

Beneficios de las verduras crucíferas para la salud humana.

Nicolás Pedreros Hernández¹

Resumen

Definición: Las verduras crucíferas son plantas originarias de Asia Occidental y Europa, pertenecientes a la familia de las *Brassicaceae* o *Cruciferae*, donde proviene su nombre, que se caracterizan por tener cuatro pétalos opuestos entre sí en forma de cruz. Compuesta por hierbas y arbustos, flores agrupadas en racimos y frutos en cápsula. p. e. brócoli, coliflor, repollo, coles de Bruselas, coles rizadas, etc.

Objetivo: Describir detalladamente la composición nutricional y las propiedades de los compuestos bioactivos de las verduras crucíferas sobre la salud humana a través de una revisión de la literatura.

Palabras clave: Crucíferas, Nutrición, Sulfurafanos, Isotiocianatos, Cáncer, Enfermedades cardiovasculares.

INTRODUCCIÓN

Las verduras crucíferas han sido ampliamente estudiadas por sus propiedades nutricionales y antioxidantes debido a los múltiples componentes bioactivos y sus efectos beneficiosos para la salud humana. Particularmente, el interés de la comunidad médica y científica se centra en el rol de los sulfurafanos, los isotiocianatos y otros compuestos, en la prevención de diferentes tipos de cáncer, por su alta efectividad y su efecto sobre el metabolismo de los xenobióticos.

METODOLOGÍA

Realizar búsqueda bibliográfica en bases de datos como ScienceDirect, Google Academics, Science, Nature, Wiley Online Library y en revistas indexadas en PubMed como la American Journal of Clinical Nutrition y Journal of Nutrition. Durante la búsqueda se emplearon palabras claves como “cruciferous vegetables”, “broccoli”, “cauliflower”, “cáncer”, “cardiovascular diseases”, “antioxidant properties” y conectores como AND para encontrar artículos relacionados al tema en cuestión. No hubo filtros para la fecha de

¹ Estudiante de Nutrición y Dietética. Octavo Semestre. Universidad Nacional de Colombia

publicación, el tipo de estudio, autores o revista de publicación.

RESULTADOS

De la búsqueda bibliográfica se obtuvieron 39 artículos, de los cuales 16 eran artículos de investigación, 11 de revisión, 7 meta-análisis, 2 estudios de casos y controles, 1 revisión sistemática y meta-análisis, 1 revisión sistemática, 1 artículo de perspectiva y una carta investigativa. De los cuales se escogieron 30 artículos por su pertinencia con el tema relacionado y la información detallada en cada uno de ellos.

DISCUSIÓN

Las verduras crucíferas son conocidas como las verduras de invierno ya que requieren de bajas temperaturas para su crecimiento y cosecha, y se caracterizan por su olor y sabor característico debido a la presencia de grupos azufrados en su composición química y nutricional.

Composición nutricional

Los mayores componentes nutricionales de las verduras crucíferas son los carbohidratos, proteína, vitaminas (ácido ascórbico, ácido fólico, tocoferoles y provitamina A, vitamina K en forma de ubiquinona). El hierro, calcio, selenio, cobre manganeso y zinc son los principales minerales en este tipo de verduras. El fósforo, magnesio, sodio y potasio están presentes en las crucíferas como micronutrientes.

El aporte de energía de las verduras crucíferas se debe a su aporte de carbohidratos, que varía en un rango entre

el 0.3 al 10% de su peso. El mayor contenido de fibra dietética está presente en la col gallega o berza con el 4,6% del peso fresco, seguido por el brócoli (30.4% de peso seco) y coliflor (26.7% de peso).

El contenido de proteína de las crucíferas varía del 1 al 3,3%. La crucífera reportada con mayor aporte de proteína es la col rizada (3,3%) mientras que el rábano contiene menos del 1%. La cantidad de grasa es insignificante (menos del 1%), lo cual los hace alimentos ideales para incluir en una dieta baja en grasa y cardioprotectora.

Las crucíferas o brasicáceas se caracterizan por ser una buena fuente de vitamina C. El contenido en el brócoli es de más de 50 mg/100 g de peso fresco. El contenido medio de β -carotenos en las crucíferas es de 0.5 – 1.0 mg en 100 gramos de peso fresco, la coliflor aporta 0,08 mg, las coles de Bruselas 0.14 mg/100 g y el brócoli 0.81 mg/100 g. Otra característica nutricional de las verduras crucíferas es su aporte de α -tocoferol y el máximo contenido de 0.47 mg/100 g de peso fresco ha sido reportado en el brócoli.(1)

Los carotenoides y tocoferoles implicados en un riesgo reducido de ciertos tipos de cáncer y enfermedades degenerativas, disfunción inmune y degeneración macular asociada a la edad.(2)

Es importante comparar estos datos de la composición nutricional, con los reportados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, USDA, para sus siglas en inglés. (Tabla N°1). Ya que estos indican mayores aportes nutricionales de la col rizada en

comparación con el brócoli, además de ser más precisos en cuanto a la cantidad de cada nutriente en 100 gramos de parte comestible.

Compuestos fenólicos

Dentro de esta clasificación están los taninos, ácidos fenólicos, antocianidinas,

flavonoles, cumarinas y flavonas y son comúnmente encontradas en las verduras crucíferas. Su contenido varía de 9.92 a 82.9 mg/100 g de peso fresco y el mayor aporte de fenoles fue encontrado en el brócoli.

Tabla N° 1: Composición Nutricional de diferentes crucíferas en 100 gramos de parte comestible.

Alimento Nutriente	Brócoli	Coliflor	Col Rizada	Col de Bruselas	Repollo
Calorías (kcal)	34	25	49	43	25
Proteínas (g)	2.82	1.92	4.28	3.38	1.28
Lípidos (g)	0.37	0.28	0.93	0.30	0.10
Carbohidratos (g)	6.64	4.97	8.75	8.95	5.80
Azúcares (g)	1.70	1.91	2.26	2.20	3.2
Fibra (g)	2.6	2.0	3.6	3.8	2.5
Calcio (mg)	47	22	150	42	40
Hierro (mg)	0.73	0.42	1.47	1.40	0.47
Potasio (mg)	316	299	491	389	170
Sodio (mg)	33	30	38	25	18
Zinc (mg)	0.41	0.27	0.56	0.42	0.18
Vitamina C (mg)	89.2	48.2	120	85	36.6
Vitamina A (ER)	31	0	500	38	5
Vitamina E (mg)	0.78	0.08	1.54	0.88	18
Vitamina K (µg)	101.6	0.27	704.8	0.42	76
Folato (µg)	63	57	141	177	43

Tomado de: USDA National Nutrient Database for Standard Reference. Release 28 slightly revised May, 2016

El contenido de taninos del brócoli, coliflor y del repollo blanco son 0.41, 0.56 y 0.50 mg/g de peso seco respectivamente. El contenido de ácidos fenólicos (cafeico y gálico) del brócoli es mayor en comparación con las demás verduras crucíferas con una cantidad de 8.69 mg/g de peso seco. Los flavonoides dietéticos están representados principalmente en el contenido de tres flavonoles (quercetina, miricetina y kaempferol) y dos flavonas (apigenina y luteolina). El contenido promedio de quercetina en el brócoli es de 1 – 5 mg/100 g de parte comestible y de kaempferol es de 1 – 2,5 mg/100 g de parte comestible. Las coles de Bruselas contienen 0.95 y 0.30 mg/100 g de kaempferol y quercetina, respectivamente. El repollo morado contiene sólo quercetina mientras que el repollo verde contiene ambos (kaempferol y quercetina). La col rizada contiene hasta 26,74 mg/100 g de kaempferol y 7.71 mg/100g de quercetina.

Una de las mayores características del repollo morado es su color característico debido al pigmento llamado antocianina, contiene hasta 322 mg/100 g y el rábano contiene hasta 116 mg/100 g. (1)

Ciertos metabolitos secundarios polifenólicos, como los lignanos, tienen una influencia potencialmente positiva sobre la salud humana. Poseen diversas actividades biológicas como antioxidantes y propiedades antiestrogénicas, y también pueden reducir el riesgo para ciertos tipos de cáncer, así como enfermedades cardiovasculares. Los lignanos, lariciresinol y pinosinol, están presentes particularmente en las verduras crucíferas. La importancia radica en que estos componentes pueden ser eficientemente metabolizados en enterolignanos como el

enterodiol y enterolactona por la microflora intestinal. Este proceso permite su fácil absorción y le brindan la capacidad de ejercer actividades similares a muchos estrógenos. En esencia, los lignanos de las Brassicáceas son fitoestrógenos. Los estudios han mostrado que crucíferas como las coles rizadas, el brócoli y las Coles de Bruselas son buenas fuentes de lignanos.

Los flavonoides glicosilados y fenoles simples como el 3-soforosido-7-glucosido del kaempferol, quercetina, la isorhamnetina y los hidroxil-cinamatos presentes en las crucíferas, han tenido un creciente interés debido a los efectos benéficos sobre la salud, entre ellos, reducir el riesgo de enfermedades crónicas asociadas a la edad, como cáncer y enfermedades cardiovasculares, y la modificación avanzada de la microbiota intestinal. (2)

Los fitoesteroles y otros terpenoides constituyen otros componentes bioactivos, los fitoesteroles son conocidos por su actividad preventiva de algunos tipos de cáncer y su acción cardioprotectora. El brassicasterol es uno de los esteroides encontrados en el brócoli y otras crucíferas. (1)

Efectos negativos de los componentes bioactivos.

Los taninos son polifenoles complejos y tienen la capacidad de inhibir enzimas digestivas en mamíferos. El S-methylcisteina sulfóxido, ha sido reportado por causar anemia hemolítica severa. El ácido erúxico en animales sugieren efectos deletorios como potenciales lesiones miocárdicas, así como favorecer la

acumulación de grasa corporal de manera anormal.

Los metabolitos de los glucosinolatos como la goitrógenos son conocidos por sus efectos adversos en el metabolismo de la tiroides. Sólo en grandes cantidades, incluso en Korea donde el consumo de isotiocianatos es tan alto que alcanza los 16.3 $\mu\text{mol/día/persona}$, es todavía más baja que la dosis requerida para producir efectos adversos como los observados en estudios animales. (2)

Absorción del calcio proveniente de las verduras crucíferas

Se ha descrito que las verduras de hoja verde intenso aportan una gran cantidad de calcio en la dieta, sin embargo, se considera que su nivel de absorción es bajo en comparación con el calcio proveniente de la leche, debido a la presencia de oxalatos y taninos que ligan el calcio de origen vegetal e impiden su adecuada absorción. Por ello, para el año de 1990, la revista *American Journal of Clinical Nutrition*, publicó un artículo sobre la absorción de calcio proveniente de la col rizada. Este estudio comparó en 11 mujeres, el nivel de absorción del calcio de origen lácteo versus el calcio proveniente de la col rizada, donde ambos alimentos estaban adicionados con calcio de alta actividad en forma de cloruro de calcio (CaCl_2). Luego se administraron porciones equivalentes de alimentos que brindaran el mismo aporte de calcio y se tomaron muestras de sangre 5 horas después del postconsumo para determinar la absorción fraccionada de calcio. Los resultados arrojaron que la absorción fraccionada del calcio de la leche fue de 0.321 mientras que el calcio proveniente de la col rizada

tuvo una absorción fraccionada de 0.409, rompiendo con el mito de la absorción del calcio de origen vegetal. Los investigadores concluyeron que fue ligeramente mayor la absorción en la col rizada y que se debe al bajo contenido de oxalatos. (3)

Un estudio similar se realizó en la Universidad de Purdue, con el fin de determinar el grado de absorción fraccionada del calcio proveniente de crucíferas como el brócoli, la col rizada y la col china. Se empleó una metodología similar frente a la adición de calcio y contó con 15 participantes mujeres. Los resultados fueron 0.478 para el brócoli, 0.520 para la col china o Bok choy, y 0.527 para la col rizada comparado con 0.463 para la leche; concluyendo que el calcio de las crucíferas tiene un nivel de absorción bueno, incluso ligeramente superior al calcio de origen lácteo.(4)

Principales componentes bioactivos

Las verduras crucíferas contienen un grupo de metabolitos secundarios llamados glucosinolatos y otros componentes bioactivos incluyendo flavonoides como la quercetina, minerales como el selenio, S-methylcisteina sulfoxido, y 1,2-ditioil-3-tione.

Glucosinolatos

Son β -tioglucosido N-hidroxisulfatos con cadenas laterales únicas de más de 120 aminoácidos. Son compuestos inactivos hasta que son enzimáticamente hidrolizados. La enzima endógena, mirosinasa se encarga de este proceso cuando las crucíferas son cortadas y durante la masticación. Se rompe la célula

vegetal y permita la liberación de la enzima. Como resultado del proceso enzimático resultan componentes como los isotiocianatos, nitrilos y tiocianatos como se observa en la Gráfica N° 1. Todos ellos son compuestos bioactivos con una alta actividad biológica.(5)

Gráfica N° 1: Hidrólisis de los glucosinolatos.

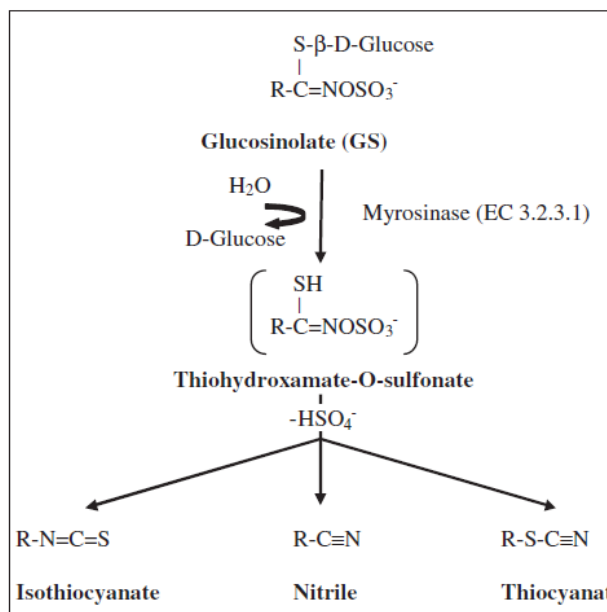


Tabla N° 2: Clasificación de glucosinolatos, isotiocianatos y nitrilos.

Table 1. Major Glucosinolates and Their Hydrolysis Products in Cruciferous Vegetables

Glucosinolate	Natural Abundance	Isothiocyanate	Nitrile
Glucoraphanin	Broccoli	Sulforaphane	Sulforaphane nitrile
Gluconasturtiin	Chinese cabbage, radishes, and watercress	Phenethyl isothiocyanate	
Sinigrin	Brussels sprouts, cabbage, and cauliflower	Allyl isothiocyanate	
Glucobrassicin	All crucifers	Indole-3-carbinol	
Progoitrin	Crambe (oil seed)	Crambene	

Tomado de: (5)

Durante los procesos de cocción agresivos se desnaturaliza el sistema de conversión de glucosinolatos a isotiocianatos (mirosinasa) aunque la hidrólisis puede ocurrir todavía por medio de la microbiota colónica con la actividad de la tioglucosidasa. (2)

Isotiocianatos

Son metabolitos, resultado de la hidrólisis de los glucosinolatos, metabolizados a través de la vía del ácido mercaptúrico (6), los cuales tienen varios mecanismos de acción tales como:

Metabolismo de los xenobióticos

Actúan en la fase 1 y 2. La fase I o de biotransformación está mediado por el complejo enzimático del citocromo P450. Cataliza múltiples reacciones y juega un rol importante en la activación de un número de medicamentos, procancerígenos y productos metabólicos como la bilirrubina (metabolito de la hemoglobina).

La mayor activación de procancerígenos por la fase I o la baja detoxificación por las enzimas de la fase II, pueden resultar en mayores niveles de metabolitos reactivos, los cuales pueden ser cancerígenos y ligarse al ADN y formar aductos con el ADN, y si no son removidos por las enzimas reparadoras del ADN, pueden causar mutaciones y/o errores en la replicación que pueden iniciar la cascada carcinogénica. Los isotiocianatos inhiben el proceso de biotransformación e inducen la fase II, donde actúa un grupo de enzimas como la superfamilia Glutathione S-transferasa (GST), sulfotransferasas, UDP-glucosiltransferasas (UGT) y catalizan la conjugación de reactivos

intermedios, la inactivación de cancerígenos que son convertidos a metabolitos neutros con el fin de facilitar su excreción. La sobreexpresión de las enzimas de fase II protegen las células del daño del DNA inducido por carcinógenos. Los isotiocianatos inducen e incrementan la actividad enzimática de la fase II.(7)(8)(9)

Los isotiocianatos (ITC) pueden inhibir la bioactivación de procancerígenos encontrados en el humo del cigarrillo como los hidrocarburos aromáticos policíclicos y el 4-(methylnitrosamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone. (8)

Protección frente al estrés oxidativo.

Los isotiocianatos incrementan los niveles de glutatión, el cual mantiene el balance de oxidación-reducción y protege las células de los radicales libres o especies reactivas de oxígeno (ERO).

Inhibición del crecimiento tumoral.

Los isotiocianatos (ITC) actúan a través de mecanismos citostáticos y citotóxicos que incluye la inducción de apoptosis, inhibición de la progresión del ciclo celular e inhibición de la angiogénesis.

- Apoptosis: activan las caspasas responsables de iniciar el proceso apoptótico.
- Ciclo celular: Actúa en las fases G2/M produciendo la activación de puntos de control y un arresto celular en caso de encontrar errores.
- Angiogénesis: Suprime la expresión y secreción del factor de crecimiento vascular endotelial 1,

VEGF-1, para sus siglas en inglés; lo cual impide la neovascularización y así previene el crecimiento y proliferación de las células del tumor. (7)

- Inhibición de actividad de deacetilasa en las histonas: Remueve el grupo acetil de las histonas, y así permite la transcripción de proteínas supresoras de tumor, promoviendo la diferenciación y apoptosis de células precancerígenas. (6)

Propiedades anti-inflamatorias.

Regulación de la expresión del factor nuclear Kappa- β (NF-K β) e inhibición del factor de crecimiento tumoral alfa (TNF- α) y lipopolisacaridasa (LPS).

Propiedades antibacteriales

Tiene un efecto negativo sobre cepas del *Helicobacter pylori*, agente causal de la gastritis, úlcera péptica y cáncer gástrico. (7)

Sulfurafanos

Es un metabolito de los glucosinolatos, presente en las verduras crucíferas como brócoli y repollo.

Como compuestos bioactivos, los sulfurafanos (SFN) tienen la capacidad de mediar la apoptosis dentro del ciclo celular de las células cancerígenas e inactivar las protein kinasas, esenciales para el crecimiento y proliferación celular.(10) Adicional, los SFN afectan la actividad de la fase II del metabolismo de los xenobióticos y son sustratos para la

superfamilia de enzimas Glutación-S-transferasas. (11)

La actividad anticancerígena del sulfurafano ha sido demostrada *in vivo*, el cual ha demostrado inhibir el crecimiento del cáncer pancreático, cáncer de próstata, osteosarcoma y prevenir poliposis intestinal en seres humanos. Previene los tumores de piel inducidos por la luz UV, tumores de piel y estómago inducidos por procancerígenos. También ha sido reportado, que incrementa la actividad de las células Natural Killer (NK) y la citotoxicidad celular dependiente de anticuerpos. (12)

Los SFN median la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO), previene el daño del ADN y produce anomalías mitóticas en varias líneas de células cancerígenas. (10)

Dentro del proceso inflamatorio, los sulfurafanos inhiben el factor nuclear Kappa- β (NF-K β) y afecta la expresión de genes mediadores de NF-K β que codifican la adhesión molecular, las citoquinas proinflamatorias, factores de crecimiento y factores antiapoptóticos. (13)

Los sulfurafanos median un amplio rango de células leucémicas a través de la activación de caspasas 3, 8 y 9. También se ha demostrado que previene el daño vascular a nivel renal asociado a la aldosterona.

Como inhibición del proceso cancerígeno, los SFN inhiben la proliferación y median el arresto celular ya que promueve la regulación de la vía de señalización del P53 y detener el ciclo celular en las fases G1/S y G2/M. (10) Los sulfurafanos

inducen apoptosis en líneas celulares cancerígenas de colon, próstata, leucemia y meduloblastoma. (7)

El sulfurafano en combinación con la curcumina, un polifenol dietético, ha sido reportado que regulan los marcadores de inflamación como el óxido nítrico, y ciertas citoquinas y prostaglandinas. (2)

Indol-3-Carbinol

El Indol-3-carbinol, I3C, puede reducir el riesgo de diferentes tipos de cáncer dependiente de hormonas por medio de la alteración del metabolismo de los estrógenos. Los fitoestrógenos disminuyen la actividad promotora de crecimiento de los estrógenos al incrementar la 2-hidroxilación de los estrógenos. La hidroxilación en la posición 2 reduce la concentración de productos de los estrógenos de la 16-hidroxilación, los cuales son fuertes agonistas del receptor de estrógenos. El I3C, *in vitro*, inhibe la proliferación de células inducidas por el estradiol en aquellas células dependientes de estrógeno. (5)

Potenciales efectos benéficos para la salud humana.

Con base en las propiedades descritas de los principales componentes bioactivos de las crucíferas, se han publicado una serie de artículos donde describen el efecto de estos sobre ciertas patologías como cáncer, enfermedades cardiovasculares, entre otras. Se hará mención en cada una de ellas.

Cáncer de Schwannoma

El schwannoma vestibular es un tumor no maligno originario de las células de Schwann del nervio vestibular que resulta con una morbilidad significativa, pérdida de la audición, tinnitus y mareo. Cuando el tumor empieza a crecer, puede producir parálisis facial y otras neuropatías craneales, hasta la muerte debido a la compresión del flujo sanguíneo hacia el cerebro.

Un estudio recientemente publicado evalúa el efecto de los sulfurafanos (SFN) presentes en el brócoli sobre este tipo de cáncer y encontró que los SFN inhiben la proliferación de las células schwannoma vestibulares primarias en humanos, adicional induce apoptosis de las células schwannoma vestibulares a través de la activación de caspasas, en especial la caspasa-3. Induce arresto del ciclo celular de las células schwannoma vestibulares en la fase G2/M, e inhibe significativamente el crecimiento de estas células tumorales *in vivo*. Como conclusión, el estudio emite una opinión favorable sobre los sulfurafanos para el tratamiento del schwannoma vestibular y motiva a realizar estudios clínicos prospectivos. (14)

Cáncer en la cavidad oral

En el estudio de casos y controles, el consumo de crucíferas por los menos una porción a la semana fue asociada con la reducción del riesgo significativamente para el cáncer de la cavidad oral en comparación con aquellos que lo consumen ocasionalmente. Este mismo efecto de la reducción en el riesgo fue asociado para cáncer de faringe, esófago, colorrectal, mama y riñón. No se apreció relación inversa entre el consumo de

crucíferas y el cáncer en la cavidad oral y faringe para las mujeres y en consumidores moderados de alcohol (6).

Cáncer de piel

El consumo regular de crucíferas, en específico, de isotiocianatos está relacionado con una incidencia reducida de cáncer de piel hasta 3 veces, en comparación con aquellos que no las consumen (9).

Cáncer de esófago

El reflujo gastroesofágico es una condición que afecta la calidad de vida de los individuos que lo padecen y representa una serie de riesgos para la salud, como el desarrollo de esofagitis y esófago de Barret, éste último se considera una condición precancerígena. El Adenocarcinoma Esofágico de Barret (BEAC, para sus siglas en inglés), es el tipo de cáncer más común a nivel esofágico. Los sulfurafanos han sido estudiado en relación a la prevención y el tratamiento de esta patología, hallando que inducen tanto el arresto del ciclo celular como la apoptosis en líneas de células del BEAC, al igual que en las células testeadas inhibe el crecimiento del tumor en un modelo subcutáneo del BEAC *in vivo*. Adicional, los sulfurafanos mejoran significativamente la actividad antiproliferativa de agentes como el paditaxel (un quimioterapéutico usado para el tratamiento del BEAC) y favorece la actividad de los inhibidores de la telomerasa.

La actividad anticancerígena se debe, al menos, en parte a la inducción de caspasas-8 y p21, siendo el primer reporte

que demuestra la habilidad del SFN de inducir muerte celular apoptótica e incrementar la quimiosensibilidad a los agentes quimioterapéuticos. La cantidad de SFN en un gramo de brócoli seco varía entre 507 a 684 µg. (12)

Cáncer de tiroides

Es una condición asociada al consumo elevado de alimentos ricos en yodo como la comida del mar y verduras que contienen goitrógenos como las crucíferas. Se ha descrito que los goitrógenos, a través de mecanismos biológicos, inhiben la absorción de yodo en la glándula tiroides, así incrementa la deficiencia de yoduro dentro de la glándula tiroidea, y favorece el crecimiento de las células tiroideas por medio de la estimulación de la TSH. Las crucíferas se asocian con el cáncer en la tiroides en mujeres con bajo consumo de yodo. Por lo cual, es importante considerar controlar el consumo de crucíferas en personas con hipotioridismo y en sitios con presencia endémica de bocio (15).

Cáncer gástrico

En el meta-análisis de los estudios epidemiológicos, el mayor consumo de verduras crucíferas fue asociado con un riesgo reducido para el cáncer gástrico en un 29%. Así mismo, el consumo de repollo se asoció con una reducción en el riesgo del 32%. El efecto protector de las crucíferas se debe a los isotiocianatos y al indol-3-carbinol que tienen la capacidad de inhibir la migración y la invasión a través de diversas vías de señalización (factor nuclear Kappa-β, protein kinasa C) en células gástricas en humanos. Adicional, la fibra soluble contenida en las crucíferas

puede retrasar la absorción del almidón, así reduciendo la carga glucémica, la cual está relacionada con el riesgo de cáncer gástrico a través del exceso de insulina circulante y estimulando factores de crecimiento asociados a la insulina y mitogénicos que promueven el cáncer (16).

Otro mecanismo de acción, es a través de los sulfurafanos, donde se ha descrito un efecto antibacterial contra ciertas cepas de *Helicobacter pylori*, incluso aquellas resistentes a los antibióticos (2). Además, uno de los estudios recientes reporta que el consumo diario de brócoli durante 2 meses (consumo de 70 g/día de brócoli rico en glucorafanina) puede reducir el estrés oxidativo inducido por el *Helicobacter pylori* y ayuda en la quimioprevención de la gastritis en estudios experimentales en animales y seres humanos (1).

Por otra parte, en el 2009 se publicó un estudio que relaciona la dieta, la infección por *Helicobacter pylori* y el riesgo de cáncer gástrico, sugiere que hay un riesgo reducido de cáncer gástrico no cardíaco asociado al incremento en el consumo de crucíferas en individuos con *H.pylori/Cag-A* (citotoxina asociada al antígeno A) positivo, pero no sugiere esa misma tendencia en individuos *H.pylori/Cag-A* negativos. La hipótesis de la quimioprevención de los isotiocianatos provenientes de las verduras crucíferas, está relacionada con su acción sobre las enzimas de la fase II que pueden estar implicadas en la compensación de los efectos nocivos del *H.pylori* (17).

Los indoles pueden reaccionar con el ácido ascórbico, dando como resultado el

ascorbigeno y, en el pH bajo del estómago, produce una serie de compuestos condensado que pueden actuar como componentes bioactivos adicionales (6).

Cáncer de pulmón

El cáncer de pulmón es la primera causa de mortalidad por cáncer en el mundo y el principal factor de riesgo es el consumo de tabaco. Por ello se ha estudiado el efecto de los isotiocianatos ya que pueden inhibir la bioactivación de procancerígenos encontrados en el humo del cigarrillo como los hidrocarburos aromáticos policíclicos, que se mencionaron en el apartado de los isotiocianatos. Además, se observó que la incidencia de cáncer de pulmón en individuos que tienen un consumo alto de crucíferas fue 22% menor en estudios de casos y controles (estadísticamente significativos) y 17% menor incidencia en estudios de cohortes prospectivos. Adicional, en el estudio de casos y controles mostró una tendencia inversamente significativa en la dosis-respuesta (8).

Por otro lado, The Lancet en 2005 publicó un estudio sobre la relación del consumo de crucíferas y el cáncer de pulmón; sus hallazgos indican que los efectos protectores de las crucíferas se observan cuando se consumen al menos una vez por semana, comparado con aquellos que las consumen menos de una vez al mes, reduciendo la incidencia hasta en un 22% en el riesgo de cáncer de pulmón, especialmente con el consumo de crucíferas como el repollo, brócoli y coles de Bruselas. (18)

Cáncer de mama

Uno de los mayores efectos de los isotiocianatos e índoles presentes en las crucíferas, es la regulación del metabolismo de los estrógenos. En específico, el indol-3-carbinol tiene efectos antiestrógenicos, principalmente por la inducción de 2-hidroxilación del estradiol, resultando en metabolitos no estrógenos, teniendo la capacidad de ligar el receptor de estrógenos y retener el 17 β -estradiol activado y contrarregula la expresión de genes que responden a estrógenos e inhibiendo el crecimiento de células dependientes de estrógeno incluyendo las de mama, endometrio y cuello uterino. Favorece la fase II que permite una excreción extensiva de reactivos intermedios (conocidos como fuentes cancerígenas químicas), especies reactivas de oxígeno (ERO) y metabolitos de hormonas que son sustratos para la Glutathion-S-transferasas. Concluyendo que el consumo de crucíferas, especialmente, brócoli, fue ligeramente asociado inversamente con el riesgo de cáncer de mama en mujeres premenopáusicas y las asociaciones fueron débiles o nulas entre las mujeres postmenopáusicas (11). En un meta-análisis del 2013, encontraron un riesgo significativamente reducido para el cáncer de mama por el consumo de verduras crucíferas entre las mujeres postmenopáusicas, pero no hubo asociación entre las mujeres premenopáusicas (19). Es importante realizar estudios con reducción en la parcialidad y en los errores metodológicos para dar una conclusión clara sobre el efecto protector de las crucíferas entre mujeres pre y postmenopáusicas.

Cabe resaltar, que los SFN han sido estudiados por su capacidad de eliminar

células madres de mama cancerígenas *in vivo* en ratones, además los sulforafanos han demostrado inhibir la proliferación e inducir apoptosis en células cancerígenas de la mama. También inhibe la formación de mamosferas, células esféricas derivadas de las células madre que pueden diferenciarse de múltiples formas (20).

Cáncer de páncreas

El cáncer de páncreas es conocido por sus altas tasas de mortalidad, siendo el consumo crónico de alcohol y tabaco los principales factores de riesgo y se ha observado que el consumo de crucíferas está relacionado con menor riesgo debido a sus compuestos bioactivos como los sulforafanos e isotiocianatos. Los ITC regulan el ciclo celular de las células pancreáticas cancerígenas activando puntos de control y las fases G2/M (7). Los SFN tienen una potente actividad antiproliferativa que fue observada en muestras de células pancreáticas cancerígenas en humanos y también se ha relacionado que el SFN promete ser una estrategia efectiva para controlar células tumorales pancreáticas iniciales resistentes al tratamiento. Adicionalmente, el benzyl isotiocianato y el fenetil isotiocianato también ha mostrado inhibir la proliferación e inducir apoptosis en células cancerígenas pancreáticas *in vitro* e *in vivo*. Por último, en el meta-análisis de numerosos estudios de casos y controles, indica que el consumo elevado de crucíferas puede estar asociado con menor riesgo de cáncer pancreático en un 22% (21).

Cáncer hepático

El consumo de verduras y frutas ha sido relacionado con reducción en el riesgo de hepatocarcinoma, sin embargo, no hay estudios que relacionen directamente el consumo de verduras crucíferas con este tipo de cáncer. La asociación en la reducción del riesgo significativa de hepatocarcinoma podría estar dada por el alto contenido de vitamina E presentes en las verduras y en parte a los fitoquímicos presentes como los isotiocianatos, glucosinolatos, indol-3-carbinol y flavonoides característicos de las crucíferas (22).

Cáncer de vejiga

Un estudio de una cohorte de 10 años en donde participaron 47909 hombres reportó que el incremento en el consumo de crucíferas, sin el aumento en el consumo de frutas y otras verduras fue asociado con menor riesgo de cáncer de vejiga en hombres en un 51% (5).

Un estudio del año del año 2010, indicó que el mayor consumo de crucíferas crudas fue asociado con reducción en un 33% en la mortalidad general, pero no para la mortalidad por enfermedades específicas. Después de realizar ajustes para la edad, estadio del tumor, años de consumo de tabaco y consumo total de carne, se identificó que el mayor consumo de brócoli, particularmente el brócoli crudo (más de una porción al mes vs menos de una) fue asociado con una reducción en el 57% de la mortalidad en general y del 43% en la mortalidad a causa del cáncer de vejiga. No hubo asociaciones con otros tipos de verduras crucíferas. El contenido de isotiocianatos en el brócoli fue 40% mayor que en el repollo, y 2 a 3 veces mayor que en la coliflor. Se evidenció existe una asociación inversa entre el

consumo de crucíferas y el riesgo de cáncer de vejiga entre las personas fumadoras (23).

El meta-análisis del año 2013 evalúa los datos de 5 estudios de cohortes y 5 estudios de casos y controles, hallando una disminución significativa del 20% en el riesgo de cáncer de vejiga analizando todos los datos en conjunto, asociada al consumo de crucíferas. Uno de las razones, se debe a la potente actividad antiproliferativa de los isotiocianatos en células cancerígenas de vejiga en humanos que representa un bajo grado superficial, alta capacidad invasiva, así como en el cáncer de vejiga resistente a la doxurubicina. Estudios recientes han mostrado que el isotiocianato, incluyendo el allylisotiocianato, inhibe la formación, desarrollo y progresión del cáncer de vejiga (24).

Cáncer de riñón

En estudios de casos y controles, se identificó una asociación inversa significativamente para el cáncer de riñón y el consumo de crucíferas en individuos jóvenes en comparación con los más ancianos (6). Se ha observado que el consumo de verduras crucíferas está significativamente asociado con la reducción en el riesgo de carcinoma de células renales demostrado a través del meta-análisis de 12 estudios reportando datos de 1,228,518 participantes, con una disminución del 11%, adicional a ellos, hubo una reducción significativa (33%) en los estudios realizados en América, pero no hubo asociación en los estudios que se realizaron en Europa y concluye que la asociación inversa entre el consumo de crucíferas y el riesgo de carcinoma de

células renales es biológicamente posible y que se requieren estudios adicionales para corroborar los datos obtenidos (25). Así mismo el mecanismo de acción de las crucíferas radica en los isotiocianatos de las crucíferas que pueden alterar el metabolismo de los xenobióticos, e inactivar la actividad carcinogénica del tricloroetileno, una sustancia química conocida por inducir nefrocarcinogenicidad (26).

Cáncer de próstata

El cáncer de próstata es una de las principales enfermedades que afectan la salud de los hombres y está influenciado por los malos hábitos alimentarios, el sedentarismo, el consumo de cigarrillo entre otros. Por ello, se ha evaluado la efectividad de la alimentación saludable, que incluye frutas y verduras sobre la reducción en el riesgo y se ha comprobado que el incremento en el consumo de verduras crucíferas de 1 – 3 porciones a la semana disminuyen el riesgo de cáncer de próstata en un 41% (5).

Estos datos, son corroborados en el meta-análisis del 2012 donde indica que en los estudios de casos y controles se observó un descenso en el riesgo de cáncer de próstata asociado al consumo de crucíferas y en los resultados también se relacionó su consumo con un efecto protector en los estados avanzados de la enfermedad. Esta acción protectora se debe a la presencia de isotiocianatos, incluyendo el fenetil isotiocianato y sulfurafanos, ya que han mostrado inhibir el crecimiento de células cancerígenas de la próstata e inducir apoptosis *in vitro* e *in vivo* por obstaculizar el receptor de andrógeno y la inducción de kinasa

dependiente de ciclinas endógena. Es importante mencionar, que otros compuestos derivados de las crucíferas como el 3,3'-diindolilmetano, ha evidenciado actuar de manera similar en el cáncer de próstata (27).

Cáncer de cuello uterino

Es uno de los tipos de cáncer más común que afecta a las mujeres asociado a la presencia del Virus del Papiloma Humano (VPH) con una tasa de mortalidad de aproximada del 50%. Ha sido bien descrito el rol de los isotiocianatos en la regulación del metabolismo de los estrógenos, del ciclo celular y otros mecanismos de acción, por ello, se ha estudiado la actividad del β -fenetil isotiocianato (PEITC, para sus siglas en inglés) en la inhibición del crecimiento y apoptosis de células cervicales cancerígenas en humanos a través de la inducción de receptores de muerte celular 4 y 5. El PEITC ha demostrado ser un componente quimiopreventivo presente en las crucíferas con baja toxicidad que puede entre otras acciones, disminuir la disponibilidad celular, la condensación nuclear, la fragmentación del ADN e inducir apoptosis vía activación de caspasas-8 (28).

Cáncer de ovario

El cáncer de ovario es el octavo tipo de cáncer más común y la quinta causa de muerte asociada al cáncer en mujeres que viven en países desarrollados. En un meta-análisis de estudios observacionales, los resultados mostraron que el consumo de crucíferas fue un factor prospectivo para el cáncer de ovario, reduciendo su incidencia y fue detectado en los estudios de casos y

controles en un 16% pero no en los estudios de cohortes (29).

Cáncer colorrectal

Es el tercer tipo de cáncer más común diagnosticado en hombres a nivel mundial y el segundo en mujeres, con alrededor de 1,2 millones de casos nuevos diagnosticados en 2008. Las crucíferas son una buena fuente de fibra dietética la cual puede prevenir el cáncer colorrectal a través de diversos mecanismos, incluyendo el aumento en la masa fecal y la dilución de sustancias cancerígenas en el lumen del colon, reducir el tránsito intestinal, y la fermentación de la fibra por la microbiota a ácidos grasos de cadena corta (AGCC). En el reporte actualizado de la Fundación para la Investigación del Cáncer a nivel mundial, la fibra dietética ha sido clasificado como un factor dietético protector convincente para el cáncer colorrectal. Como conclusión, el consumo de verduras crucíferas puede reducir el riesgo de cáncer colorrectal en humanos en un 18%, los análisis específicos para el repollo presentan resultados similares en la asociación inversa (30). Otro mecanismo de acción es a través de los componentes bioactivos, ya que hay indicios en los cuales, los sulfurafanos inducen la apoptosis en células cancerígenas del colon humano, las cuales habían sido tratadas con este compuesto con dosis entre 15 a 50 μ moles (13).

En estudios de casos y controles se observó que no hay factor protector de las crucíferas frente al cáncer colorrectal en individuos menores de 60 años o consumidores crónicos de alcohol (6).

Enfermedades cardiovasculares (ECV)

Los beneficios de las crucíferas también han sido demostrados sobre la salud cardiovascular, puesto que, en un estudio clínico con 12 participantes, el consumo de brócoli por sólo 1 semana redujo los marcadores de estrés oxidativo junto con el aumento del metabolismo del colesterol, es importante mencionar que en el estudio de la salud de la mujer donde participaron 39000 mujeres profesionales sin historial de enfermedad cardiovascular, que el grupo con mayor consumo de crucíferas alcanzaba una reducción en el riesgo cardiovascular del 55%, concluyendo la influencia positiva en la prevención de la enfermedad cardiovascular. Otro beneficio de las crucíferas asociadas a la salud cardiovascular puede ser debido al contenido de selenio, y otras moléculas bioactivas como los flavonoides, polifenoles, antocianinas y enzimas antioxidantes.

En estudios in vitro, los sulfurafanos, son capaces de regular la enzima GST en las células musculares lisas aórticas alteradas en ratas con hipertensión espontánea. Esta regulación de la enzima GST, fue correlacionada con reducción en el estrés oxidativo, la cual es una de las mayores causas de las complicaciones cardiovasculares.

Los estudios in vivo, las ratas fueron alimentadas con una dieta rica en verduras verdes y amarillas (el brócoli fue uno de los alimentos) durante 16 semanas y resultó en una reducción significativa de marcadores ateroscleróticos, como el contenido de ester colesterol, el colesterol total plasmático, colesterol VLDL + LDL.

Los estudios in vivo sugieren que los sulfurafanos protegen al corazón del daño

producido por la isquemia, a través de la activación de enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa en estudios animales. Se indujo isquemia por 30 minutos en ratas que fueron alimentadas con el extracto de brócoli (que contenía 23,6 µg de sulfurafano y 0.065 µg de selenio) por 30 días demostrando la protección de las ratas frente a la isquemia. Las ratas alimentadas con brócoli resultaron en un mejoramiento de la función ventricular post-isquemia, reducción en el tamaño del infarto del miocardio y la prevención de la apoptosis de los cardiomiocitos al inhibir la caspasa-3 y citocromo-c (1).

Es importante traer a colación el estudio realizado en la población china con un seguimiento de 4,6 años aproximadamente demostró que a mayor consumo de verduras crucíferas se reduce el riesgo de mortalidad por causas cardiovasculares tanto en hombres como en mujeres y este efecto cardioprotector se basa en la presencia de sulfurafanos, ya que reducen el estrés oxidativo y la inflamación en el sistema cardiovascular. También ha sido sugerido que el sulfurafano y otros isotiocianatos pueden ejercer efectos antiinflamatorios a través de la modulación del factor inhibitorio de la migración de macrófagos y citoquinas proinflamatorias (31).

Otros beneficios para la salud.

La evidencia científica también ha demostrado de manera directa e indirecta los beneficios de las crucíferas en la prevención de alteraciones metabólicas, enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer, problemas respiratorios como el asma, junto con actividad

antimicrobiana contra cierto número de patógenos. El rol de los isotiocianatos en el síndrome metabólico está bien demostrado. En estudios prospectivos sugieren que llevar una dieta rica en verduras (donde el brócoli y otras verduras crucíferas constituyen una porción significativa) está asociado con una incidencia reducida de diabetes mellitus tipo 2. Por otro lado, un estudio de seguimiento durante 12 años indica que mayor consumo de verduras fue asociado también con una incidencia reducida de obesidad. El estudio incluyó brócoli, repollo, coliflor, y coles de Bruselas.

El tratamiento a largo plazo con 200 mg de indol-3-carbinol, dos veces al día ha demostrado ser efectivo en la quimiopreención de la papilomatosis respiratoria, una afección de las vías respiratorias causada por el virus de papiloma humano (VPH) (1). El I3C reduce o cesa el crecimiento de la papilomatosis respiratoria en el 66% de los sujetos tratados (5).

La prevención del estrés oxidativo inducido por la polución, este efecto está relacionado con los sulfurafanos, indirectamente sugiere los beneficios en la prevención de la inflamación asociada a los desórdenes respiratorios.

Desde que la enfermedad de Alzheimer fue asociada con el estrés oxidativo, y las moléculas bioactivas de las crucíferas son también conocidas por prevenir el estrés oxidativo, este puede ser el beneficio de comer estas verduras para prevenir la enfermedad de Alzheimer. Además, una investigación clínica sugiere que un alto consumo de verduras está relacionado con mejor tasa de declive cognitivo en la vejez.

Como propiedades antimicrobianas, los extractos en metanol y agua de verduras como coliflor, brócoli, repollo, rábano chino, col china), han demostrado ser efectivos contra ciertas cepas patógenas en especial, las bacterias gram-negativas, tales como *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter aerogenes*, *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Shigella sonnei* comparadas con las bacterias gram-positivas (1) (32).

CONCLUSIÓN

Las verduras crucíferas son alimentos que tienen un gran aporte nutricional, especialmente de micronutrientes como vitaminas, minerales, oligoelementos, además de agua y fibra. Son reconocidas por su elevado contenido de componentes bioactivos que tienen una gran influencia sobre la salud, específicamente en la prevención y tratamiento de diferentes tipos de cáncer, prevención de las enfermedades cardiovasculares y reducción en la mortalidad general, disminuir el riesgo de enfermedades metabólicas como la diabetes y la obesidad, favorecer la salud visual y la función cognitiva entre otras propiedades. Por esas mismas razones, se debe promover su inclusión dentro de la alimentación habitual con el fin de mejorar el estado nutricional y la calidad de vida de la población colombiana.

BIBLIOGRAFÍA

1. Manchali S, Chidambara Murthy KN, Patil BS. Crucial facts about health benefits of popular cruciferous vegetables. *J Funct Foods* [Internet]. Elsevier Ltd; 2012;4(1):94–106. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jff.2011.0>

- 8.004
2. Björkman M, Klingen I, Birch ANE, Bones AM, Bruce TJA, Johansen TJ, et al. Phytochemicals of Brassicaceae in plant protection and human health - Influences of climate, environment and agronomic practice. *Phytochemistry*. 2011;72(7):538–56.
 3. Heaney, R. P. Weaver CM. Calcium absorption from kale. *Am J Clin Nutr*. 1990;51:656–7.
 4. Heaney RP, Weaver CM, Hinders SM, Martin B, Packard PT. Absorbability of calcium from Brassica Vegetables: Broccoli, bok choy, and kale. *J Food Sci*. 1993;58(6):1378–80.
 5. Keck A-S, Finley JW. Cruciferous vegetables: cancer protective mechanisms of glucosinolate hydrolysis products and selenium. *Integr Cancer Ther*. 2004;3(1):5–12.
 6. Bosetti C, Filomeno M, Riso P, Polesel J, Levi F, Talamini R, et al. Cruciferous vegetables and cancer risk in a network of case-control studies. *Ann Oncol*. 2012;23(8):2198–203.
 7. Traka M, Mithen R. Glucosinolates, isothiocyanates and human health. *Phytochem Rev*. 2009;8(1):269–82.
 8. Lam TK, Gallicchio L, Lindsley K, Shiels M, Hammond E, Tao X, et al. Cruciferous Vegetable Consumption and Lung Cancer Risk: A Systematic Review. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2009;18(January):184–95.
 9. Ambrosone CB, Tang L. Cruciferous vegetable intake and cancer prevention: Role of nutrigenetics. *Cancer Prev Res*. 2009;2(4):298–300.
 10. Tuorkey MJ. Cancer Therapy with Phytochemicals: Present and Future Perspectives. *Biomed Environ Sci [Internet]*. The Editorial Board of Biomedical and Environmental Sciences; 2015;28(11):808–19. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26695359>
 11. Ambrosone CB, McCann SE, Freudenheim JL, Marshall JR, Zhang Y, Shields PG. Breast cancer risk in premenopausal women is inversely associated with consumption of broccoli, a source of isothiocyanates, but is not modified by GST genotype. *J Nutr [Internet]*. 2004;134(5):1134–8. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15113959>
 12. Qazi A, Pal J, Maitah M, Fulciniti M, Pelluru D, Nanjappa P, et al. Anticancer Activity of a Broccoli Derivative, Sulforaphane, in Barrett Adenocarcinoma: Potential Use in Chemoprevention and as Adjuvant in Chemotherapy. *Transl Oncol [Internet]*. Neoplasia Press, Inc.; 2010;3(6):389–99. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1936523310800245>
 13. Herr I, Büchler MW. Dietary constituents of broccoli and other cruciferous vegetables: Implications for prevention and therapy of cancer. *Cancer Treat Rev [Internet]*. Elsevier Ltd; 2010;36(5):377–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ctrv.2010.01.002>
 14. Kim BG, Fujita T, Stankovic KM, Welling DB, Moon IS, Choi JY, et al. Sulforaphane, a natural component of broccoli, inhibits vestibular schwannoma growth in vitro and in vivo. *Sci Rep [Internet]*. Nature Publishing Group; 2016;6(November):36215. Available from: <http://www.nature.com/articles/srep36215>
 15. Truong T, Baron-Dubourdieu D, Rougier Y, Guénel P. Role of dietary iodine and cruciferous vegetables in thyroid cancer: A countrywide case-control study in New Caledonia. *Cancer Causes Control*. 2010;21(8):1183–92.
 16. Wu Q-J, Yang Y, Wang J, Han L-H, Xiang Y-B. Cruciferous vegetable consumption and gastric cancer risk: a meta-analysis of

- epidemiological studies. *Cancer Sci* [Internet]. 2013;104(8):1067–73. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23679348>
17. Epplein Meira, Nomura Abraham M. Y., Stemmermann Grant N. WLR, N. KL. Association of *Helicobacter pylori* infection and diet on the risk of gastric cancer : a case – control study in Hawaii. *Cancer Causes Control*. 2009;19(8):869–77.
 18. Brennan P, Hsu CC, Moullan N, Szeszenia-Dabrowska N, Lissowska J, Zaridze D, et al. Effect of cruciferous vegetables on lung cancer in patients stratified by genetic status: A mendelian randomisation approach. *Lancet*. 2005;366(9496):1558–60.
 19. Liu X, Lv K. Cruciferous vegetables intake is inversely associated with risk of breast cancer: a meta-analysis. *Breast* [Internet]. Elsevier Ltd; 2013;22(3):309–13. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22877795>
 20. Manuscript A, Breast I, Stem C. Sulforaphane, a Dietary Component of Broccoli/Broccoli Sprouts, Inhibits Breast Cancer Stem Cells. *Clin Cancer Res*. 2011;16(9):2580–90.
 21. Li L, Luo Y, Lu M, Xu X, Lin H, Zheng Z. Cruciferous vegetable consumption and the risk of pancreatic cancer : a meta-analysis. 2015;1–8.
 22. Yang Y, Zhang D, Feng N, Chen G, Liu J, Chen G, et al. Increased intake of vegetables, but not fruit, reduces risk for hepatocellular carcinoma: A meta-analysis. *Gastroenterology* [Internet]. Elsevier, Inc; 2014;147(5):1031–42. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.gastro.2014.08.005>
 23. Tang L, Zirpoli GR, Guru K, Moysich KB, Zhang Y, Ambrosone CB, et al. Intake of cruciferous vegetables modifies bladder cancer survival. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 2010;19(7):1806–11.
 24. Liu B, Mao Q, Lin Y, Zhou F, Xie L. The association of cruciferous vegetables intake and risk of bladder cancer: A meta-analysis. *World J Urol*. 2013;31(1):127–33.
 25. Zhao J, Zhao L. Cruciferous Vegetables Intake Is Associated with Lower Risk of Renal Cell Carcinoma: Evidence from a Meta-Analysis of Observational Studies. *PLoS One*. 2013;8(10).
 26. Liu B, Mao Q, Wang X, Zhou F, Luo J, Wang C, et al. Cruciferous vegetables consumption and risk of renal cell carcinoma: a meta-analysis. *Nutr Cancer* [Internet]. 2013;65(5):668–76. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23859034>
 27. Liu B, Mao Q, Cao M, Xie L. Cruciferous vegetables intake and risk of prostate cancer: a meta-analysis. *Int J Urol* [Internet]. 2012;19(2):134–41. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22121852>
 28. Huong LD, Shim J, Choi K, Shin J, Choi E, Kim H, et al. Effect of β - Phenylethyl Isothiocyanate from Cruciferous Vegetables on Growth Inhibition and Apoptosis of Cervical Cancer Cells through the Induction of Death Receptors 4 and 5. 2011;8124–31.
 29. Han B, Li X, Yu T. Cruciferous vegetables consumption and the risk of ovarian cancer: a meta-analysis of observational studies. *Diagn Pathol* [Internet]. Diagnostic Pathology; 2014;9(1):7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24444040>
 30. Wu QJ, Yang Y, Vogtmann E, Wang J, Han LH, Li HL, et al. Cruciferous vegetables intake and the risk of colorectal cancer : a meta-analysis of observational studies. 2013;(December 2012):1079–87.
 31. Zhang X, Shu X, Xiang Y, Yang G, Li H, Gao J, et al. Cruciferous vegetable consumption is associated with a reduced risk of total and cardiovascular disease

- mortality. *Am J Clin Nutr* [Internet]. 2011;94(1):240–6. Available from: <http://ajcn.nutrition.org/content/94/1/240.full.pdf+html>
32. Sibi G, Shukla A, Dhananjaya K,

Ravikumar KR, Mallesha H. In vitro antibacterial activities of Broccoli (*Brassica oleracea* L. var *italica*) against food borne bacteria. 2013;3(5):100–3.