta tanto a las vías neurales como a las respuestas motoras. Cada una de estas vías puede ocurrir de forma independiente, pero implican esencialmente la misma reacción del sistema nervioso central; impulsado por la vía neural hacia y desde la zona de activación de los quimiorreceptores en el tallo cerebral. Esta reacción da como resultado una serie de respuestas gastrointestinales, que incluyen hiposecreción, disminución de la motilidad del intestino delgado, hipotonicidad, hipoperistaltismo y posterior eyección del contenido del estómago y del intestino delgado. Se cree que esto está mediado por una mayor actividad serotoninérgica y colinérgica (Ding *et al.*, 2013; Gustafson, 2015).

En numerosos estudios se ha investigado la acción antiemética del jengibre, para NVP, cinetosis y náuseas de otras etiologías, y no hay duda de que es eficaz en muchos casos, aunque algunos investigadores lo han cuestionado (Matthews *et al.*, 2015) Desafortunadamente, los diversos estudios utilizan una variedad de metodologías y, aunque muchos son aleatorizados y controlados, no son consistentes en sus medidas de resultado.

Se cree que el GN es el principal responsable del efecto antiemético, mientras que el shogaol y la galanolactona parecen actuar sobre los receptores de serotonina, especialmente en el íleon, por el mismo mecanismo que ciertos antieméticos recetados. El equilibrio de componentes varía entre formas frescas, semisecas y secas. La investigación preliminar se centró en el efecto del jengibre en la motilidad gastrointestinal (GI), pero otros estudios refutan esto y, aunque hay un efecto GI localizado, también puede haber algún impacto en el sistema nervioso central (Skidmore-Roth, 2009).

Las dosis medicinales de jengibre deben derivarse de la raíz de jengibre fresca o seca, aunque en Estados Unidos se considera que el jengibre seco debe evitarse durante el embarazo, generalmente bebido en forma de té para tomar a sorbos durante todo el día. Los jarabes o cápsulas de jengibre son aceptables si no contienen cantidades excesivas de azúcar. Se debe prescribir la dosis correcta, aunque actualmente no existe un consenso sobre la dosis máxima, Europa y América del Norte favorecen dosis de no más de 2 g al día en dosis divididas de 250 mg (Ding *et al.*, 2013).

Existe un conjunto de conocimientos cada vez mayor sobre los efectos anticoagulantes del jengibre. Cualquier mujer con antecedentes de aborto espontáneo, sangrado vaginal o trastorno de la coagulación debe evitarlo (Shalansky *et al.*, 2007).

No hay evidencia real de los efectos adversos del jengibre en el feto en desarrollo y en Estados Unidos de América se le considera alimento GRAS (Ding *et al.*, 2013).

7. Efectos anticancerígenos

El cáncer es una enfermedad compleja y en constante evolución y es una manifestación de varios cambios genéticos y moleculares en las células que desafían las reglas de regulación de las vías convencionales de proliferación y muerte celular durante un período de tiempo crónico (Hanahan y Weinberg, 2011). Y a pesar de la investigación cada vez mayor para comprender la base molecular del cáncer y la búsqueda concomitante de tratamientos efectivos, se está lejos de comprender completamente la enfermedad debido a la complejidad multifactorial de su génesis y progresión. Sin embargo, está claro que el desarrollo del cáncer implica la modulación de varias vías de señalización y alteraciones en varias entidades moleculares en las células (Martin, 2003; Hanahan y Weinberg, 2011). Por lo tanto, una

terapia ideal para tratar completamente la enfermedad implicaría apuntar simultáneamente a varios objetivos moleculares sin infligir efectos secundarios. Existe una clara necesidad de revisar las terapias convencionales y las bases de su desarrollo.

La medicina natural (NM), que incluye el uso de los fitoquímicos dietéticos y los extractos de plantas, los reconoce cada vez más como agentes anticancerosos prometedores (tanto quimiopreventivos como quimioterapéuticos) debido a su naturaleza pleiotrópica. Ofrecen la ventaja de ser multidireccionales con pocos o ningún efecto secundario (Wang *et al.*, 2012; Kma, 2013).

La inflamación y el daño por estrés oxidante de las macromoléculas como el ADN y las proteínas juegan un papel importante en el inicio de la tumorigénesis (Lu *et al.*, 2006; Sesti *et al.*, 2012). Otro mecanismo de carcinogénesis incluye la acumulación crónica de cambios epigenéticos junto con la desregulación de la homeostasis celular que conduce a una inestabilidad genómica que potencialmente puede dar lugar a células cancerosas (Sadikovic *et al.*, 2008). Muchos compuestos bioactivos poseen propiedades antiinflamatorias y antioxidantes y la capacidad de regular la actividad de enzimas como las histonas acetiltransferasas y las histonas desacetilasas responsables de los cambios epigenéticos, lo que justifica su uso potencial como agentes quimiopreventivos (Vahid *et al.*, 2015). Además, se ha descubierto que los fitoquímicos presentes en los extractos de plantas se dirigen a una variedad de vías de señalización que se sabe que están involucradas en el desarrollo del cáncer, lo que los convierte en agentes quimioterapéuticos prometedores. Estas vías incluyen las vías de señalización proteína cinasa activada por mitógenos (MAPK)/cinasa regulada por señales extracelulares (ERK), la vía de señalización de la fosfatidilinositol 3 cinasa (PI3K/AKT), diana de rapamicina en células de mamífero (mTOR, por sus siglas en inglés), factor nuclear kappa B (NF- κ B) y traductor de señal y activador de la transcripción (STAT) (Nichenametla *et al.*, 2006).

Estas vías, se ilustran a continuación en la **figura 4**:

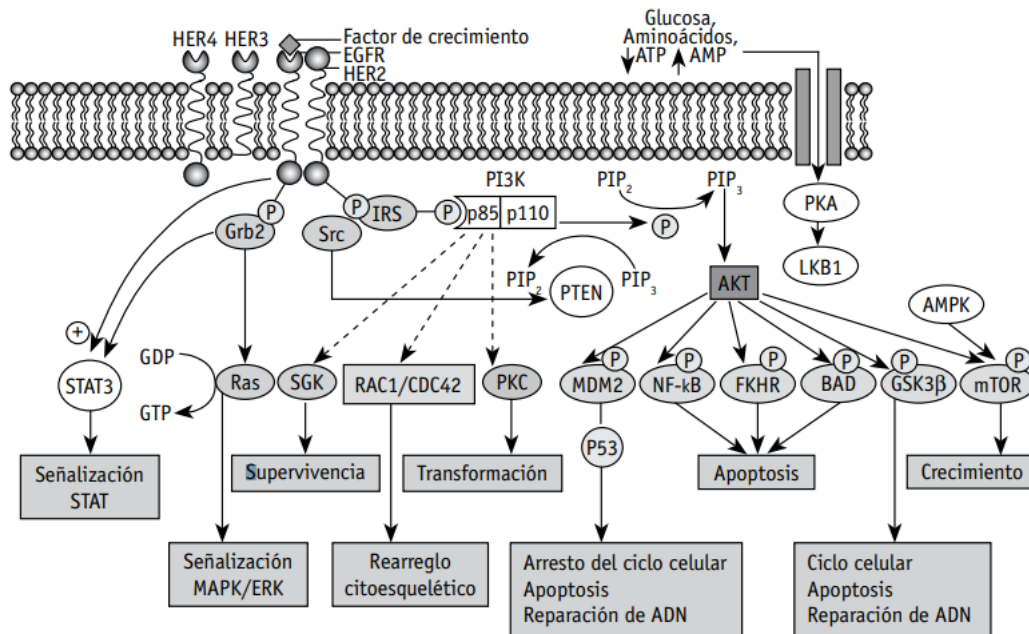


Figura 4. Esquema de la vía de señalización PI3K/AKT.

El PI3K/AKT y las vías relacionadas son importantes para internalizar los efectos de los factores de crecimiento externos y de las tirosina cinasas de membrana. La activación de cinasas de membrana, incluido el receptor del factor de crecimiento epidérmico (EGFR) por factores de crecimiento externos, inicia el receptor dimerización y eventos posteriores para activar estas vías intracelulares. AKT se activa aguas abajo de PI3K y tiene múltiples objetivos. AKT y los sensores de energía celular LKB1 (STK11) y la proteína cinasa activada por AMP (AMPK) ejercen efectos sobre el objetivo de rapamicina en mamíferos (mTOR), que es activado por AKT. ERK, cinasa regulada por señal extracelular; FKHR, cabeza de horquilla; GDP, guanosina difosfato; IRS, sustrato del receptor de insulina; GSK3, glucógeno sintasa cinasa 3; MAPK; NF-κB; PIP2, fosfatidilinositol-3,4-difosfato; PIP3, fosfatidilinositol-3,4,5-trifosfato; PKC, proteína cinasa C; STAT.

Fuente: Pinzón *et al.*, 2009.

Entre varios medicamentos naturales probados por sus propiedades contra el cáncer, el jengibre presenta un inmenso potencial para tratar el cáncer solo o en combinación con los medicamentos contra el cáncer que se usan actualmente. Las terapias a base de jengibre no sólo se dirigen a las células cancerosas, sino que también pueden atenuar los efectos secundarios asociados con la quimioterapia y resensibilizar las células cancerosas a los medicamentos contra el cáncer. Los resultados de los estudios realizados con jengibre en varios modelos *in vitro* e *in vivo* en las últimas dos décadas han indicado sus propiedades anticancerígenas (Baliga *et al.*, 2011). La actividad anticancerígena del jengibre está mediada predominantemente por sus constituyentes como GN, SG y paradolos, cuyos efectos son

mediados por una variedad de mecanismos, lo que lo convierte en un excelente candidato para la intervención terapéutica de múltiples objetivos. Se ha demostrado que los componentes del jengibre inhiben la proliferación de líneas celulares de cáncer de cuello uterino, hígado, piel, colon, páncreas, pulmón, próstata, nasofaringe, neuroblastoma y cáncer oral (Kim *et al.*, 2008; Hung *et al.*, 2009).

Entre los GN se ha demostrado que el 6-GN y el 10-GN inducen la muerte celular en células de cáncer colorrectal humano mediante el empleo de diferentes mecanismos. Mientras que 6-GN media sus efectos regulando a la baja la ciclina D1 y regulando al alza la citoquina proapoptótica llamada gen-1 activado por fármacos antiinflamatorios no esteroideos (AINE), el 10-GN inhibe la proliferación celular al inducir la liberación sostenida de iones de calcio del retículo endoplásmico que conduce a un aumento letal del calcio en el citoplasma (Lee *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2009).

Se demostró que el shogaol como el 6-SG inhibe la proliferación de las células de cáncer colorrectal al afectar la función mitocondrial a través de la generación de ROS que resultan en la liberación de citocromo c, activación de caspasa y fragmentación del ADN (Pan *et al.*, 2008). Además, se ha demostrado que 6-GN y 6-SG inducen apoptosis en células de cáncer de colon y próstata modulando ERK/familia de proteínas de anclaje (JNK)/factor de transcripción (AP-1), STAT3 y NF- κ B vías de señalización (Radhakrishnan *et al.*, 2014; Saha *et al.*, 2014). Otro componente activo del jengibre 6-dehidrogingerdiona (6-DG) detuvo las células de cáncer de mama como la fase G2 de la proteína activadora de GTPasa (GAP 2) y de la fase G2/mitosis del ciclo celular (G2/M) e indujo la apoptosis. Además de los componentes del jengibre, también se ha demostrado que sus metabolitos exhiben propiedades anticancerígenas, pero con una toxicidad más reducida que la del compuesto original.

Por ejemplo, se descubrió que un metabolito conjugado con cisteína de 6-SG en la fase S (M2) era tan eficaz como 6-SG para inducir la inhibición del crecimiento en células de cáncer de pulmón y la regresión tumoral en modelos de ratón, pero con una toxicidad menor a la de 6-SG (Warin *et al.*, 2014). Por lo tanto, existe una amplia evidencia científica de las propiedades anticancerígenas de los componentes del jengibre. Sin embargo, como la mayoría de estos estudios se realizaron utilizando constituyentes aislados de jengibre, no

lograron explotar o capturar la sinergia anticancerígena entre diferentes componentes del jengibre debido a sus efectos sobre diversas vías de señalización. Para demostrar la sinergia contra el cáncer entre los diferentes componentes del jengibre, se probó la eficacia contra el cáncer de los fitoquímicos del jengibre en combinación con GE. Y se descubrió que la combinación de fitoquímicos de jengibre con GE es más eficaz para inhibir el crecimiento de células de cáncer de próstata en comparación con los fitoquímicos aislados o con GE solo (Brahmbhatt *et al.*, 2013). Además, se demostró que el GE presenta una eficacia *in vivo* superior en el modelo de xenoinjerto de cáncer de próstata que una mezcla formulada artificialmente que consta de los componentes más abundantes de GE (6-GN, 8-GN, 10-GN y 6-SG) (Gundala *et al.*, 2014). Además, se ha demostrado que el GE exhibe propiedades anticancerígenas contra líneas celulares de cáncer de piel, mama y páncreas y en ratas con hepatoma inducido por etionina (Akimoto *et al.*, 2015; Habib *et al.*, 2008).

Además de ser quimioterapéuticos, los componentes del jengibre también poseen atributos quimiopreventivos, lo que los convierte en candidatos prometedores para tales intervenciones. A tal efecto, la aplicación tópica de extractos etanólicos de jengibre inhibió significativamente la hiperplasia inducida por 12-O-tetradecanoilforbol13-acetato y la incidencia de tumores en el ratón sensible a la carcinogénesis (SENCAR) al inhibir las actividades de la ornitina descarboxilasa epidérmica (ODC), ciclooxigenasa y lipoxigenasa (Katiyar *et al.*, 1996). De manera similar, se ha demostrado que la zerumbona, un sesquiterpeno de jengibre, suprime la carcinogénesis de colon y pulmón en modelos de ratón al modular las vías que involucran NF- κ B y hemo oxigenasa (Kim *et al.*, 2009). Wee *et al.* (2015) sugirieron que la combinación de miel Gelam y jengibre podría ejercer un efecto quimiopreventivo contra el cáncer colorrectal mediante la inhibición de mTOR y la vía canónica de señalización (Wnt/ β) (Wee *et al.*, 2015). Debido a sus propiedades pleotrópicas, el jengibre puede inhibir potencialmente la metástasis al reducir la migración de las células cancerosas para prevenir la invasión de sitios distantes. En este sentido, 4-Shogaol (4-SG) inhibió la metástasis en modelos *in vitro* e *in vivo* de cáncer de mama al inhibir NF- κ B /vía del caracol y que causa la transición mesenquimatoso-epitelial (MET) (Hsu *et al.*, 2012). Además, el 6-SG redujo el potencial metastásico de las líneas celulares de cáncer de mama y pulmón al reducir la producción del ligando 2 de quimiocinas CC (CCL2) en células dendríticas asociadas a tumores (Hsu *et al.*, 2015). Las náuseas y los vómitos inducidos por

quimioterapia (NVIQ) son el efecto secundario más común de la quimioterapia causado por la interacción de agentes quimioterapéuticos con células enterocromafines en el tracto gastrointestinal (Herrstedt *et al.*, 2007). Las NVIQ no sólo tienen un impacto negativo en la calidad de vida del paciente, sino que también pueden causar varias complicaciones secundarias como anorexia, disminución del estado funcional, desequilibrio metabólico, dehiscencia de la herida y deficiencia nutricional (Rao *et al.*, 2012).

La combinación de jengibre con los regímenes de quimioterapia actuales es una estrategia prometedora que puede ayudar a reducir o incluso eliminar las NVIQ mediante la explotación de los atributos antieméticos, antioxidantes y antiinflamatorios del jengibre (Marx *et al.*, 2017b; Abdel *et al.*, 2006; Huang *et al.*, 1991).

A pesar de la evidencia acumulada que atestigua las notables propiedades anticancerígenas del jengibre, existe un camino abrumador por delante para la traducción clínica del jengibre para su uso de manera quimiopreventiva y quimioterapéutica para el cáncer. Algunas de las razones clave que contribuyen a este obstáculo son: (a) la escasa biodisponibilidad de los componentes del jengibre y (b) la falta de información sobre la relación estructura-función de muchos componentes del jengibre, (c) la falta de validación de la actividad anticancerígena de jengibre en humanos, (d) uso de GE no estándar en estudios relacionados con sus propiedades anticancerígenas, y (e) escasa comprensión de las propiedades farmacocinéticas y transformaciones metabólicas de los componentes del jengibre solos y en combinación con otros componentes. La propia naturaleza multi componente del jengibre con más de 400 constituyentes y que lo convierte en un candidato ideal para el tratamiento del cáncer, es una fuente de algunos de estos obstáculos. Los estudios farmacocinéticos han informado que los niveles máximos de 6-GN alcanzables en el plasma son mucho más bajos que la concentración de eficacia óptima sugerida por los experimentos de eficacia *in vitro*, lo que limita su eficacia potencial en humanos (Karna *et al.*, 2012).

Se requieren estudios destinados a dilucidar las propiedades farmacocinéticas, los mecanismos, objetivos moleculares y la transformación metabólica de los componentes del jengibre solos y en combinación con otros componentes para descifrar la sinergia entre los componentes del jengibre (Saxena *et al.*, 2016).

8. Efectos contra enfermedades neurológicas

De todas las enfermedades neurodegenerativas, decidí ahondar en la migraña, dado que se ha convertido en uno de los trastornos neurológicos más comunes y el tipo más común de dolor de cabeza (Ha y Gonzalez, 2019; Buse *et al.*, 2020). Las actividades diarias y la productividad laboral de las personas que la padecen se ven negativa y gravemente afectadas (Silberstein *et al.*, 2006; Menon y Kinnera, 2013). Aunque en muchos estudios se ha explorado la comprensión de la fisiopatología y los medicamentos preventivos para la migraña, muchos pacientes aún carecen de métodos efectivos para reducir la frecuencia y la intensidad de los ataques de migraña. Menos de un tercio de ellos tienen resultados consistentemente efectivos con su tratamiento actual (Shanmugam *et al.*, 2019).

El ataque de migraña, un dolor de cabeza palpitante o pulsátil, puede provocar náuseas, vómitos y sensibilidad a la luz o al sonido (Rasmussen *et al.*, 1991). Se ha demostrado que el jengibre tiene un potencial analgésico importante. Por ejemplo, se documentó que el GE dos o tres veces al día durante al menos 1 semana disminuye el dolor en la osteoartritis (Altman y Marcussen, 2001; Wigler *et al.*, 2003). En relación al aspecto neurológico, se ha informado que de 500 a 600 mg de jengibre en polvo mezclado con agua tres veces al día son eficaces como medida preventiva contra la migraña sin efectos secundarios (Mustafa y Srivastava, 1990). En un estudio realizado por Chen y Cai (2020) que incluyó a 227 pacientes, se sugirió que la adición de jengibre se asociaba con una mejoría sustancial sin dolor a las 2 horas y una disminución de las puntuaciones de dolor a las 2 horas después del tratamiento.

El efecto analgésico del jengibre se atribuyó a los GN y SG, que inhiben la biosíntesis de prostaglandinas al disminuir la expresión de la enzima ciclooxigenasa-2 (COX-2) y actuar como antiinflamatorios no esteroideos (Jolad *et al.*, 2004). También se confirma el efecto positivo del jengibre para reducir las náuseas y los vómitos en pacientes con migraña (tal como se analizó en el apartado anterior de este informe **7.5 Efectos contra náuseas y vómitos**), lo cual está basado en los resultados del estudio realizado por Chen y Cai (2020). Los eventos adversos totales fueron similares entre el grupo tratado con jengibre y el grupo control. Estos indicaron la seguridad del jengibre para los pacientes con migraña.

Existen varias limitaciones en este meta-análisis. En primer lugar, se basó en sólo tres ensayos controlados aleatorios (ECA), y se deben realizar más ECA con un tamaño de muestra grande para explorar este tema. En segundo lugar, la duración del tratamiento del jengibre puede producir algún sesgo. En tercer lugar, los resultados como las puntuaciones de dolor se limitaron a 2 horas, y se necesitaron más resultados en un tiempo de seguimiento más prolongado para evaluar la eficacia del jengibre. Finalmente, algunos datos no publicados y faltantes pueden dar lugar a algún sesgo para el efecto agrupado (Chen y Cai, 2020).

9. Efectos antiinflamatorios

En un estudio realizado por Mazidi *et al.* (2016) se demostraron los beneficios antiinflamatorios de la suplementación con jengibre reflejados en la reducción de los marcadores inflamatorios séricos. El consumo de jengibre se asoció con una disminución de la Proteína C Reactiva de alta sensibilidad (PCR-hs) la cual es un marcador inflamatorio leve o de fase aguda y del factor de necrosis tumoral (TNF- α), que es una citocina involucrada generalmente en un proceso inmune de tipo inflamatorio. La suplementación con jengibre no se asoció con un cambio en los niveles de IL-6 ni la Molécula de adhesión intercelular unida a membrana, soluble (ICAMs).

La inflamación juega un papel clave en la fisiopatología de la diabetes, por lo que los beneficios antiinflamatorios del jengibre junto con su mejor control glucémico pueden ser útiles en el tratamiento de la diabetes. Los resultados en el estudio realizado por Mazidi *et al.* (2016) también indicaron que una duración más corta de la suplementación con jengibre (menos de 10 semanas) y una dosis más alta (más de 2000 mg por día) dieron como resultado una reducción significativa en los niveles de la prueba de PCR-hs. Los niveles basales variables de PCR-hs de diferentes estudios incluidos en esta revisión sistemática pueden haber afectado estos resultados, especialmente porque el perfil de la enfermedad en cada población de estudio fue diferente. La literatura apoya la hipótesis de que el jengibre ejerce sus efectos de manera dependiente de la dosis (Ghayur y Gilani, 2005; Ghayur, y Gilani, 2007). Además, es plausible que la ingesta a corto plazo de jengibre (menos de 10 semanas) sea más eficaz para reducir los niveles de PCR-hs debido a la adaptación del cuerpo a sus efectos antiinflamatorios.

Los impactos farmacológicos del jengibre se asocian principalmente con SG, GN, paradol y zingerona (Prasad y Tyagi, 2015). El 6-GN es uno de los ingredientes principales del jengibre y se ha demostrado que mejora una serie de complicaciones crónicas en modelos experimentales y humanos (Mansour *et al.*, 2012; Choi *et al.*, 2018). El 6-SG, un componente farmacológico estable y más eficaz que el 6-GN, se produce después de la deshidratación del 6-GN (Kou *et al.*, 2018). El 6-paradol se produce a partir del 6-SG por la actividad microbiana responsable de los efectos antiinflamatorios y antioxidantes del jengibre (Mohd-Yusof, 2016). Se ha demostrado que el 6-paradol y el 6-GN reducen varios mediadores inflamatorios como la prostaglandina E2 (PGE₂) (Jolad *et al.*, 2004; Jolad *et al.*, 2005). La PGE₂ está relacionada con niveles más altos de PCR-hs (Qin *et al.*, 2015). En cuanto al mecanismo del impacto del jengibre y sus ingredientes en la PGE₂, también se sugiere una supresión de la expresión del ácido ribonucleico mensajero (ARN_m) de la COX-2 y la supresión directa de esta función enzimática (Lantz *et al.*, 2007). Un mecanismo adicional propuesto podría ser el impacto del GE sobre otros mediadores inflamatorios como la proteína quimioatrayente de monocitos-1 (MCP-1) y las proteínas de inhibición de la migración (MIP). Se ha demostrado que el jengibre puede reducir los niveles de MCP-1 y puede inhibir las vías relacionadas con esta proteína (Grzanna *et al.*, 2004), así como MIP (Weng *et al.*, 2010). Los MCP y MIP también están relacionados con la inflamación y los niveles de PCR-hs (Pasceri *et al.*, 2001). Los resultados del análisis indican que la ingesta de jengibre reduce significativamente los niveles de TNF- α .

10. Perspectivas del consumo de jengibre como tratamiento contra enfermedades

Los productos derivados del jengibre seco (aceite y oleorresinas) se utilizan en nutracéuticos y farmacéuticos y se valoran más en el comercio internacional que cualquiera de las otras dos formas. Su aroma picante se debe principalmente a la presencia de cetonas, especialmente los GN, que parecen ser el componente principal del jengibre estudiado en gran parte de la investigación científica relacionada con la salud. Es ampliamente utilizado como aromatizante en una gran variedad de preparaciones alimenticias. Las raíces contienen compuestos polifenólicos (homólogos de GN y SG), que tienen una alta actividad antioxidante (Bartley y Jacobs, 2000). Además, el jengibre también se informa como agente

desintoxicante contra el abuso de alcohol (Stoilova *et al.*, 2007) e intoxicación por bromobenceno. También se ha demostrado que el rizoma tiene efectos antidiabéticos, antihiperlipidémicos y anticancerígenos hepáticos (Hamed *et al.*, 2012; Bordia *et al.*, 1997; Akimoto *et al.*, 2015).

El jengibre crudo es una buena fuente de elementos minerales benéficos como magnesio, calcio, manganeso, hierro, cobre y zinc (Gupta *et al.*, 2010).

El jengibre es una planta importante con varios atributos medicinales, etnomedicinales y nutricionales. Tradicionalmente, en el sistema de medicinas indio, chino y tibetano, el jengibre se utiliza desde la antigüedad para el tratamiento del catarro, reumatismo, enfermedades nerviosas, gingivitis, dolor de muelas, asma, accidente cerebrovascular, estreñimiento, diabetes, tos y resfriado, mareos, cólicos menstruales, cáncer y muchos más (Shukla y Singh, 2007). En Ayurveda, el jengibre se llama "maha aushadhi," que significa "la gran medicina" y se recomienda su uso como carminativo (prevención de gases en tubo digestivo y facilitando expulsión), diaforético (secreción de sudor), expectorante (facilita la expulsión de secreciones bronquiales), estimulante circulatorio periférico, astringente (promueve la deshidratación de tejido favoreciendo la cicatrización), estimulante del apetito y diurético (aumento de secreción y excreción de orina) y digestivo.

Se ha demostrado que el jengibre induce un aumento de la lipasa pancreática e intestinal, cuando se administra en dietas animales (Platel y Srinivasan, 2000). Se ha informado que algunos componentes activos del jengibre aumentan la actividad muscular del tracto digestivo, lo que estimula la digestión, la absorción y alivia el estreñimiento y la flatulencia (Wu *et al.*, 1990, 2008). Se ha observado que el jengibre y sus metabolitos se acumulan en el tracto gastrointestinal; por tanto, muchos de sus efectos se manifiestan en las zonas gastrointestinales.

El análisis de composición ha revelado la presencia de carbohidratos, grasas, vitaminas, minerales y oleorresinas extraíbles (Singh *et al.*, 2008).

Como se ve en varias hierbas medicinales, la mayor parte de la información sobre los usos del jengibre se ha transmitido de boca en boca con poca evidencia científica demostrable que respalde las numerosas afirmaciones. Sin embargo, en los últimos años, las investigaciones

científicas más organizadas se han centrado en los mecanismos y objetivos del jengibre y sus diversos componentes.

Recapitulando, el aroma y el sabor del jengibre están determinados por la composición de su aceite esencial volátil al vapor (1–2,5%), que se compone principalmente de hidrocarburos monoterpenos, monoterpenos oxigenados e hidrocarburos sesquiterpénicos. Los principales componentes del aceite esencial son zingibereno (30-70%), β -sesquiphellandreno (15-20%), β -bisaboleno (10-15%) y α -farnesene (Govindarajan, 1982).

También se encontraron curcumeno, acetato de geranilo, borneol, geraniol, limoneno y linalol en cantidades apreciables (Gupta *et al.*, 2011). Muchos de estos componentes volátiles del aceite contribuyen al aroma y sabor distintivos del jengibre. Tanto el aceite como las oleorresinas se utilizan en muchos alimentos, refrescos, bebidas, encurtidos y muchos tipos de preparaciones medicinales (Singh *et al.*, 2008). Se ha demostrado que el aceite esencial de jengibre mejora la respuesta inmune humoral en ratones inmunodeprimidos (Carrasco *et al.*, 2009).

El uso de jengibre en la salud humana se ha documentado desde la antigüedad y proporciona una fuente útil de nuevas terapias. Las evidencias científicas han confirmado aún más su importancia, no solo como alimento, nutracéutico, especia, sino también como medicina.

El jengibre presenta compuestos volátiles y no volátiles con propiedades farmacológicas importantes como antioxidante, antiinflamatoria, antiemético, antiviral; los compuestos fenólicos del aceite de jengibre presentan efecto sinérgico al actuar como antioxidante y antiinflamatorio, entre estos compuestos destacan GN, SG, zingerona y las gingerdionas. La actividad antiinflamatoria del jengibre está relacionada con la reducción de la expresión de ARNm de biomarcadores como las IL-6 y podría actuar de forma similar como el Tocilizumab, medicamento usado para tratar a pacientes con coronavirus del 2019 (COVID-19); así mismo, presenta actividad antiviral al inhibir a las proteínas del SARS-CoV-2 (SARS por sus siglas en inglés significa síndrome respiratorio agudo grave), al unirse con la enzima convertidora de angiotensina 2 (ECA-2) y con la proteasa de tipo 3-quimotripsina (3CLpro) y la proteasa similar a la papaína (PLpro) y su actividad antiemética mediante la cual disminuirá los síntomas del paciente. Se concluye que las propiedades farmacológicas del

jengibre y sus extractos etanólicos y metanólicos ricos en fenoles totales como los GN y SG tienen gran potencial para la prevención y el tratamiento de los síntomas de COVID-19.

11. Desarrollo de un Nuevo Producto

11.1 Justificación

Los cambios en las preferencias de los consumidores generalmente se han inclinado por una tendencia hacia productos menos procesados y con ingredientes naturales. Actualmente, los consumidores están más enterados de lo que sucede detrás del procesamiento de alimentos dado que el acceso a la información se ha facilitado enormemente con las nuevas tecnologías. El internet hace posible difundir múltiple contenido de manera instantánea y este puede llegar a un gran número de personas. Lamentablemente, no sólo información verídica y de buenas fuentes se encuentra disponible sino que es frecuente encontrar también muchas noticias falsas, artículos mal escritos o información de dudosa procedencia que puede estar mal, ser confusa e inclusive ser tendenciosa para favorecer a un sector con fines ulteriores.

La información de dudosa veracidad y procedencia deriva muchas veces en la creencia de ingredientes o productos milagro, que pretenden alcanzar efectos deseados o incluso llegar a sustituir un tratamiento médico. Es aquí donde es importante aclarar que los alimentos no deben ser vistos como un remedio definitivo o usarse a expensas de las recomendaciones de un profesional de la salud.

Es fundamental entender que si bien existen ingredientes que en efecto tienen propiedades muy benéficas para la salud y también existen productos cuyas combinaciones tienen un efecto sinérgico para combatir algunos padecimientos, la dosis es un factor determinante en el impacto del alimento para el consumidor. En consecuencia, cualquier alimento funcional debe ser tomado en la cantidad adecuada y ser visto como un complemento a los tratamientos a la salud siempre y cuando se tenga la supervisión médica.

Una vez aclarado el tema anterior, la razón que me impulsó a formular un producto adicionado con jengibre, es que posterior a concluir mi investigación de las propiedades de esta raíz ancestral, tuve la fortuna de comprobar favorablemente que las propiedades en beneficio para la salud planteadas desde un inicio, tienen un sustento científico. Por lo tanto, me encontré frente a un ingrediente con gran potencial para hacer un alimento funcional. Sin

embargo, es fundamental cuidar las cantidades y presentación para asegurar que se cumplan los atributos del jengibre que se busquen resaltar.

Por lo anteriormente descrito, la formulación que presento es sólo una propuesta inicial, con cantidades basadas en mi percepción gustativa personal y en una elaboración del producto a pequeña escala de forma casera. Es necesario someter la formulación propuesta a pruebas y análisis rigurosos para ajustar las proporciones de los ingredientes y para asegurar que contenga los compuestos activos, antes de llevar el producto final al consumidor y asegurar que tiene alguna de las muchas propiedades en pro de la salud.

11.2 Definición del producto a elaborar

Ahora bien, el producto que me gustaría plantear es un batido de frutas. Los batidos de frutas a diferencia de los jugos, tienen la ventaja de que incorporan los frutos y vegetales de manera íntegra al ser licuados en su totalidad y de esta forma, preservan la fibra y una mayor cantidad de nutrientes. Además, los jugos tienen una normativa rigurosa que no permite la adición de ingredientes adicionales. Por otro lado, el batido es un producto con mayor libertad en este sentido, pues se le pueden añadir ingredientes adicionales tanto líquidos como sólidos.

Finalmente, otra gran ventaja que considero importante destacar, es que el batido al contener la totalidad del fruto o vegetal, proporciona mayor saciedad en el consumidor final. Por tanto, puede ser una buena alternativa para calmar el hambre y nutrirse de forma práctica y refrescante.

Revisando el PROYECTO de Modificación a la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-173-SE-2020, la mejor definición que se adapta al producto planteado es el numeral 3.7 correspondiente a "Bebidas no alcohólicas con contenido de vegetal o fruta, agua de coco o coco, u hortaliza o verdura: Son aquellos líquidos naturales o transformados que proporcionan al organismo elementos para su nutrición y con menos de 2.0 % (v/v) de alcohol etílico y un porcentaje mayor o igual al 10% en su composición final de vegetales o fruta, agua de coco o coco u hortaliza o verdura, o la combinación de los mismos".

11.3 Desarrollo de nuevo producto

En el transcurso de la carrera de Química de Alimentos y sobre todo al final, en la asignatura optativa disciplinaria que lleva el mismo nombre (DNP), aprendí que el DNP debe tomar en

cuenta diversos factores tales como: a) estrato poblacional al cual va dirigido, b) normativas aplicables al producto a elaborar, ya sea sólo en el país o incluso en la legislación internacional para fines de exportación, c) objetivos generales y específicos que se buscan alcanzar, d) propiedades y atributos que se buscan exaltar en el producto, e) planteamiento de una propuesta de valor competitivo en el mercado, f) costos de las materias primas y el procesamiento, g) tecnología del procesamiento, h) empaque y embalaje, y finalmente, i) canal de distribución y estrategia de mercadotecnia para que el producto final llegue a manos del consumidor.

En la **figura 5**, hay un esquema que ilustra algunos de los aspectos fundamentales detrás de la formulación de alimentos.



Figura 5. Esquema de factores implicados en la formulación de nuevos productos alimenticios. Adaptación del esquema tomado del libro "Food formulation: novel ingredients and processing techniques".

Fuente: Pathania y Tiwari, 2021.

11.4 Propuesta inicial de formulación del producto

La propuesta presentada en la **tabla 5** es el planteamiento de una formulación inicial que está abierta a su posible mejora posterior a un posible análisis químico y sensorial.

Tabla 5. Formulación inicial del batido con jengibre para una porción de 750 mL.

Ingrediente	Cantidad	Funcionalidad
Agua	300 mL	Medio para licuar sólidos y adicional ayuda a equilibrar la concentración de la mezcla.
Apio	50 g	Sabor y propiedades funcionales complementarias.
Betabel	10 g	Aporta color más uniforme.
Jengibre	5 g	Ingrediente funcional y de interés principal.
Limón	3 mL	Sabor y propiedades funcionales complementarias.
Manzana	150 g	Sabor y propiedades funcionales complementarias.
Miel	15 g	Edulcorante natural.
Piña	150 g	Sabor y propiedades funcionales complementarias.

La elaboración de este batido se hizo de manera casera y se obtuvieron resultados sensoriales satisfactorios por parte del núcleo familiar, que se espera, sean reproducibles. Sin embargo, este resultado no es significativo, dado que se requeriría de una muestra poblacional mayor, para calificar los atributos finales del producto de manera objetiva y poder hacer un análisis estadístico, que respalde la propuesta antes de pensar en lanzar el producto al mercado.

Ahora bien, aunque se pretende que la estrella del producto sea el jengibre, es difícil hacerlo sin la ayuda de otros ingredientes que ayuden a balancear el fuerte sabor derivado del jengibre. Es por ello que a continuación, en las **tablas 6, 7, 8, 9, 10, 11 y 12** se presenta de manera gráfica y breve la composición nutrimental de todos los ingredientes involucrados en el DNP.

Cabe aclarar que en las tablas las siglas involucradas hacen referencia a Ácidos Grasos Saturados (AGS o SFA por sus siglas en inglés), Ácidos Grasos Mono Insaturados (AGMI o MFA por sus siglas en inglés) y, por último, Ácidos Grasos Poli Insaturados (AGPI o PUFA por sus siglas en inglés).

Tabla 6. Composición nutrimental del apio en una porción comestible de 100 g.

Tipo		Descripción alimento				Type				Food description				Nombre Científico/Scientific name			
VERDURAS		Apio, tallo y hoja				VEGETABLES				Celery, stalk and leaf				Apium graveolens			
Porción comestible Edible portion (%)	Energía Energy (kJ)	Energía Energy (kcal)	Humedad Water (g)	Cenizas Ashes (g)	Extracto etéreo Ether extract (g)	Á. G. S. S. F. A. (g)	A.G.M.I. M.F.A. (g)	A.G.P.I. P.U.F.A. (g)	Colesterol Cholestrl (mg)	Proteína bruta Crude protein (g)	Hidratos de carbono Carbohydrt (g)						
1.00	67.00	16.00	95.43	0.75	0.17	0.04	0.03	0.08	0.00	0.69	2.97						
NUTRIMENTOS INORGÁNICOS / MINERALS																	
Azúcares Sugars (g)	Fibra bruta Fiber (g)	Fibra D.T. Total D. Fiber (g)	Fibra D. Insol. Insol. D. Fiber (g)	Ca Ca (mg)	P P (mg)	Fe Fe (mg)	Na Na (mg)	K K (mg)	Mg Mg (mg)	Cu Cu (mg)	Zn Zn (mg)	Mn Mn (mg)	Se Se (mg)	Li Li (mg)			
0.20	0.60	1.90	1.80	40.00	24.00	0.20	80.00	260.00	11.00	0.33	1.59	0.10	0.02	*			
VITAMINAS / VITAMINS																	
Vit. A Vit. A (U.I.)	Vit. A Vit. A (µg RAE)	Carotenos Carotene (mg)	B-carotenos B-carotene (mg)	Vit. B1 Vit. B1 (mg)	Vit. B2 Vit. B2 (mg)	Niacina Niacin (mg)	Ac. Ascórbico Ascorbic Ac. (mg)	Vit. B6 Vit. B6 (mg)	Vit. B12 Vit. B12 (µg)	Ácido fólico Folic Ac. (µg)	Folato Folate (µg DFE)	Vit. D Vit. D (µg)					
43.29	22.00	*	0.27	0.02	0.06	0.32	13.00	0.07	0.00	0.00	36.00	0.00					

Fuente: INCMNSZ, 2015.

Tabla 7. Composición nutrimental del betabel en una porción comestible de 100 g.

Tipo		Descripción alimento				Type				Food description				Nombre Científico/Scientific name			
TUBÉRCULOS, BULBOS Y RAÍCES		Betabel				TUBERS, BULBS AND ROOTS				Beetroot				Beta vulgaris L.			
Porción comestible Edible portion (%)	Energía Energy (kJ)	Energía Energy (kcal)	Humedad Water (g)	Cenizas Ashes (g)	Extracto etéreo Ether extract (g)	Á. G. S. S. F. A. (g)	A.G.M.I. M.F.A. (g)	A.G.P.I. P.U.F.A. (g)	Colesterol Cholestrl (mg)	Proteína bruta Crude protein (g)	Hidratos de carbono Carbohydrt (g)						
0.90	177.00	42.00	83.80	0.75	0.15	0.03	0.03	0.06	0.00	2.18	1.94						
NUTRIMENTOS INORGÁNICOS / MINERALS																	
Azúcares Sugars (g)	Fibra bruta Fiber (g)	Fibra D.T. Total D. Fiber (g)	Fibra D. Insol. Insol. D. Fiber (g)	Ca Ca (mg)	P P (mg)	Fe Fe (mg)	Na Na (mg)	K K (mg)	Mg Mg (mg)	Cu Cu (mg)	Zn Zn (mg)	Mn Mn (mg)	Se Se (mg)	Li Li (mg)			
5.60	2.05	2.80	2.05	21.50	48.00	1.48	78.00	325.00	23.00	0.08	0.35	0.33	0.02	*			
VITAMINAS / VITAMINS																	
Vit. A Vit. A (U.I.)	Vit. A Vit. A (µg RAE)	Carotenos Carotene (mg)	B-carotenos B-carotene (mg)	Vit. B1 Vit. B1 (mg)	Vit. B2 Vit. B2 (mg)	Niacina Niacin (mg)	Ac. Ascórbico Ascorbic Ac. (mg)	Vit. B6 Vit. B6 (mg)	Vit. B12 Vit. B12 (µg)	Ácido fólico Folic Ac. (µg)	Folato Folate (µg DFE)	Vit. D Vit. D (µg)					
0.00	2.00	0.01	0.00	0.05	0.05	0.35	19.85	0.07	0.00	0.00	109.00	0.00					

Fuente: INCMNSZ, 2015.

Tabla 8. Composición nutrimental del jengibre en una porción comestible de 100 g.

Tipo		Descripción alimento				Type				Food description				Nombre Científico/Scientific name			
TUBÉRCULOS, BULBOS Y RAÍCES		Jengibre				TUBERS, BULBS AND ROOTS				Ginger				Zingiber officinale Roscoe			
Porción comestible Edible portion (%)	Energía Energy (kJ)	Energía Energy (kcal)	Humedad Water (g)	Cenizas Ashes (g)	Extracto etéreo Ether extract (g)	Á. G. S. S. F. A. (g)	A.G.M.I. M.F.A. (g)	A.G.P.I. P.U.F.A. (g)	Colesterol Cholestrl (mg)	Proteína bruta Crude protein (g)	Hidratos de carbono Carbohydrt (g)						
1.00	117.00	28.00	91.60	0.30	0.72	0.20	0.15	0.15	0.00	1.87	4.40						
NUTRIMENTOS INORGÁNICOS / MINERALS																	
Azúcares Sugars (g)	Fibra bruta Fiber (g)	Fibra D.T. Total D. Fiber (g)	Fibra D. Insol. Insol. D. Fiber (g)	Ca Ca (mg)	P P (mg)	Fe Fe (mg)	Na Na (mg)	K K (mg)	Mg Mg (mg)	Cu Cu (mg)	Zn Zn (mg)	Mn Mn (mg)	Se Se (mg)	Li Li (mg)			
1.70	1.11	2.00	*	51.00	78.00	7.77	13.00	415.00	43.00	0.23	0.34	0.23	0.00	*			
VITAMINAS / VITAMINS																	
Vit. A Vit. A (U.I.)	Vit. A Vit. A (µg RAE)	Carotenos Carotene (mg)	B-carotenos B-carotene (mg)	Vit. B1 Vit. B1 (mg)	Vit. B2 Vit. B2 (mg)	Niacina Niacin (mg)	Ac. Ascórbico Ascorbic Ac. (mg)	Vit. B6 Vit. B6 (mg)	Vit. B12 Vit. B12 (µg)	Ácido fólico Folic Ac. (µg)	Folato Folate (µg DFE)	Vit. D Vit. D (µg)					
0.00	0.00	*	0.00	0.04	0.08	0.90	3.40	0.16	0.00	0.00	11.00	0.00					

Fuente: INCMNSZ, 2015.

Tabla 9. Composición nutrimental del limón en una porción comestible de 100 g.

Tipo		Descripción alimento				Type		Food description			Nombre Científico/Scientific name				
FRUTAS		Limón, jugo				FRUITS		Lemon, juice							
Porción comestible Edible portion (%)	Energía Energy (kJ)	Energía Energy (kcal)	Humedad Water (g)	Cenizas Ashes (g)	Extracto etéreo Ether extract (g)	Á. G. S. S. F. A. (g)	A.G.M.I. M.F.A. (g)	A.G.P.I. P.U.F.A. (g)	Colesterol Cholestrl (mg)	Proteína bruta Crude protein (g)	Hidratos de carbono Carbohydrt (g)				
1.00	676.00	162.00	39.80	1.50	0.35	0.04	0.01	0.02	0.00	2.90	55.15				
NUTRIMENTOS INORGÁNICOS / MINERALS															
Azúcares Sugars (g)	Fibra bruta Fiber (g)	Fibra D.T. Total D. Fiber (g)	Fibra D. Insol. Insol. D. Fiber (g)	Ca Ca (mg)	P P (mg)	Fe Fe (mg)	Na Na (mg)	K K (mg)	Mg Mg (mg)	Cu Cu (mg)	Zn Zn (mg)	Mn Mn (mg)	Se Se (mg)	Li Li (mg)	
2.52	0.30	0.30	*	6.00	8.00	0.08	1.00	103.00	6.00	0.13	0.05	*	*	*	
VITAMINAS / VITAMINS															
Vit. A Vit. A (U.I.)	Vit. A Vit. A (µg RAE)	Carotenos Carotene (mg)	B-carotenos B-carotene (mg)	Vit. B1 Vit. B1 (mg)	Vit. B2 Vit. B2 (mg)	Niacina Niacin (mg)	Ac. Ascórbico Ascorbic Ac. (mg)	Vit. B6 Vit. B6 (mg)	Vit. B12 Vit. B12 (µg)	Ácido fólico Folic Ac. (µg)	Folato Folate (µg DFE)	Vit. D Vit. D (µg)			
6.00	0.00	*	*	0.02	0.02	0.09	25.15	0.05	0.00	0.00	20.00	0.00			

Fuente: INCMNSZ, 2015.

Tabla 10. Composición nutrimental de la manzana en una porción comestible de 100 g.

Tipo		Descripción alimento				Type		Food description			Nombre Científico/Scientific name				
FRUTAS		Manzana				FRUITS		Apple			Malus sylvestris Mill/Golden delicious/Red delicious				
Porción comestible Edible portion (%)	Energía Energy (kJ)	Energía Energy (kcal)	Humedad Water (g)	Cenizas Ashes (g)	Extracto etéreo Ether extract (g)	Á. G. S. S. F. A. (g)	A.G.M.I. M.F.A. (g)	A.G.P.I. P.U.F.A. (g)	Colesterol Cholestrl (mg)	Proteína bruta Crude protein (g)	Hidratos de carbono Carbohydrt (g)				
0.67	217.57	52.00	81.53	0.37	0.48	0.03	0.01	0.05	0.00	0.32	12.98				
NUTRIMENTOS INORGÁNICOS / MINERALS															
Azúcares Sugars (g)	Fibra bruta Fiber (g)	Fibra D.T. Total D. Fiber (g)	Fibra D. Insol. Insol. D. Fiber (g)	Ca Ca (mg)	P P (mg)	Fe Fe (mg)	Na Na (mg)	K K (mg)	Mg Mg (mg)	Cu Cu (mg)	Zn Zn (mg)	Mn Mn (mg)	Se Se (mg)	Li Li (mg)	
8.70	0.84	2.40	2.10	6.17	5.33	0.41	0.00	112.86	41.60	0.18	0.58	0.05	*	*	
VITAMINAS / VITAMINS															
Vit. A Vit. A (U.I.)	Vit. A Vit. A (µg RAE)	Carotenos Carotene (mg)	B-carotenos B-carotene (mg)	Vit. B1 Vit. B1 (mg)	Vit. B2 Vit. B2 (mg)	Niacina Niacin (mg)	Ac. Ascórbico Ascorbic Ac. (mg)	Vit. B6 Vit. B6 (mg)	Vit. B12 Vit. B12 (µg)	Ácido fólico Folic Ac. (µg)	Folato Folate (µg DFE)	Vit. D Vit. D (µg)			
54.00	3.00	0.00	0.00	0.02	0.02	0.19	5.35	0.04	0.00	0.00	3.00	0.00			

Fuente: INCMNSZ, 2015.

Tabla 11. Composición nutrimental de la miel en una porción comestible de 100 g.

Tipo		Descripción alimento				Type		Food description			Nombre Científico/Scientific name				
AZÚCARES, MIELES Y DULCES		Miel, de abeja				SUGAR, HONEY AND CANDY		Honey, honey							
Porción comestible Edible portion (%)	Energía Energy (kJ)	Energía Energy (kcal)	Humedad Water (g)	Cenizas Ashes (g)	Extracto etéreo Ether extract (g)	Á. G. S. S. F. A. (g)	A.G.M.I. M.F.A. (g)	A.G.P.I. P.U.F.A. (g)	Colesterol Cholestrl (mg)	Proteína bruta Crude protein (g)	Hidratos de carbono Carbohydrt (g)				
1.00	1406.00	336.00	16.84	0.15	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	86.27				
NUTRIMENTOS INORGÁNICOS / MINERALS															
Azúcares Sugars (g)	Fibra bruta Fiber (g)	Fibra D.T. Total D. Fiber (g)	Fibra D. Insol. Insol. D. Fiber (g)	Ca Ca (mg)	P P (mg)	Fe Fe (mg)	Na Na (mg)	K K (mg)	Mg Mg (mg)	Cu Cu (mg)	Zn Zn (mg)	Mn Mn (mg)	Se Se (mg)	Li Li (mg)	
82.12	0.03	0.20	*	6.00	4.00	0.42	4.00	52.00	2.00	0.04	0.22	0.08	0.00	*	
VITAMINAS / VITAMINS															
Vit. A Vit. A (U.I.)	Vit. A Vit. A (µg RAE)	Carotenos Carotene (mg)	B-carotenos B-carotene (mg)	Vit. B1 Vit. B1 (mg)	Vit. B2 Vit. B2 (mg)	Niacina Niacin (mg)	Ac. Ascórbico Ascorbic Ac. (mg)	Vit. B6 Vit. B6 (mg)	Vit. B12 Vit. B12 (µg)	Ácido fólico Folic Ac. (µg)	Folato Folate (µg DFE)	Vit. D Vit. D (µg)			
0.00	*	0.00	*	0.00	0.04	0.12	0.50	0.02	0.00	0.00	2.00	0.00			

Fuente: INCMNSZ, 2015.

Tabla 12. Composición nutrimental de la piña en una porción comestible de 100 g.

Tipo		Descripción alimento			Type		Food description			Nombre Científico/Scientific name				
FRUTAS		Piña			FRUITS		Pineapple			Ananas comosus L.				
Porción comestible Edible portion (%)	Energía Energy (kJ)	Energía Energy (kcal)	Humedad Water (g)	Cenizas Ashes (g)	Extracto etéreo Ether extract (g)	Á. G. S. S. F. A. (g)	A.G.M.I. M.F.A. (g)	A.G.P.I. P.U.F.A. (g)	Colesterol Cholestrol (mg)	Proteína bruta Crude protein (g)	Hidratos de carbono Carbohydrat (g)			
0.53	138.00	33.00	89.25	0.40	0.12	0.01	0.01	0.04	0.00	0.56	8.37			
NUTRIMENTOS INORGÁNICOS / MINERALS														
Azúcares Sugars (g)	Fibra bruta Fiber (g)	Fibra D.T. Total D. Fiber (g)	Fibra D. Insol. Insol. D. Fiber (g)	Ca Ca (mg)	P P (mg)	Fe Fe (mg)	Na Na (mg)	K K (mg)	Mg Mg (mg)	Cu Cu (mg)	Zn Zn (mg)	Mn Mn (mg)	Se Se (mg)	Li Li (mg)
8.20	0.39	1.20	1.10	13.00	12.00	0.47	1.00	109.00	12.00	0.08	0.52	0.32	0.01	*
VITAMINAS / VITAMINS														
Vit. A Vit. A (U.I.)	Vit. A Vit. A (µg RAE)	Carotenos Carotene (mg)	B-carotenos B-carotene (mg)	Vit. B1 Vit. B1 (mg)	Vit. B2 Vit. B2 (mg)	Niacina Niacin (mg)	Ac. Ascórbico Ascorbic Ac. (mg)	Vit. B6 Vit. B6 (mg)	Vit. B12 Vit. B12 (µg)	Ácido fólico Folic Ac. (µg)	Folato Folate (µg DFE)	Vit. D Vit. D (µg)		
58.00	3.00	0.06	0.04	0.11	0.04	0.17	35.85	0.11	0.00	11.00	18.00	0.00		

Fuente: INCMNSZ, 2015.

11.5 Proceso de elaboración

El diagrama representado en la **figura 6** resume la serie de pasos que se sugieren en un principio para conseguir la elaboración exitosa del batido vegetal. La producción industrial requeriría armar una línea de producción óptima con maquinaria adecuada y eficiente. Para lo cual se necesitaría hacer una investigación del equipo necesario y una inversión inicial suficiente para asegurar el éxito del procesamiento.

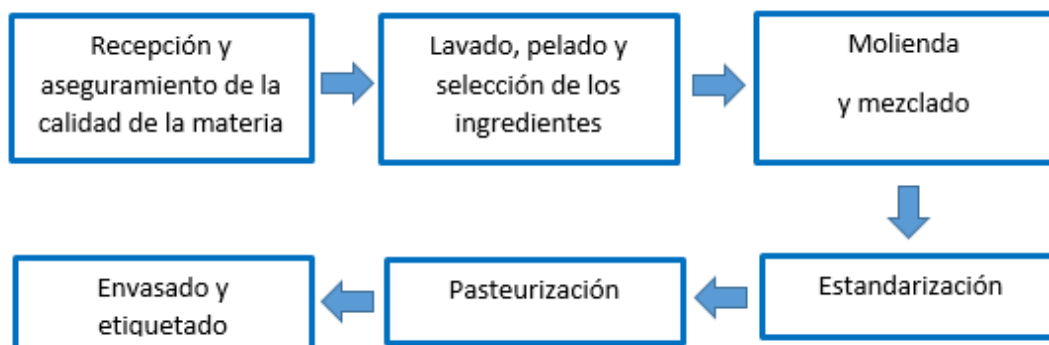


Figura 6. Diagrama de procesamiento del batido.

11.6 Costos

Estimar costos es uno de los factores más importantes en la formulación. Por lo tanto, es fundamental, calcular aproximadamente el costo de manufactura y el precio de venta que tendría para el público.

El principal objetivo de este apartado es establecer cuál sería el precio de venta, margen de contribución unitaria y la utilidad neta.

En la **tabla 13** se presentan los precios por kg de materia prima de acuerdo a registros del 29/11/2021 al 03/12/2021 tomados del Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados. También se hace una estimación del precio mínimo e ideal de venta, así como el margen bruto de ganancia sin considerar el empaque.

Tabla 13. Costos de materia prima y productos, porcentaje de impacto de cada ingrediente en el costo y precios mínimo e ideal de venta.

	Costo/Kg	Costo/Kg	Impacto		
Ingredientes	Mat. Prima	Producto	Costo (%)		
Apio	7.25	0.53	2.61		
Betabel	25.00	0.37	1.80		
Jengibre	150.00	1.10	5.40		
Limón	11.37	0.05	0.25	Costo Inicial Mat Prima (1 Kg)	\$ 20.34
Manzana	41.76	9.17	45.10	Costo Real Mat Prima (1 Kg)	\$ 20.34
Agua Potable	1.00	0.44	2.16	Costo Real/683 g (Mat Prima)	\$ 13.89
Miel	149.29	3.28	16.12	Precio Mínimo Venta (683 g)	\$ 46.30
Piña	24.60	5.40	26.57	Precio Ideal de Venta (683 g)	\$ 57.87
Total		20.34	100.00	Margen Bruto sin Empaque (%)	76.00

11.7 Información nutrimental

La **tabla 14** resume el contenido de sólidos, los ingredientes críticos del producto, así como el porcentaje de humedad y el rendimiento del producto. Por otro lado, en la **tabla 15**, se calcularon los macronutrientes, sodio y calorías contenidos en cada uno de los ingredientes de acuerdo a la composición nutrimental de cada uno.

Tabla 14 Formulación, cantidad de sólidos, porcentaje de humedad, nutrimentos críticos y rendimiento.

Batido vegetal con jengibre					
Tamaño del Lote: 683 g				Críticos	
Ingredientes	Cantidad (g)	Sólidos (g)	Fórmula (%)	Proteína (g)	Grasa (g)
Apio	50.0000	1.8300	7.3206	0.35	0.08
Betabel	10.0000	0.4120	1.4641	0.22	0.01
Jengibre	5.0000	0.3135	0.7321	0.09	0.03
Limón	3.0000	1.7415	0.4392	0.09	0.00
Manzana	150.0000	19.9500	21.9619	0.48	0.14
Agua Potable	300.0000	0.0000	43.9239	0.00	0.00
Miel	15.0000	12.9810	2.1962	0.04	0.00
Piña	150.0000	13.3950	21.9619	0.84	0.09
Total	683.0000	50.6230	100.0000	2.10	0.34
	inicial	final			
Sólidos Solubles (%)	7.4	7.4			
Proteína (%)	0.3	0.3			
Grasa (%)	0.0	0.0			
Humedad (%)	92.5	92.5			
Rendimiento (g)	100.0				
Rendimiento (%)	100.0				

Tabla 15. Aporte nutrimental del batido vegetal.

Aporte Nutrimental									Ingredientes
HdeC	Azúcar	Añadidos	Fibra	Proteína	Grasa Saturada	Sodio	Calorías		
0.22	0.15	0.00	0.14	0.05	0.01	0.00	5.86	1.17	Apio
0.03	0.08	0.00	0.04	0.03	0.00	0.00	1.14	0.26	Betabel
0.03	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.10	0.22	Jengibre
0.24	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	1.02	Limón
2.85	1.91	0.00	0.53	0.07	0.02	0.01	0.00	11.86	Manzana
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Agua Potable
1.89	1.80	1.80	0.00	0.01	0.00	0.00	0.09	7.60	Miel
1.84	1.80	0.00	0.26	0.12	0.01	0.00	0.22	7.96	Piña
7.10	5.77	1.80	0.99	0.31	0.05	0.01	7.41	30.09	Total
7.1	5.8	1.8	1.0	0.3	0.0	0.0	7.4	30	kilocalorías/100g
								128	Kjoules/100 g

Finalmente, con los datos de aporte nutrimental calculados, se puede hacer una gran aproximación de cuál sería la información nutrimental que llevaría la etiqueta del batido vegetal, dicha etiqueta se presenta a continuación en la **figura 7** de acuerdo a los criterios establecidos en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

De acuerdo a esta norma, la etiqueta adicionalmente, llevaría 1 octágono negro por exceso de azúcares porque más del 10 % de la energía del producto proviene del azúcar añadido (la miel).

Bebida Vegetal con jengibre	
Información Nutricional	
Tamaño de la Porción:	100 g
Porciones por Envase:	6.83
Cantidad Por Porción	
Contenido Energético	128 kJ (30 kcal)
Proteínas	0.3 g
Grasas (lípidos)	0 g
de las cuales:	
Grasas Saturadas	0 g
Grasas Trans	0 g
Colesterol	0 mg
Hidratos de Carbono	7.1 g
de los cuales:	
Azúcares	5.77 g
Azúcares añadidos	1.8 g
Fibra Dietética	1.0 g
Sodio	7.4 mg
* Información basada en una dieta de 2000 calorías. De acuerdo con la NOM-051-SCFI/SSA1-2010	

Figura 7. Etiqueta con información nutricional del batido vegetal.

CONCLUSIONES

La FAO tiene registrado alrededor de 40 países productores de jengibre, de los cuales, la India es el principal productor.

El jengibre es rico en varios componentes químicos y esta composición depende principalmente de la frescura y el lugar de origen de la planta. Los beneficios a la salud del jengibre se atribuyen principalmente a sus compuestos fenólicos bioactivos como los GN y

los SG. El alto valor comercial de los GN impulsó el desarrollo de un gran número de procedimientos eficientes y rentables para su síntesis.

La demanda de antioxidantes naturales ha aumentado debido al creciente interés en las industrias alimentaria y farmacéutica por el desarrollo de fármacos más seguros y que sean potentes contra diversas enfermedades. En este sentido, el jengibre es una buena alternativa pues es rico en sustancias biológicamente activas como GN, SG y zingerona, que tienen efectos antioxidantes y antiinflamatorios. Por tanto, podría ser potencialmente útil en el tratamiento de diversas enfermedades derivadas o asociadas al estrés oxidante y también se puede utilizar como suplemento antioxidante.

El jengibre tiene actividad antimicrobiana directa y, por lo tanto, podría usarse en el tratamiento de infecciones bacterianas, como alternativa al uso de fungicidas y bactericidas por su efecto contra fitopatógenos, lo cual contribuiría a una agricultura sostenible. Adicionalmente, el uso del jengibre es de sumo interés para la industria alimentaria por sus propiedades y por su clasificación GRAS para la conservación de alimentos.

Los extractos de plantas ofrecen la ventaja de no ser tóxicos en comparación con la terapia de combinación de medicamentos contra el cáncer. Entre varios extractos de plantas probados por sus efectos anticancerígenos, el jengibre se destaca por su notable actividad anticancerosa y su capacidad para mitigar los efectos secundarios asociados a la quimioterapia y su efecto sensibilizador a los fármacos anticancerosos. Sin embargo, aún hacen falta estudios que esclarezcan su uso clínico adecuado.

En cuanto a enfermedades neurológicas, se incluyó el caso de la migraña y si bien se ha visto que el jengibre tiene efectos analgésicos que pueden ayudar a los que padecen la enfermedad, aún faltan estudios que encuentren la manera de hacerlo de una manera más eficaz y duradera.

Por otro lado, se ha demostrado que el 6-paradol y el 6-GN reducen varios mediadores inflamatorios como la PGE₂.

Finalmente, las perspectivas del uso del jengibre para el tratamiento contra enfermedades en general, son alentadoras. De todas las propiedades que se plantearon en la hipótesis de la redacción de este trabajo, se concluye que la mayoría tiene estudios que respaldan dichas

propiedades. Por lo tanto, las posibilidades de desarrollo de nuevos productos adicionados con jengibre son prometedoras para el tratamiento de enfermedades de diferente índole.

El DNP planteado queda en términos teóricos y sujeto a su posible elaboración práctica a futuro, lo cual necesitaría un estudio de mercado previo para verificar en primera instancia que el proyecto sea viable. Así mismo valdría la pena hacer un estudio de evaluación sensorial con consumidores y análisis fisicoquímicos para verificar la presencia de los ingredientes activos de interés y así poder darle una mejor publicidad y aumentar la probabilidad de éxito con el consumidor final.

BIBLIOGRAFÍA

Abdel-Aziz, H., Windeck, T., Ploch, M., Verspohl, E. J., 2006. Mode of action of gingerols and shogaols on 5-HT₃ receptors: binding studies, cation uptake by the receptor channel and contraction of isolated guinea-pig ileum. *European Journal of Pharmacology*, 530, 136–143.

Abdullahi, A., Khairulmazmi, A., Yasmeen, S., Ismail, I. S., Norhayu, A., Sulaiman, M. R., Ahmed, O. H., Ismail, M. R., 2020. Phytochemical Profiling and Antimicrobial Activity of Ginger (*Zingiber officinale*) Essential Oils against Important Phytopathogens. *Arabian Journal of Chemistry*, 13, 8012-8025.

Agarwal, M., Walia, S., Dhingra, S., Khambay, B.P., 2001. Insect growth inhibition, antifeedant and antifungal activity of compounds isolated/derived from *Zingiber officinale* Roscoe (ginger) rhizomes. *Pest Management Science*, 57, 289-300.

Akimoto, M., Iizuka, M., Kanematsu, R., Yoshida, M., Takenaga, K., 2015. Anticancer effect of ginger extract against pancreatic cancer cells mainly through reactive oxygen species-mediated autotic cell death. *PloS One*, 10, e0126605.

Akinyemi, A., Thome, G., Morsch, V., Bottari, N., Baldissarelli, J., de Oliveira, L., Goularte, J., Bello-Klein, A., Oboh, G., Chitolina-Schetinger, M., 2016. Dietary supplementation of ginger and turmeric rhizomes modulates platelets ectonucleotidase and adenosine deaminase activities in normotensive and hypertensive rats. *Phytotherapy Research*, 30, 1156–1163.

Ali, B.H., Blunden, G., Tanira, M.O., Nemmar, A., 2008. Some phytochemical, pharmacological and toxicological properties of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*): A review of recent research. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 409–420.

Altman, R.D., Marcussen, K.C., 2001. Effects of a ginger extract on knee pain in patients with osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism*, 44, 2531–2538.

Alzoreky, N.S. y Nakahara, K., 2003. Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. *International Journal of Food Microbiology*, 80, 223-230.

Atares, L., & Chiralt, A., 2016. Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, 48, 51-62.

Azhari, H., Sook, S., Nour, A., 2017. Extraction and Chemical Compositions of Ginger (*Zingiber Officinale Roscoe*) Essential Oils as Cockroaches Repellent. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 11, 1–8.

Baldin, V. P., Bertin de Lima Scodro, R., Mariano Fernandez, C. M., Ieque, A. L., Caleffi-Ferracioli, K. R., Dias Siqueira, V. L., de Almeida, A. L., Gonçalves, J. E., Garcia Cortez, D. A., & Cardoso, R. F., 2019. Ginger essential oil and fractions against *Mycobacterium* spp. *Journal of Ethnopharmacology*, 244, 112095.

Baliga, M. S., Haniadka, R., Pereira, M. M., D'Souza, J. J., Pallaty, P. L., Bhat, H. P., Popuri, S., 2011. Update on the chemopreventive effects of ginger and its phytochemicals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 499–523.

Barco, A., Benetti, S., Baraldi, P.G., Guarneri, M., Pollini, G.P., Simoni, D., 1981. 3,5-Disubstituted isoxazoles as a latent aldol moiety: application to the synthesis of (±)- [6]-gingerol. *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, 599–600.

Bartley, J.P. y Jacobs, A.L., 2000. Effects of drying on flavour compounds in Australian-grown ginger (*Zingiber officinale*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 209–215.

Bawadood, A. S., Al-Abbasi, F. A., Anwar, F., El-Halawany, A. M., Al-Abd, A. M., 2020. 6-Shogaol suppresses the growth of breast cancer cells by inducing apoptosis and suppressing

autophagy via targeting notch signaling pathway. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 128, 110302.

Benjamini, E.; Coico, R.; Sunshine, G., 2000. *Immunology; a short course*. Cuarta edición, Hoboken: Wiley-Liss.

Bordia, A., Verma, S.K., Srivastava, K.C., 1997. Effect of ginger (*Zingiber Officinale Rosc.*) and fenugreek (*Trigonella foenumgraecum L.*) on blood lipids, blood sugar and plate-let aggregation in patients with coronary artery disease. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, 56, 379–384.

Brahmbhatt, M., Gundala, S. R., Asif, G., Shamsi, S. A., Aneja, R., 2013. Ginger phytochemicals exhibit synergy to inhibit prostate cancer cell proliferation. *Nutrition and Cancer*, 65, 263–272.

Buse, D., Penzien, D., Lake, A., Andrasik, F., 2020. Behavioral approaches to headache and migraine management. *Medical Roundtable General Medicine Edition*, 1, 131-144.

Carrasco, F.R., Schmidt, G., Romero, A.L., Sartoretto, J.L., Caparroz-Assef, S.M., Bersani-Amado, C.A., Cuman, R.K., 2009. Immunomodulatory activity of *Zingiber officinale Roscoe*, *Salvia officinalis L.* and *Syzygium aromaticum L.* essential oils: evidence for humor- and cell-mediated responses. *The Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 61, 961–967.

Chakotiya, A., Tanwar, A., Narula, A., Sharma, R., 2017. *Zingiber officinale*: Its antibacterial activity on *Pseudomonas aeruginosa* and mode of action evaluated by flow cytometry. *Microbial Pathogenesis*, 107, 254–260.

Chen, C. Y., Li, Y. W., Kuo, S. Y., 2009. Effect of [10]-gingerol on [ca²⁺] and cell death in human colorectal cancer cells. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 14, 959–969.

Chen, L., y Cai, Z., 2020. The efficacy of ginger for the treatment of migraine: A meta-analysis of randomized controlled studies. *The American Journal of Emergency Medicine*, S0735-6757, 31039-1.

Choi, J.G., Kim, S.Y., Jeong, M., Oh, M.S., 2018. Pharmacotherapeutic potential of ginger and its compounds in age-related neurological disorders. *Pharmacology & Therapeutics*, 182, 56–69.

Craig W.J., 1999. Health-promoting properties of common herbs. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 70, 491s-499s.

D'Auria, M., Racioppi, R., 2018. Solid phase microextraction and gas chromatography mass spectrometry analysis of *Zingiber Officinale* and *Curcuma Longa*. *Natural Product Research*, 33, 2125–2127.

De Las Heras, N., Valero-Munoz, M., Martin-Fernandez, B., Ballesteros, S., Lopez-Farre, A., Ruiz-Roso, B., Lahera, V., 2017. Molecular factors involved in the hypolipidemic-and insulin-sensitizing effects of a ginger (*Zingiber officinale Roscoe*) extract in rats fed a high-fat diet. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42, 209–215.

Denniff, P., Whiting, D.A., 1976. Biosynthesis of [6]-gingerol, pungent principle of *Zingiber officinale*. *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, 18, 711–712.

Denniff, P., Macleod, I., Whiting, D.A., 1981. Syntheses of the (±)-[n]-gingerols (pungent principles of ginger) and related compounds through region selective aldol condensations: relative pungency assays. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions*, 1, 82–87.

Ding, M., Leach, M., Bradley, H., 2013. The effectiveness and safety of ginger for pregnancy-induced nausea and vomiting: A systematic review. *Women and Birth*, 26.

Enders, D., Eichenauer, H., Pieter, R., 1979. Enantioselective synthesis of (-)-(R) and (+)-(S)- [6]-Gingerol – pungent principle of ginger. *Chemische Berichte*, 112, 3703–3714.

ESCOP monographs. The scientific foundation for herbal medicinal products., 2019. *Fitoterapia.net*. [En línea]. Disponible en: <https://www.fitoterapia.net/vademecum/plantas/index.html?planta=300> [Último acceso el 11 de febrero de 2021].

Fleming, S.A., Dyer, C.W., Eggington, J., 1999. A convenient one-step gingerol synthesis. *Synthetic Communications*, 29, 1933–1939.

Fuhrman, B., Rosenblat, M., Hayek, T., Coleman, R., Aviram, M., 2000. Ginger extract consumption reduces plasma cholesterol, inhibits LDL oxidation and attenuates development of atherosclerosis in atherosclerotic, apolipoprotein E-deficient mice. *Journal of Nutrition*, 130, 1124–1131.

- Ghafoor, K., Juhaimi, F.A., Özcan, M.M., Uslu, N., Babiker, E.E., Mohamed-Ahmed, I.A., 2020. Total phenolics, total carotenoids, individual phenolics and antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) rhizome as affected by drying methods. *LWT- Food Science and Technology*, 126, 109354.
- Ghayur, M. N. y Gilani, A. H., 2005. Pharmacological basis for the medicinal use of ginger in gastrointestinal disorders. *Digestive Diseases and Sciences*, 50, 1889–1897.
- Ghayur, M.N. y Gilani, A.H., 2007. Inhibitory activity of ginger rhizome on airway and uterine smooth muscle preparations. *European Food Research and Technology*, 224, 477.
- Giovanni, B.P., Fabio, M., Piero, P.G., Daniele, S., Achille, B., Simonetta, B., 1982. Asymmetric synthesis of a b-ketol moiety via 3,5-disubstituted isoxazoles: application to (+) (S)- [6]-gingerol. *Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 1*, 2983–2987.
- Govindarajan V.S., 1982. Ginger-chemistry, technology, and quality evaluation: part 1. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 17, 1–96.
- Grzanna, R., Phan, P., Polotsky, A., Lindmark, L., Frondoza, C.G., 2004. Ginger extract inhibits beta-amyloid peptide-induced cytokine and chemokine expression in cultured THP-1 monocytes. *Journal of Alternative and Complementary Medicine (New York, N.Y.)*, 10, 1009–1013.
- Gundala, S. R., Mukkavilli, R., Yang, C., Yadav, P., Tandon, V., Vangala, S., Prakash, S., Aneja, R., 2014. Enterohepatic recirculation of bioactive ginger phytochemicals is associated with enhanced tumor growth-inhibitory activity of ginger extract. *Carcinogenesis*, 35, 1320–1329.
- Gupta, S., Pandotra, P., Gupta, A.P., Dhar, J.K., Sharma, G., Ram, G., Husain, M.K., Bedi, Y.S., 2010. Volatile (As and Hg) and non-volatile (Pb and Cd) toxic heavy metals analysis in rhizome of *Zingiber Officinale* collected from different locations of North Western Himalayas by Atomic Absorption Spectroscopy. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 48, 2966–2971.

Gupta, S., Pandotra, P., Ram, G., Anand, R., Gupta, A.P., Husain, K., Bedi, Y.S., Mallavarapu, G.R., 2011. Composition of a monoterpenoid-rich essential oil from the rhizome of *Zingiber officinale* from north western Himalayas. *Natural Product Communications*, 6, 93–96.

Gustafson C., 2015. Mark Blumenthal: Quality and Efficacy of Herbal Medicines. *Integrative Medicine (Encinitas)*, 14, 54–59.

Ha, H. y Gonzalez, A., 2019. Migraine headache prophylaxis. *American Family Physician*, 99, 17–24.

Habib, S. H., Makpol, S., Abdul Hamid, N. A., Das, S., Ngah, W. Z., Yusof, Y. A., 2008. Ginger extract (*Zingiber officinale*) has anti-cancer and anti-inflammatory effects on ethionine-induced hepatoma rats. *Clinics (Sao Paulo, Brazil)*, 63, 807–813.

Habsah, M., Amran, M., Mackeen, M.M., Lajis, N.H., Kikuzaki, H., Nakatani, N., Rahman, A.A., Ghafar, Ali, A.M., 2000. Screening of zingiberaceae extracts for antimicrobial and antioxidant activities. *Journal of Ethnopharmacology*, 72, 403-410.

Hamed, M.A., Ali, S.A., El-Rigal, N.S., 2012. Therapeutic potential of ginger against renal injury induced by carbon tetrachloride in rats. *The Scientific World Journal*, 2012, 840421.

Hanahan, D. y Weinberg, R. A., 2011. Hallmarks of cancer: the next generation. *Cell*, 144, 646–674.

Hassimotto, N., Genovese, M., Lajolo, F., 2005. Antioxidant activity of dietary fruits, vegetables, and commercial frozen fruit pulps. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2928-2935.

Herrstedt, J. y Dombernowsky, P., 2007. Anti-emetic therapy in cancer chemotherapy: current status. *Basic & Clinical Pharmacology & Toxicology*, 101, 143–150.

Hirao, N., Kawachi, J., Yasui, B., 1973. Synthesis of natural gingerol. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 21, 2569–2571.

- Hori, Y., Miura, T., Hirai, Y., Fukumura, M., Nemoto, Y., Toriizuka, K., Ida, Y., 2003. Pharmacognostic studies on ginger and related drugs--part 1: five sulfonated compounds from *Zingiberis rhizome* (Shokyo). *Phytochemistry*, 62, 613-617.
- Hsu, Y. L., Chen, C. Y., Lin, I. P., Tsai, E. M., Kuo, P. L., Hou, M. F., 2012. 4-Shogaol, an active constituent of dietary ginger, inhibits metastasis of MDA-MB-231 human breast adenocarcinoma cells by decreasing the repression of NF- κ B/Snail on RKIP. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60, 852–861.
- Hsu, Y. L., Hung, J. Y., Tsai, Y. M., Tsai, E. M., Huang, M. S., Hou, M. F., Kuo, P. L., 2015. 6-shogaol, an active constituent of dietary ginger, impairs cancer development and lung metastasis by inhibiting the secretion of CC-chemokine ligand 2 (CCL2) in tumor-associated dendritic cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 1730–1738.
- Huang, B., Wang, G., Chu, Z., Qin, L., 2012. Effect of oven drying, microwave drying, and silica gel drying methods on the volatile components of ginger (*Zingiber Officinale Roscoe*) by HS-SPME-GC-MS. *Drying Tecnology*, 30, 248-255.
- Huang, Q. R., Iwamoto, M., Aoki, S., Tanaka, N., Tajima, K., Yamahara, J., Takaishi, Y., Yoshida, M., Tomimatsu, T., Tamai, Y., 1991. Anti-5-hydroxytryptamine³ effect of galanolactone, diterpenoid isolated from ginger. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, 39, 397–399.
- Huh, E., Lim, S., Kim, H.G., Ha, S., Park, H., Huh, Y., Oh, M., 2018. Ginger fermented with *Schizosaccharomyces pombe* alleviates memory impairment via protecting hippocampal neuronal cells in amyloid beta (1-42) plaque injected mice. *Food & Function*, 9, 171–178.
- Hung, J. Y., Hsu, Y. L., Li, C. T., Ko, Y. C., Ni, W. C., Huang, M. S., Kuo, P. L., 2009. 6-Shogaol, an active constituent of dietary ginger, induces autophagy by inhibiting the AKT/mTOR pathway in human non-small cell lung cancer A549 cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57, 9809–9816.
- Ibañez, E., Kubátová, A., Señorans, F.J., Cavero, S., Reglero, G., Hawthorne, S.B., 2003. Subcritical water extraction of antioxidant compounds from rosemary plants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 375–382.

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Dirección de Nutrición. 2015. *Tablas de composición de alimentos y productos alimenticios*. [En línea] (Actualizado en abril del 2016). Disponible en: https://www.incmnsz.mx/2019/TABLAS_ALIMENTOS.pdf [Último acceso el 16 de noviembre de 2021].

Jirovetz, L., Buchbauer, G., Denkova, Z., Stoyanova, A., Murgov, I., Ho, L., 2005. Antimicrobial testings and gas chromatographic analysis of black pepper (*Piper nigrum* L.) and ginger (*Zingiber Officinale* (L.) Rosc) oleoresins from Vietnam. *Euro Cosmetics*, 13, 22–28.

Jolad, S.D., Lantz, R.C., Chen, G.J., Bates, R.B., Timmermann, B.N., 2005. Commercially processed dry ginger (*Zingiber officinale*): composition and effects on LPS-stimulated PGE₂ production. *Phytochemistry*, 66, 1614–1635.

Jolad, S.D., Lantz, R.C., Solyom, A.M., Chen, G.J., Bates, R.B., Timmermann, B.N., 2004. Fresh organically grown ginger (*Zingiber officinale*): composition and effects on LPS-induced PGE₂ production. *Phytochemistry*, 65, 1937–1954.

Karna, P., Chagani, S., Gundala, S. R., Rida, P. C., Asif, G., Sharma, V., Gupta, M. V., Aneja, R., 2012. Benefits of whole ginger extract in prostate cancer. *The British Journal of Nutrition*, 107, 473–484.

Kaskatepe, B., Kiymaci, M. E., Suzuk, S., Erdem, S. A., Cesur, S., Yildiz, S., 2016. Antibacterial effects of cinnamon oil against carbapenem resistant nosocomial *Acinetobacter baumannii* and *Pseudomonas aeruginosa* isolates. *Industrial Crops and Products*, 81, 191–194.

Katiyar, S. K., Agarwal, R., Mukhtar, H., 1996. Inhibition of tumor promotion in SENCAR mouse skin by ethanol extract of *Zingiber officinale* rhizome. *Cancer Research*, 56, 1023–1030.

Kim, J. S., Lee, S. I., Park, H. W., Yang, J. H., Shin, T. Y., Kim, Y. C., Baek, N. I., Kim, S. H., Choi, S. U., Kwon, B. M., Leem, K. H., Jung, M. Y., Kim, D. K., 2008. Cytotoxic components from the dried rhizomes of *Zingiber officinale* Roscoe. *Archives of Pharmacal Research*, 31, 415–418.

- Kim, M., Miyamoto, S., Yasui, Y., Oyama, T., Murakami, A., Tanaka, T., 2009. Zerumbone, a tropical ginger sesquiterpene, inhibits colon and lung carcinogenesis in mice. *International Journal of Cancer*, 124, 264–271.
- Kiyama, R., 2020. Nutritional implications of ginger: Chemistry, biological activities and signaling pathways. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 86, 108486.
- Klein C., Sato T., Meguid M.M., Miyata G., 2000. From food to nutritional support to specific nutraceuticals: a journey across time in the treatment of disease. *Journal of Gastroenterology*, 35, 1-6.
- Kma L., 2013. Roles of plant extracts and constituents in cervical cancer therapy. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP*, 14, 3429–3436.
- Kou, X., Wang, X., Ji, R., Liu, L., Qiao, Y., Lou, Z., Ma, C., Li, S., Wang, H., Ho, C.T., 2018. Occurrence, biological activity and metabolism of 6-shogaol. *Food & Function*, 9, 1310–1327.
- Kubra, I. y Mohan, L. 2012. An impression on current developments in the technology, chemistry, and biological activities of ginger (*Zingiber officinale Roscoe*). *Food Technology*, 52, 651–688.
- Kumar, N.V., Srinivas, P., Bettadaiah, B.K., 2012. New scalable and eco-friendly synthesis of gingerols. *Tetrahedron Letters*, 53, 2993–2995.
- Lantz, R.C., Chen, G.J., Sarihan, M., Sólyom, A.M., Jolad, S.D., Timmermann, B.N.. 2007. The effect of extracts from ginger rhizome on inflammatory mediator production. *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 14, 123–128.
- Lanzotti, V., Bonanomi, G., Scala, F., 2013. What makes *Allium* species effective against pathogenic microbes? *Phytochemistry Reviews*, 12, 751–772.
- Le Gall, T., Lellouche, J.P., Beaucourt, J.P., 1989. An organo-iron mediated chiral synthesis of (+) -(S)- [6]-gingerol. *Tetrahedron Letters*, 30, 6521–6524.

Lima Silva, W. C., Conti, R., de Almeida, L. C., Morais, P. A. B., Borges, K. B., Júnior, V. L., Costa-Lotufo, L. V., de Souza Borges, W., 2020. Novel [6]-gingerol triazole derivatives and their antiproliferative potential against tumor cells. *Current Topics in Medicinal Chemistry*, 20, 161–169.

Longvah, T., Ananthan, R., Bhaskarachary, K., Venkaiah., 2017. *Indian Food Composition Tables*. Telangana State: National Institute of Nutrition.

Lu, H., Ouyang, W., Huang, C., 2006. Inflammation, a key event in cancer development. *Molecular Cancer Research: MCR*, 4, 221–233.

Macleod, I. y Whiting, D.A., 1979. Stages in the biosynthesis of [6]-gingerol in *Zingiber officinale*. *Journal of the Chemical Society, Chemical Communications*, 24, 1152–1153.

Mahmoud, R. y Elnour, W., 2013. Comparative evaluation of the efficacy of ginger and orlistat on obesity management, pancreatic lipase and liver peroxisomal catalase enzyme in male albino rats. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 17, 75–83.

Mangprayool, T., Kupittayanant, S., Chudapongse, N., 2013. Participation of citral in the bronchodilatory effect of ginger oil and possible mechanism of action. *Fitoterapia*, 89, 68–73.

Mansour, M.S., Ni, Y.M., Roberts, A.L., Kelleman, M., Roychoudhury, A., St-Onge, M.P., 2012. Ginger consumption enhances the thermic effect of food and promotes feelings of satiety without affecting metabolic and hormonal parameters in overweight men: a pilot study. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 61, 1347–1352.

Mao, Q. Q., Xu, X. Y., Cao, S. Y., Gan, R. Y., Corke, H., Beta, T., Li, H. B., 2019. Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods (Basel, Switzerland)*, 8, 185.

Martin G.S., 2003. Cell signaling and cancer. *Cancer Cell*, 4, 167–174.

Martin, M. y Guibet, P., 1991. Synthesis of the [8] gingerol enantiomers. *Chirality* 3, 151–155.

Martins, A.P., Salgueiro, L., Goncalves, M.J., Proenca da Cunha, A., Vila, R., Cafigueral, S., Mazzoni, V., Tomi, F., Casanova, J., 2001. Essential oil composition and antimicrobial activity of three Zingiberaceae from S. Tome e Principe. *Planta Medica*, 67, 580-584.

Marx, W., McCarthy, A., Ried, K., McKavanagh, D., Vitetta, L., Sali, A., Lohning, A., Isenring, E., 2017a. The effect of a standardized ginger extract on chemotherapy-induced nausea-related quality of life in patients undergoing moderately or highly emetogenic chemotherapy: A double blind, randomized, placebo controlled trial. *Nutrients*, 9, 867.

Marx, W., Ried, K., McCarthy, A. L., Vitetta, L., Sali, A., McKavanagh, D., Isenring, L., 2017b. Ginger-Mechanism of action in chemotherapy-induced nausea and vomiting: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 141–146.

Lee, S. H., Cekanova, M., Baek, S. J., 2008. Multiple mechanisms are involved in 6-gingerol-induced cell growth arrest and apoptosis in human colorectal cancer cells. *Molecular Carcinogenesis*, 47, 197–208.

Mascol, N., Jainb, R., Jaw, S.C, Capasso, F., 1989. Ethnopharmacologic investigation of ginger (*Zingiber Officinale*). *Journal of Ethnopharmacology*, 27, 129-140.

Matthews, A., Haas, D. M., O'Mathúna, D. P., & Dowswell, T., 2015. Interventions for nausea and vomiting in early pregnancy. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2015, CD007575.

Mazidi, M., Gao, H.K., Rezaie, P., Ferns, G.A., 2016. The effect of ginger supplementation on serum C-reactive protein, lipid profile and glycaemia: a systematic review and meta-analysis. *Food & Nutrition Research*, 60, 32613.

Medoua, G.N., Egal, A.A., Oldewage-Theron, W.H., 2009. Nutritional value and antioxidant capacity of lunch meals consumed by elderly people of Sharpeville, South Africa. *Food Chemistry*, 115, 260-264.

Menon, B. y Kinnera N., 2013. Prevalence and characteristics of migraine in medical students and its impact on their daily activities. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 16, 221-225.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego, 2020. *El jengibre o kion peruano, una estrella que vuelve* (*Zingiber officinale*). [En línea]. Disponible en:

<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1476844/El%20jenjibre%20o%20ki%C3%B3n%20peruano%20una%20estrella%20que%20vuelve.pdf> [Último acceso el 03 de marzo de 2021].

MODIFICACIÓN a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria, publicada el 5 de abril de 2010.

Moditsi, M., Lazaridou, A., Moschakis, T., Biliaderis, C. G., 2014. Modifying the physical properties of dairy protein films for controlled release of antifungal agents. *Food Hydrocolloids*, 39, 195-203.

Mohd-Yusof Y.A., 2016. Gingerol and Its Role in Chronic Diseases. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 929, 177–207.

Moon, Y., Lee, H., Lee, S., 2018. Inhibitory effects of three monoterpenes from ginger essential oil on growth and aflatoxin production of *Aspergillus flavus* and their gene regulation in aflatoxin biosynthesis. *Applied Biological Chemistry*, 61, 243–250.

Morera, E., De Petrocellis, L., Morera, L., Moriello, A.S., Nalli, M., Di Marzo, V., Ortar, G., 2012. Synthesis and biological evaluation of [6]-gingerol analogues as transient receptor potential channel TRPV1 and TRPA1 modulators. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 22, 1674–1677.

Mustafa, T. y Srivastava, K.C., 1990. Ginger (*Zingiber officinale*) in migraine headache. *Journal of Ethnopharmacology*, 29, 267–273.

Nassan, M. y Mohamed, E., 2014. Immunopathological and antimicrobial effect of black pepper, ginger and thyme extracts on experimental model of acute hematogenous pyelonephritis in albino rats. *International Journal of Immunopathology and Pharmacology*, 27, 531–541.

Nguta, J.M., Appiah-Opong, R., Nyarko, A.K., Yeboah-Manu, D., Addo, P.G.A., Otchere, I., Kissi-Twum, A., 2016. Antimycobacterial and cytotoxic activity of selected medicinal plant extracts. *Journal of Ethnopharmacology*, 182, 10–15.

- Nichenametla, S. N., Taruscio, T. G., Barney, D. L., Exon, J. H., 2006. A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46, 161–183.
- Ok, S., y Jeong, W. S., 2012. Optimization of extraction conditions for the 6-Shogaol-rich extract from ginger (*Zingiber Officinale Roscoe*). *Preventive Nutrition and Food Science*, 17, 166–171.
- Olusoga, S., Olakunle, P. O. J., Batola, L. A., 2016. Effects of storage methods on sprouting and nutritional quality of ginger (*Zingiber Officinale Rosc*) rhizomes in different storage periods. *International Journal of Agriculture*, 1, 51–60.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), 2020. *Datos de cultivos, jengibre*. [En línea] (Actualizado al 22 de diciembre de 2020). Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize> [Último acceso el 03 de marzo de 2021].
- Pan, M. H., Hsieh, M. C., Kuo, J. M., Lai, C. S., Wu, H., Sang, S., Ho, C. T., 2008. 6-Shogaol induces apoptosis in human colorectal carcinoma cells via ROS production, caspase activation, and GADD 153 expression. *Molecular Nutrition & Food Research*, 52, 527–537.
- Pang, Y., Zheng, H., Tan, Y., Song, Y., Zhao, Y., 2017. In vitro activity of bedaquiline against nontuberculous mycobacteria in China. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 61, 1–10.
- Park, G., Kim, H., Ju, M., Ha, S., Park, Y., Kim, S., Oh, M., 2013. 6-Shogaol, an active compound of ginger, protects dopaminergic neurons in Parkinson's disease models via anti neuroinflammation. *Acta Pharmacologica Sinica*, 34, 1131–1139.
- Pasceri, V., Cheng, J.S., Willerson, J.T., Yeh, E.T., 2001. Modulation of C-reactive protein-mediated monocyte chemoattractant protein-1 induction in human endothelial cells by anti-atherosclerosis drugs. *Circulation*, 103, 2531–2534.
- Pathania, S. y Tiwari, B.K., 2021. Food formulation: novel ingredients and processing techniques. John Wiley & Sons (IFST advances in food science book series).
- Phillipson, J.D., 2001. Phytochemistry and medicinal plants. *Phytochemistry*, 56, 237-243.

- Pinzón, C., Serrano, M., Sanabria., M., 2009. Role of phosphatidylinositol 3-kinase pathway (PI3K/Akt) in humans. *Revista Ciencias de la Salud*, 7, 47-66.
- Platel, K. y Srinivasan, K., 2000. Influence of dietary spices and their active principles on pancreatic digestive enzymes in albino rats. *Die Nahrung*, 44, 42–46.
- Prasad, S. y Tyagi, A.K., 2015. Ginger and its constituents: role in prevention and treatment of gastrointestinal cancer. *Gastroenterology Research and Practice*, 2015, 142979.
- PROYECTO de Modificación a la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-173-SE-2020, Jugos, agua de coco, néctares, bebidas no alcohólicas con vegetales o frutas, agua de coco o coco, verduras u hortalizas y bebidas no alcohólicas saborizadas-Denominación-Especificaciones-Información comercial y métodos de prueba (cancelará a la Norma Oficial Mexicana NOM-173-SCFI-2009, Jugos de frutas Preenvasados-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba, publicada el 28 de agosto de 2009).
- Qin, Y., Zhou, Y., Chen, S.H., Zhao, X.L., Ran, L., Zeng, X.L., Wu, Y., Chen, J.L., Kang, C., Shu, F.R., Zhang, Q.Y., Mi, M.T., 2015. Fish Oil Supplements Lower Serum Lipids and Glucose in Correlation with a Reduction in Plasma Fibroblast Growth Factor 21 and Prostaglandin E2 in Nonalcoholic Fatty Liver Disease Associated with Hyperlipidemia: A Randomized Clinical Trial. *PLoS One*, 10, e0133496.
- Quintavalla, S. y Vicini, L., 2002. Antimicrobial food packaging in meat industry. *Meat Science*, 62, 373-380.
- Radhakrishnan, E. K., Bava, S. V., Narayanan, S. S., Nath, L. R., Thulasidasan, A. K., Soniya, E. V., Anto, R. J., 2014. [6]-Gingerol induces caspase-dependent apoptosis and prevents PMA-induced proliferation in colon cancer cells by inhibiting MAPK/AP-1 signaling. *PLoS One*, 9, e104401.
- Ramirez-Ahumada, M.C., Timmermann, B.N., Gang, D.R., 2006. Biosynthesis of curcuminoids and gingerols in turmeric (*Curcuma longa*) and ginger (*Zingiber officinale*): identification of curcuminoid synthase and hydroxycinnamoyl-CoA thioesterases. *Phytochemistry*, 67, 2017–2029.

- Ramos-Ruiz, A., De la Torre, R.A., Alonso, N., Villaescusa, A., Betancourt, J., Vizoso, A.J., 1996. Screening of medicinal plants for induction of somatic segregation activity in *Aspergillus nidulans*. *Journal of Ethnopharmacology*, 52, 123-127.
- Rao, K. V. y Faso, A., 2012. Chemotherapy-induced nausea and vomiting: optimizing prevention and management. *American Health & Drug Benefits*, 5, 232–240.
- Rasmussen, B.K., Jensen, R., Schroll, M., Olesen, J., 1991. Epidemiology of headache in a general population-A prevalence study. *Journal of Clinical Epidemiology*, 44, 1147–1157.
- Saha, A., Blando, J., Silver, E., Beltran, L., Sessler, J., DiGiovanni, J., 2014. 6-Shogaol from dried ginger inhibits growth of prostate cancer cells both in vitro and in vivo through inhibition of STAT3 and NF- κ B signaling. *Cancer Prevention Research (Philadelphia, Pa.)*, 7, 627–638.
- Sabitha, G., Srinivas, C., Reddy, T.R., Yadagiri, K., Yadav, J.S., 2011. Synthesis of gingerol and diarylheptanoids. *Tetrahedron: Asymmetry*, 22, 2124–2133.
- Sadikovic, B., Al-Romaih, K., Squire, J. A., Zielenska, M., 2008. Cause and consequences of genetic and epigenetic alterations in human cancer. *Current Genomics*, 9, 394–408.
- Sang, S., Snook, H. D., Tareq, F. S., Fasina, Y., 2020. Precision research on ginger: The type of ginger matters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68, 8517–8523.
- Sapkota, A., Park, S. J., Choi, J. W., 2019. Neuroprotective effects of 6-shogaol and its metabolite, 6-paradol, in a mouse model of multiple sclerosis. *Biomolecules and Therapeutics*, 27, 152–159.
- Saxena, R., Rida, P. C., Kucuk, O., Aneja, R., 2016. Ginger augmented chemotherapy: A novel multitarget nontoxic approach for cancer management. *Molecular Nutrition & Food Research*, 60, 1364–1373.
- Semwal, R. B., Semwal, D. K., Combrinck, S., Viljoen, A. M., 2015. Gingerols and shogaols: Important nutraceutical principles from ginger. *Phytochemistry*, 117, 554–568.

- Sesti, F., Tsitsilonis, O. E., Kotsinas, A., Trougakos, I. P., 2012. Oxidative stress-mediated biomolecular damage and inflammation in tumorigenesis. *In vivo (Athens, Greece)*, 26, 395–402.
- Setoguchi, S., Daisuke Watase, D., Nagata-Akaho, N., Haratake, A., Matsunaga, K., Takata, J., 2016. Pharmacokinetics of paradol analogues orally administered to rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 1932–1937.
- Shalansky, S., Lynd, L., Richardson, K., Ingaszewski, A., Kerr, C., 2007. Risk of warfarin-related bleeding events and supratherapeutic international normalized ratios associated with complementary and alternative medicine: a longitudinal analysis. *Pharmacotherapy*, 27, 1237–1247.
- Shanmugam, S., Karunaikadal, K., Varadarajan, S., Krishnan, M., 2019. Memantine ameliorates migraine headache. *Annals of Indian Academy of Neurology*, 22, 286-290.
- Sharma, A., Sankaranarayanan, S., Chattopadhyay, S., 1998. A chemoenzymatic synthesis of (R)- [8]-gingerol. *Enantiomer* 3, 45–50.
- Shirin, A.P.R. y Prakash, J., 2010. Chemical composition and antioxidant properties of ginger root (*Zingiber officinale*). *Journal of Medicinal Plant Research*, 4, 2674-2679.
- Shukla, Y. y Singh, M., 2007. Cancer preventive properties of ginger: a brief review. *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 45, 683–690.
- Siddhuraju, P., Mohan, P., Becker, K., 2002. Studies on the antioxidant activity of Indian Laburnum (*Cassia fistula L.*): A preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. *Food Chemistry*, 79, 61-67.
- Silberstein, S.D., Loder, E., Forde, G., Papadopoulos, G., Fairclough, D., Greenberg, S., 2006. The impact of migraine on daily activities: effect of topiramate compared with placebo. *Current Medical Research and Opinion*, 22, 1021–1029.
- Singh, G., Kapoor, I., Singh, P., Heluani, C.S. de, Lampasona, M. P. de, Catalan, C.A.N., 2008. Chemistry, antioxidant and antimicrobial investigations on essential oil and oleoresins of *Zingiber officinale*. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 3295-3302.

Sistema Nacional de Información e Integración de Mercados (SNIM), 2021. *Resumen semanal de precios al mayoreo de Frutas y Hortalizas*. [En línea] (Actualizado el 4 de diciembre de 2021). Disponible en: <http://www.economia-sniim.gob.mx/Nuevo/Home.aspx?opcion=Consultas/MercadosNacionales/PreciosDeMercado/Agricolas/ConsultaFrutasYHortalizas.aspx?SubOpcion=4|0&prod=152>

[Último acceso el 04 de diciembre de 2021].

Sivasothy, Y., Chong, W. K., Hamid, A., Eldeen, I. M., Sulaiman, S. F., Awang, K., 2011. Essential oils of *Zingiber officinale* var. rubrum Theilade and their antibacterial activities. *Food Chemistry*, 124, 514-517.

Skidmore-Roth, L., 2009. *Mosby's Handbook of Herbs & Natural Supplements*. 4th Edition. St. Louis: Mosby.

Solladie, G., Ziani-Cherif, C., 1993. Total synthesis of natural gingerols, the three active principles of ginger. *The Journal of Organic Chemistry*, 58, 2181–2185.

Srinivasan K., 2017. Ginger rhizomes (*Zingiber officinale*): A spice with multiple health beneficial potentials. *Pharma Nutrition*, 5, 18–28.

Stoilova, I., Krastanov, A., Stoyanova, A., Denev, P., Gargova, S., 2007. Antioxidant activity of a ginger extract (*Zingiber officinale*). *Food Chemistry*, 102, 764–770.

Suk, S., Kwon, G., Lee, E., Jang, W., Yang, H., Kim, J., Thimmegowda, N., Chung, M., Kwon, J., Yang, S., Kim, J., Park, J., Lee, K., 2017. Gingerenone A, a polyphenol present in ginger, suppresses obesity and adipose tissue inflammation in high-fat diet-fed mice. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61, 1700139.

Si W, Chen Y.P, Zhang J, Chen, Z.Y., Chung, H.Y., 2018. Antioxidant activities of ginger extract and its constituents toward lipids. *Food Chemistry*, 239, 1117–1125.

Tan, B.K.H. y Vanitha, J., 2004. Immunomodulatory and Antibacterial Effects of Some Traditional Chinese Medicinal Herbs: A Review. *Current Medicinal Chemistry*, 11, 1423-1430.

- Tiran, D., 2012. Ginger to reduce nausea and vomiting during pregnancy: Evidence of effectiveness is not the same as proof of safety. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 18, 22-25.
- Turkmen, N., Sari, F., Velioglu, Y., 2006. Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin-Ciocalteu methods. *Food Chemistry*, 99, 835-841.
- Townsend, E., Zhang, Y., Xu, C., Wakita, R., Emala, C., 2014. Active components of ginger potentiate beta-agonist-induced relaxation of airway smooth muscle by modulating cytoskeletal regulatory proteins. *American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology*, 50, 115–124.
- Tsuge, O., Kanemasa, S., Nakagawa, N., Suga, H., 1987. Horner–Emmons olefination of 4-hydroxy-2-oxoalkylphosphonates and related compounds: applications to the syntheses of (±)-gingerol, (±)-yashabushiketol, and (±)-dihydroyashabushiketol. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 60, 4091–4098.
- Uz, M. y Altinkaya, S. A., 2011. Development of mono and multilayer antimicrobial food packaging materials for controlled release of potassium sorbate. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 2302-2309.
- Vahid, F., Zand, H., Nosrat-Mirshekarlou, E., Najafi, R., Hekmatdoost, A., 2015. The role dietary of bioactive compounds on the regulation of histone acetylases and deacetylases: a review. *Gene*, 562, 8–15.
- Valko, M., Izakovic, M., Mazur, M., Rhodes, C. J., Telser, J., 2004. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. *Molecular and Cellular Biochemistry*, 266, 37–56.
- Vedashree, M., Asha, M.R., Roopavati, C., Naidu, M.M., 2020. Characterization of volatile components from ginger plant at maturity and its value addition to ice cream. *Journal of Food Science & Technology*, 57, 3371–3380.
- Walstab, J., Krueger, D., Stark, T., Hofmann, T., Demir, I., Ceyhan, G., Feistel, B., Schemann, M., Niesler, B., 2013. Ginger and its pungent constituents non-competitively inhibit activation of human recombinant and native 5-HT₃ receptors of enteric neurons.

Neurogastroenterology motility: the official journal of the European Gastrointestinal Motility Society, 25, 439–447.

Wang, H., Khor, T. O., Shu, L., Su, Z. Y., Fuentes, F., Lee, J. H., Kong, A. N., 2012. Plants vs. cancer: a review on natural phytochemicals in preventing and treating cancers and their druggability. *Anti-Cancer Agents in Medicinal Chemistry*, 12, 1281–1305.

Warin, R. F., Chen, H., Soroka, D. N., Zhu, Y., Sang, S., 2014. Induction of lung cancer cell apoptosis through a p53 pathway by [6]-shogaol and its cysteine-conjugated metabolite M2. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62, 1352–1362.

Wee, L. H., Morad, N. A., Aan, G. J., Makpol, S., Wan Ngah, W. Z., Mohd Yusof, Y. A., 2015. Mechanism of Chemoprevention against Colon Cancer Cells Using Combined Gelam Honey and Ginger Extract via mTOR and Wnt/ β -catenin Pathways. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention: APJCP*, 16, 6549–6556.

Weng, C.J., Wu, C.F., Huang, H.W., Ho, C.T., Yen, G.C., 2010. Anti-invasion effects of 6-shogaol and 6-gingerol, two active components in ginger, on human hepatocarcinoma cells. *Molecular Nutrition & Food Research*, 54, 1618–1627.

Wigler, I., Grotto, I., Caspi, D., Yaron, M., 2003. The effects of Zintona EC (a ginger extract) on symptomatic gonarthrosis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 11, 783–789.

Woźniak, M., Makuch, S., Winograd, K., Wisniewski, J., Ziołkowski, P., Agrawal, S., 2020. 6-Shogaol enhances the anticancer effect of 5-fluorouracil, oxaliplatin, and irinotecan via increase of apoptosis and autophagy in colon cancer cells in hypoxic/ aglycemic conditions. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20, 141.

Wu, H., Ye, D., Bai, Y., Zhao, Y., 1990. Effect of dry ginger and roasted ginger on experimental gastric ulcers in rats. *Zhongguo Zhong Yao ZaZhi - China Journal of Chinese Materia Medica*, 15, 278–318.

Wu, K.L., Rayner, C.K., Chuah, S.K., Changchien, C.S., Lu, S.N., Chiu, Y.C., Chiu, K.W., Lee, C.M., 2008. Effects of ginger on gastric emptying and motility in healthy humans. *European Journal of Gastroenterology & Hepatology*, 20, 436–440.

- Xu, S., Zhang, H., Liu, T., Yang, W., Lv, W., He, D., Guo, P., Li, L., 2020. 6-Gingerol induces cell-cycle G1-phase arrest through AKT-GSK 3 β -cyclin D1 pathway in renal-cell carcinoma. *Cancer Chemotherapy and Pharmacology*, 85, 379–390.
- Yeh, H.Y., Chuang, C.H., Chen, H.C., Wan, C.J., Chen, T.L., Lin, L.Y., 2014. Bioactive components analysis of two various gingers (*Zingiber Officinale Roscoe*) and antioxidant effect of ginger extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 55, 329–334.
- Yi, J. K., Ryoo, Z. Y., Ha, J. J., Oh, D. Y., Kim, M. O., Kim, S. H., 2019. Beneficial effects of 6-shogaol on hyperglycemia, islet morphology and apoptosis in some tissues of streptozotocin-induced diabetic mice. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, 11, 15.
- Zhang, G., Nitteranon, V., Chan, L.Y., Parkin, K.L., 2013. Glutathione conjugation attenuates biological activities of 6-dehydroshogaol from ginger. *Food Chemistry*, 140, 1–8.
- Zhang, M., Viennois, E., Prasad, M., Zhang, Y., Wang, L., Zhang, Z., Han, M.K., Xiao, B., Xu, C., Srinivasan, S., Merlin, D., 2016. Edible ginger-derived nanoparticles: A novel therapeutic approach for the prevention and treatment of inflammatory bowel disease and colitis-associated cancer. *Biomaterials*, 101, 321–340.
- Zhang, M., Zhao, R., Wang, D., Wang, L., Zhang, Q., Wei, S., Lu, F., Peng, W., Wu, C., 2021. Ginger (*Zingiber officinale Rosc.*) and its bioactive components are potential resources for health beneficial agents. *Phytotherapy Research: PTR*, 35, 711-742.