



---

# Universidad de Valladolid

Facultad de Medicina. Área de Nutrición y Bromatología. Departamento de Pediatría, Inmunología, Obstetricia y Ginecología, Nutrición y Bromatología, Psiquiatría e Historia de la Medicina.

TRABAJO DE FIN DE GRADO.

GRADO EN NUTRICIÓN HUMANA Y DIETÉTICA.

CURSO ACADÉMICO 2015-2016

## **ANTINUTRIENTES PROTEICOS DE LAS LEGUMINOSAS: TIPOS, TOXICIDAD Y EFECTOS FISIOLÓGICOS.**

María Paloma Martínez Castañeiras

Tutor: Tomás Girbés Juan

**Resumen:**

Las leguminosas representan un grupo de alimentos muy consumido por la población humana a nivel mundial. Son muchos los beneficios de estas semillas, que hacen de ellas un básico en cualquier dieta. A pesar de ello, muchos estudios recientes advierten sobre el contenido de ciertos compuestos antinutricionales en estas semillas y sobre sus efectos, que van desde la disminución de la digestión por su capacidad para inhibir enzimas hidrolíticas, la disminución de la absorción de nutrientes, la inactivación de receptores, etc. Por todo esto, continuamente se estudian nuevas técnicas para la inhibir el efecto de estas sustancias, fundamentalmente cocción y lavado. En este trabajo se tratan los tipos de antinutrientes proteicos presentes en las leguminosas, sus efectos fisiológicos, los métodos conocidos para eliminarlos y por último, se consideran las lectinas conocidas que tienen una elevada toxicidad y cuyo consumo puede llegar a causar la muerte.

**Palabras clave:** antinutriente; leguminosa; lectina; toxicidad; cocción; digestión.

## ÍNDICE:

INTRODUCCIÓN. ....	4
Definiciones. ....	4
Conceptos básicos. Procesos de digestión de macromoléculas. ....	4
Antinutrientes presentes en los alimentos de origen vegetal. ....	6
JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO. ....	8
OBJETIVOS DEL TRABAJO. ....	9
ANTINUTRIENTES EN LEGUMINOSAS. ....	10
INHIBIDORES DE $\alpha$ -AMILASA. ....	13
INHIBIDORES DE PROTEASAS. ....	15
LECTINAS Y EFECTOS ANTINUTRICIONALES. ....	17
LECTINAS TÓXICAS. ....	19
EFECTOS DE LA COCCIÓN. ....	21
CONCLUSIONES. ....	23
BIBLIOGRAFÍA. ....	24

## INTRODUCCIÓN.

### Definiciones.

Nutriente: Según la FAO, sustancias químicas contenidas en los alimentos que se necesitan para el funcionamiento normal del organismo. El consumo de agua y diversos nutrientes es fundamental para el crecimiento, la reproducción y la buena salud. Los seis principales tipos de nutrientes son: proteínas, hidratos de carbono, grasas, minerales, vitaminas y agua [1].

Antinutriente: Los antinutrientes son compuestos naturales o sintéticos que interfieren con la absorción y digestión de nutrientes. Estudios en el ámbito nutricional, hallaron estos compuestos antinutricionales en alimentos y bebidas [2].

Alimentación: Proceso consciente y voluntario que consiste en el acto de ingerir alimentos para satisfacer la necesidad de comer [1].

Nutrición: Proceso involuntario, autónomo, de la utilización de los nutrientes en el organismo para convertirse en energía y cumplir sus funciones vitales [1].

Digestión: Proceso mediante el cual los nutrientes de los alimentos se convierten en elementos básicos que pueden ser utilizados por el organismo [1].

### Conceptos básicos. Procesos de digestión de macromoléculas.

#### **Polisacáridos (almidón)**

Los carbohidratos son los compuestos más abundantemente distribuidos en la naturaleza, tanto en tejidos animales como vegetales. Su fórmula general es  $C_n(H_2O)_n$ . Estos compuestos cumplen funciones muy diversas en el organismo: sustrato energético fundamental (glucosa), función reguladora, estructural... Debido a su función de sustrato energético y almacén de energía, los carbohidratos constituyen la base de nuestra pirámide alimentaria. Según las recomendaciones de la OMS el 50-60% de la energía diaria ingerida debe provenir de HCO, principalmente de HCO complejos.

Existen varios tipos de carbohidratos según su estructura química:

- Monosacáridos o azúcares simples.

-Oligosacáridos.

-**Polisacáridos:** Formados por una extensa sucesión de monosacáridos unidos por enlaces glucosídicos. Sus funciones principales son de reserva energética y de protección estructural en el organismo. Son el tipo de carbohidratos más ampliamente distribuido en la naturaleza. Los polisacáridos a su vez se dividen en homopolisacáridos (misma unidad de monosacárido, como el almidón, el glucógeno, la celulosa, etc.) y heteropolisacáridos (distintas unidades de monosacáridos).

El **almidón** es un homopolisacárido de reserva de los vegetales.

Desempeña una función importante en la alimentación humana, ya que se encuentra presente en muchos alimentos de consumo habitual (patata, arroz...). Está compuesto por una mezcla de 2 cadenas de  $\alpha$ -amilasa (formada por D-glucopiranosas unidas por enlaces  $\alpha$  (1-4) en una cadena sin ramificar) y  $\alpha$ -amilopectina (también D-glucopiranosas con enlaces  $\alpha$  (1-4) y  $\alpha$  (1-6) con muchas ramificaciones). Los gránulos de almidón son insolubles en agua fría, pero al calentarse se hinchan, forman un gel llamado engrudo de almidón y se llaman dextrinas. Existen enzimas en nuestro organismo que hidrolizan el almidón, llamadas amilasas; están presentes en la saliva y en el jugo pancreático. Estas liberan primero dextrinas y luego maltosa. Para hidrolizar la maltosa se requiere de la enzima maltasa (presente en el borde en cepillo del intestino delgado) que libera unidades de glucosa absorbibles en el intestino delgado [3].

### **Proteínas.**

Son moléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. Las proteínas participan en la construcción y mantenimiento de los tejidos, formación de enzimas, hormonas y anticuerpos, y regulación de procesos metabólicos, por lo que desempeñan un papel fundamental en el organismo y en la alimentación humana. Existen 20 tipos de aminoácidos, 9 de los cuales son llamados esenciales al no poder ser sintetizados por el organismo; estos deben provenir de la dieta. El valor de las proteínas depende de su contenido en aminoácidos esenciales.

La digestión de las proteínas en el organismo se lleva a cabo mediante enzimas que hidrolizan las moléculas liberando unidades de aminoácidos absorbibles que atraviesan las membranas a través de transporte pasivo o difusión facilitada. Una vez

que son absorbidos los aminoácidos se utilizan o se almacenan en función de las necesidades.

Las funciones más importantes de los aminoácidos son: síntesis de nuevas proteínas, transformación en compuestos no proteicos de importancia fisiológica o degradación para obtener energía. Algunos aminoácidos tienen función reguladora como neurotransmisores.

En el estómago, cuando entra el bolo alimenticio se segrega HCl, que a su vez activa la conversión de pepsinógeno a pepsina. Con la pepsina se empieza la degradación de proteínas a péptidos que pasan al intestino delgado. Una vez allí, la tripsina y quimotripsina (enzimas procedentes del jugo pancreático) se encargan de degradar por completo las proteínas y péptidos a unidades de aminoácidos que posteriormente son absorbidas [3].

### **Antinutrientes presentes en los alimentos de origen vegetal.**

Los alimentos de origen vegetal, como las leguminosas, cada vez están más presentes en nuestra dieta diaria. Las leguminosas son especialmente ricas en carbohidratos que, junto con las proteínas, comprenden uno de los grandes grupos de compuestos orgánicos encontrados en la naturaleza y suponen importantes fuentes energéticas para los seres humanos.

Las leguminosas constituyen una de las principales fuentes de proteínas vegetales, a pesar de que carecen de algunos aminoácidos esenciales azufrados como la metionina y la lisina, lo que hace que sean proteínas incompletas. No obstante, al combinar en nuestra alimentación legumbres con cereales ricos en los aminoácidos limitantes obtenemos la mezcla adecuada de aminoácidos como la que se obtendría de proteínas completas preservándose por tanto la calidad nutricional de los aminoácidos ingeridos.

Las dietas ricas en productos con productos vegetales se han popularizado en los últimos tiempos, debido tanto al aporte de nutrientes esenciales y compuestos químicos con características beneficiosas para la salud, por ejemplo las vitaminas, los antioxidantes, etc., como a su baja composición en grasas.

Debido a las características atribuidas a los productos vegetales, es muy importante conocer su composición química tanto de nutrientes como de sustancias que se

comportan de manera antagónica a los nutrientes y que puede provocar efectos deletéreos.

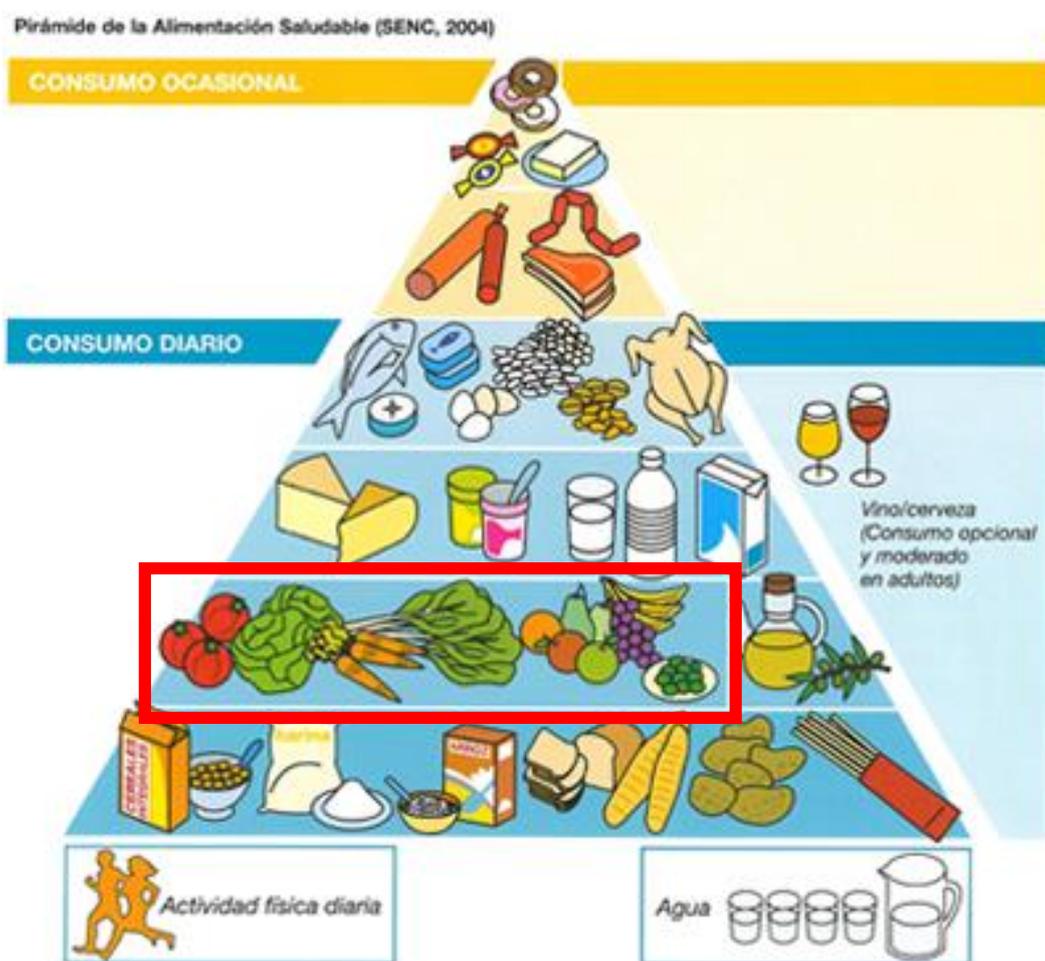
Al ser de origen vegetal, las leguminosas contienen una elevada cantidad de fitoquímicos [4], sustancias biológicamente activas, no esenciales para la vida pero con efectos reguladores beneficiosos para la salud como, por ejemplo, protección contra el cáncer, protección cardiovascular, mantenimiento de la salud gastrointestinal, etc. Ello justifica el aumento de su consumo en la alimentación en situaciones especiales y en las dietas de personas con diferentes patologías.

Se han encontrado también sustancias derivadas del metabolismo secundario como saponinas, ácido fítico, inhibidores de proteasas como la tripsina, taninos y oxalatos, que podrían ejercer efectos perjudiciales para la salud de los consumidores, interfiriendo en los procesos de digestión, en la actividad de ciertas enzimas, en la biodisponibilidad y la absorción intestinal de los nutrientes. Estos compuestos se han denominado con el nombre de factores antinutricionales, debido a sus efectos en muchos casos antagónicos de los nutrientes. En este estudio se realiza una revisión sobre las capacidades nutricionales de las leguminosas, los tipos de antinutrientes conocidos en la actualidad, sus efectos fisiológicos y las maneras en las que se pueden minimizar sus daños.

## JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO.

Debido al papel que tienen los alimentos de origen vegetal en nuestra dieta y a que su composición química requiere de un estudio en mayor profundidad, es muy importante el conocimiento de aquellos factores que puedan interferir en la asimilación de dichos alimentos y de ahí el interés en realizar una revisión del tema, centrándome principalmente en los compuestos con efectos antinutricionales de tipo proteico presentes en las leguminosas.

Según la pirámide alimentaria de Alimentación Saludable de la SENC (Sociedad Española de Nutrición Comunitaria) 2004, las recomendaciones de consumo de legumbres son de 3-4 veces a la semana.



También cabe destacar que el 2016 ha sido declarado como año internacional de la legumbre por la Asamblea General de las Naciones Unidas, con el fin de sensibilizar a la población de las ventajas nutricionales de este alimento, incrementar su producción y mejorar el comercio mundial.

## **OBJETIVOS DEL TRABAJO.**

Este trabajo titulado “Antinutrientes proteicos de las leguminosas: tipos, toxicidad y efectos fisiológicos” es una revisión bibliográfica de artículos publicados en revistas científicas durante los 10 últimos años. El objetivo principal es revisar los conocimientos disponibles actualmente sobre diferentes tipos de antinutrientes proteicos presentes en las leguminosas, los efectos que pueden ocasionar en el ser humano y las maneras conocidas en la actualidad para eliminarlos o inhibirlos.

Para encontrar los artículos revisados se ha utilizado la base de datos de la Biblioteca Nacional de Medicina del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos (Pubmed). También para completar ciertos apartados he consultado libros disponibles en la biblioteca de la Facultad de Medicina de la Universidad de Valladolid. Todos los artículos consultados estaban publicados en inglés, mientras que los libros en castellano.

En la siguiente tabla se resumen todos los artículos encontrados sin limitación temporal y las palabras clave que he utilizado para realizar la búsqueda:

<b>Palabras clave</b>	<b>Nº de trabajos totales</b>	<b>Reviews</b>	<b>Journal Articles</b>	<b>Clinical Trials</b>
<b>Antinutritional factors</b>	<b>258</b>	<b>40</b>	<b>256</b>	<b>6</b>
<b>Legume amilase inhibitors</b>	<b>251</b>	<b>12</b>	<b>249</b>	<b>2</b>
<b>Legume protease inhibitors</b>	<b>1609</b>	<b>63</b>	<b>1601</b>	<b>9</b>
<b>Legume lectins</b>	<b>1911</b>	<b>73</b>	<b>1898</b>	<b>11</b>
<b>Legume toxic lectins</b>	<b>95</b>	<b>7</b>	<b>93</b>	<b>0</b>

**Como podemos apreciar es un tema importante que va a más en los últimos años y que tiene una incidencia nutricional clara.**

## ANTINUTRIENTES EN LEGUMINOSAS.

Uno de los principales problemas derivados de la utilización de plantas como fuente de nutrientes en la dieta es la presencia de algunos compuestos derivados de metabolismo de la planta. [5]. El término "factor antinutricional" se ha utilizado para describir esta clase de compuestos presentes en una amplia variedad de alimentos de origen vegetal, que, cuando se consumen, tienen a reducir su valor nutritivo, lo que interfiere con su digestibilidad, absorción o utilización de los nutrientes. Estos pueden causar efectos nocivos para la salud si se ingiere en altas concentraciones.

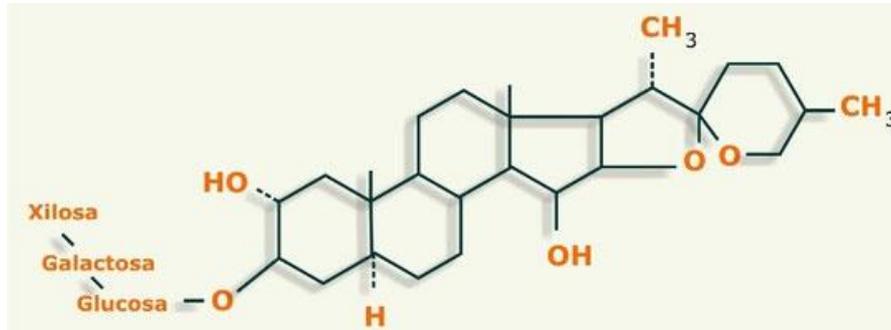
Por lo tanto, es esencial llevar a cabo estudios de la composición química de los alimentos de origen vegetal de consumo convencional, con el fin de determinar que compuestos son los que interfieren en el valor nutricional de los alimentos.

Varios tipos de factores antinutricionales se han identificado en diferentes semillas. Sin embargo, los estudios sobre los posibles antinutrientes presentes en leguminosas todavía son escasos, y no se sabe demasiado sobre los efectos tóxicos que pudieran comprometer la calidad nutricional de las leguminosas. A pesar de la presencia de factores anti-nutricionales, se ha visto en varios experimentos que estas sustancias se pueden inactivar o reducir a niveles de salud seguros, mediante técnicas apropiadas para la elaboración industrial o doméstica de los alimentos.

En la mayoría de leguminosas se encuentran en mayor o menor medida ciertas sustancias con efectos antinutricionales, entre ellas están [5]:

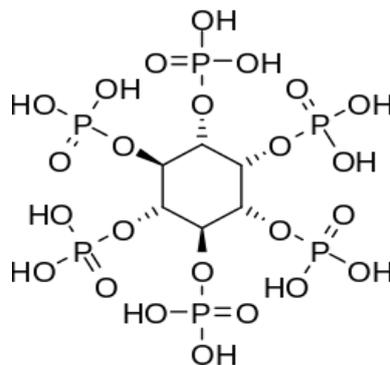
- *Saponinas*: son glicósidos triterpenoides sin fórmula química bien definida de la familia *Leguminosae*. Estas sustancias se encuentran en las capas externas del grano (episperma). Son solubles en metanol o agua y tienen propiedades tóxicas por causar hemólisis o destrucción de los glóbulos rojos. Esta toxicidad depende del tipo saponina y de la sensibilidad del organismo receptor, siendo baja en mamíferos. Cabe destacar que no ejercen ningún efecto negativo sobre la calidad nutricional de la proteína, pero sí pueden formar complejos con el hierro y el zinc disminuyendo su absorción intestinal. En la industria farmacéutica, se utilizan como precursores para la síntesis de esteroides, hormonas, anticonceptivos, antiinflamatorios, expectorantes y diuréticos. Debido a su sabor amargo característico, la cantidad de esta sustancia por lo general se reduce o se elimina de la parte exterior del grano con el fin de proporcionar una mejor

calidad sensorial y aceptación del consumidor. La eliminación se puede llevar a cabo mediante métodos húmedos (lavado), en seco (tratamiento térmico, extrusión, etc.) o una combinación de ambos [5].



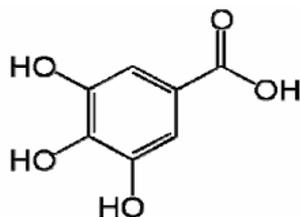
(Fórmula tomada de <http://www.plantas-medicinal-farmacognosia.com/temas/glucosidos/saponinas/>)

- *Ácido fítico*: Debido a su alta carga negativa es capaz de complejar minerales divalentes, tales como calcio, hierro, magnesio, zinc y cobre, así como unirse a almidón, proteínas, enzimas y poner en peligro la biodisponibilidad de estos componentes. Se encuentra principalmente en la piel de la mayoría de los cereales y las legumbres. El contenido de ácido fítico se puede reducir de manera significativa por procesos tales como la maceración, germinación y fermentación [5].

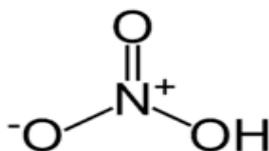


- *Taninos*: se incluyen en el grupo de los polifenoles, sustancias naturales que son más numerosas y ampliamente distribuidas en el reino vegetal. Se presentan como un efecto biológico indeseable, la capacidad de formar complejos con las proteínas y otras macromoléculas, tales como almidón, reduciendo el valor nutritivo de los alimentos. Otros efectos nocivos asignados a los taninos pueden ser el color indeseable a los alimentos debido a reacciones de pardeamiento enzimático y la disminución de la palatabilidad debido a la astringencia, además de otros efectos

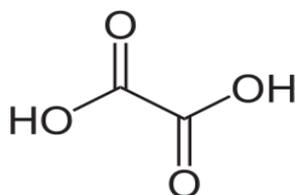
antinutricionales tales como el daño a la mucosa intestinal y la interferencia con la absorción de hierro, glucosa y vitamina B12 [5].



- *Nitratos*: presentes en todas las plantas. Son fuentes esenciales de nitrógeno para su crecimiento normal. Algunas plantas acumulan esta sustancia en las raíces y brotes cuando la absorción es superior a sus necesidades metabólicas. Los niveles altos se encuentran en las hojas, especialmente en el mesófilo. En el cuerpo humano, los nitratos interfieren con el metabolismo de la vitamina A y con las funciones de la glándula tiroides. El metabolismo de los nitratos en el organismo puede dar lugar a aminas secundarias y terciarias, potencialmente carcinogénicas [5].



- *Oxalatos*: Sustancia tóxica que representa un riesgo de salud importante. A menudo se encuentra en los vegetales como la espinaca, remolacha, acelgas, ruibarbo, tomates, nueces y cacao. No puede ser metabolizado por los seres humanos y se excreta en la orina. La alta ingesta de oxalato en la dieta influye en la absorción de minerales y oligoelementos, que juega un papel clave en la hiperoxaluria, un factor de riesgo para la formación de cálculos de oxalato de calcio en los riñones [5].



Estos son solo algunos de los compuestos anti-nutrientes más importantes hallados en los alimentos; en este trabajo nos centraremos fundamentalmente en los antinutrientes de naturaleza proteica, como son los inhibidores de  $\alpha$ -amilasa, inhibidores de proteasas y lectinas y que vamos detallar a continuación.

## INHIBIDORES DE $\alpha$ -AMILASA.

Muchos alimentos de origen vegetal han sido investigados en los últimos años debido a sus efectos beneficiosos potenciales para la salud en enfermedades como la *diabetes mellitus*, la hipercolesterolemia, etc.

Algunos estudios han demostrado que los polisacáridos presentes en extractos vegetales de diferentes algas o hierbas pueden tener efectos fisiológicos como la disminución del colesterol sérico, la disminución de los lípidos disponibles, un aumento de la excreción de esteroides, ácidos biliares y controlar la actividad de ciertas enzimas digestivas, lo que ha provocado una popularidad creciente de estos productos en los últimos años. Este es el caso de las semillas de legumbres de *Cassia* (*Cassia obtusifolia* y *Cassia tora*), usadas como ingredientes populares en muchas preparaciones e infusiones de hierbas alimentarias medicinales en Asia [6]. Se caracterizan por sus propiedades antioxidantes, neuroprotectoras y por sus efectos fisiológicos. Todo ello se ha investigado en múltiples ensayos *in vitro* e *in vivo*. Los componentes fundamentales de estas semillas son proteínas y polisacáridos solubles en agua, los cuales parecen ser los responsables de muchas de estas propiedades.

Se ha estudiado la composición, características y los efectos *in vitro* de estos polisacáridos para discutir las aplicaciones potenciales de estos en la industria alimentaria y en la creación de nuevos alimentos funcionales. En el caso de las semillas de *Cassia* fundamentalmente se han encontrado dos tipos de polisacáridos: pectina y hemicelulosa. Estos PSA (polisacáridos solubles en agua) *in vitro* mostraron una reducción significativa de la actividad  $\alpha$ -amilasa, lo que puede deberse a la gran cantidad de ácidos carboxílicos libres aislados de la fruta y a otros componentes menores como taninos o ácido fítico [6]. También se ha observado una disminución de la actividad de la lipasa pancreática, disminución de la absorción de colesterol, debido a la interrupción de la formación de micelas y un aumento de la actividad proteasa hasta en 7 veces, lo que sugiere que la digestibilidad de proteínas se ve aumentada, posiblemente debido a las interacciones que se producen entre polisacáridos y proteínas [7]. Todos estos resultados hacen que los PSA sean muy atractivos en la actualidad para la formulación y preparación de nuevos alimentos funcionales, aunque se requieren más estudios *in vivo*.

La *Diabetes mellitus* es una patología crónica, considerada un serio problema de salud mundial, causada por la hiperglucemia resultante de la producción insuficiente o el uso ineficaz de la insulina pancreática. Son muchas las técnicas y tratamientos que se

estudian para intentar disminuir la hiperglucemia postprandial. En los últimos años ha adquirido gran importancia el uso de sustancias que puedan inhibir la actividad de la  $\alpha$ -amilasa y con ello provoquen una disminución de la glucosa en sangre tras las comidas. Entre estas sustancias estudiadas, se encuentra la faseolamina, una glicoproteína presente en granos y judías. También se encuentra en determinados productos farmacéuticos comercializados para el tratamiento del peso. Ensayos in vitro de la faseolamina comercial mostraron una inhibición de la  $\alpha$ -amilasa en un 99%. En estudios realizados con roedores cabe destacar que no se han detectado casos de intoxicación por faseolamina en ninguna de las ratas tratadas durante los experimentos [7]. Recientemente, se han descubierto dos inhibidores de la  $\alpha$ -amilasa en las hojas de *Abrus precatorius* o regaliz americano, especie de liana perteneciente a la familia *Fabaceae*, que resultaron ser un glucósido triterpeno y una cetona de baja polaridad [8].

Todos estos descubrimientos hacen que los productos vegetales derivados de determinadas plantas y semillas, puedan tener un potencial en la industria alimentaria como alimentos funcionales para mejorar el tratamiento de la diabetes y sus comorbilidades asociadas.

Otro inhibidor típico de la  $\alpha$ -glucosidasa (enzima que se encarga de liberar glucosa a partir de hidratos de carbono complejos) es la acarbosa, un oligosacárido que se obtiene del *Actinoplanes utahensis* y que es utilizado para tratar la DM tipo 2 y en algunos países la prediabetes [9].

## INHIBIDORES DE PROTEASAS.

Las legumbres constituyen una buena fuente proteica que contribuye a la dieta con proteínas de alta calidad, sobre todo cuando se combina su consumo con cereales, ya que de esta manera se aportarían por complementación todos los aminoácidos esenciales necesarios para el organismo, con los beneficios asociados a su composición química por ser alimentos de origen vegetal. El elevado contenido en antioxidantes de los alimentos vegetales, puede ayudar tanto en la prevención como en el tratamiento de diversas enfermedades.

Se denominan proteasas a los enzimas digestivos que se encargan de romper los enlaces peptídicos de las proteínas durante el proceso de digestión. Entre ellas se encuentran la tripsina y la quimotripsina, secretadas por el páncreas. Se ha observado que el consumo de ciertas legumbres puede desencadenar la inhibición de la actividad de estas enzimas, haciendo que las proteínas pasen más o menos intactas por el tracto gastrointestinal sin que puedan ser aprovechadas por el organismo, y disminuyendo por lo tanto el crecimiento y casi todos los otros procesos para los que el cuerpo humano necesita proteínas [10].

Enfermedades crónicas como la diabetes, enfermedades cardiovasculares, cáncer, etc., representan las mayores causas de mortalidad. En la mayoría de ellas, se ha demostrado que la dieta y los estilos de vida tienen una función fundamental tanto en su prevención como en su tratamiento.

Se ha observado que el consumo de legumbres fermentadas tiene efectos protectores en enfermedades cardiovasculares [11]. El proceso de fermentación conlleva la reducción de ciertos factores antinutricionales, lo que se traduce en la reducción en el contenido de dichas sustancias en los productos fermentados preparados para el consumo.

La soja es una especie de la familia de las leguminosas (*Fabaceae*), originaria de Asia, cultivada por sus semillas, ricas en proteínas de alta calidad. En la actualidad existen muchos productos derivados de la soja que debido a sus propiedades funcionales se han ido implantando poco a poco en la sociedad occidental [12].

El cáncer colorrectal (CCR) es la tercera causa más común de muerte por cáncer en el mundo, siendo altamente metastásico y resistente a los tratamientos, por lo que continuamente se están buscando nuevas estrategias terapéuticas. Se ha observado que un grupo de metaloproteinasas de matriz (MMP-2 y MMP-9) están directamente

implicadas en la progresión de la metástasis del CCR. En las últimas décadas, varios estudios han demostrado que el consumo de legumbres parece reducir la incidencia de padecer cáncer de colon hasta en un 50%. En un principio estos beneficios se atribuyeron a los compuestos antioxidantes, pero posteriormente se observó que el efecto de ciertos inhibidores de proteasas como el inhibidor de Kunitz de la tripsina o el inhibidor de Bowman-Birk, ambos presentes en la leche de soja, pueden inhibir las MMP-2 y MMP-9, reduciendo así la progresión del cáncer. Todo esto puede resultar muy útil tanto para desarrollar dietas anti-cáncer a base de leguminosas como para desarrollar farmacéuticamente inhibidores de MMPs y mejorar con ello la prevención y el tratamiento del cáncer [13].

El inhibidor de Bowman-Birk mencionado anteriormente, contiene un péptido denominado lunasina, que se ha demostrado que previene la transformación maligna y la carcinogénesis in vitro. No obstante, aún se necesitan muchos más estudios en animales y en humanos [14].

Por todo esto, los estudios científicos han demostrado que el consumo de soja puede reducir el riesgo de padecer diversos tipos de cáncer.

Cabe destacar que al igual que otros factores antinutricionales, el procesamiento, y el tratamiento térmico de las legumbres puede disminuir estos compuestos, incluso eliminarlos, eliminando así sus efectos tanto los perjudiciales como los beneficiosos.

## LECTINAS Y EFECTOS ANTINUTRICIONALES.

Las lectinas o aglutininas son un grupo de proteínas o glicoproteínas naturales de origen no inmune que como su nombre indica pueden aglutinar células. Son capaces de un reconocimiento específico para un determinado carbohidrato, uniéndose a él reversiblemente, sin alterar la estructura covalente de los enlaces glicosídicos y dando como resultado la aglutinación de células y la precipitación de glicoconjugados. Se pueden clasificar según su estructura o según su especificidad de unión a carbohidratos. Sus múltiples funciones incluyen: reservorio de proteínas, protección contra insectos, protección antibacteriana y antifúngica, extensión de la pared celular, estimulación mitogénica, transporte de carbohidratos, etc. Por ello las lectinas han sido un tema de investigación de gran interés en los últimos años [15]. Las legumbres, a pesar de su contenido en lectinas que pueden ser anti-nutrientes, son muy importantes en la alimentación en todo el mundo. La lectina más estudiada desde el punto de vista nutricional son las hemaglutininas de las judías del género *Phaseolus*, que pueden reducir la biodisponibilidad de micronutrientes como hierro y zinc en la dieta, produciendo efectos negativos sobre la salud; además dicha hemaglutinina puede causar daños en la pared intestinal [10]. Las lectinas son resistentes a la degradación por calentamiento y enzimas digestivas y pueden unirse a las células epiteliales del sistema digestivo y dar lugar a reacciones tóxicas con cambios en la permeabilidad intestinal [16].

En general, la intoxicación por las lectinas cursa con náuseas, vómitos, hinchazón y diarrea en los seres humanos cuando son expuestos a elevadas concentraciones. Las lectinas presentes en *Phaseolus vulgaris*, legumbre conocida en el mundo hispanohablante como judía, frijol o poroto, se han estudiado recientemente para demostrar los efectos tanto perjudiciales para la salud como beneficiosos que se les atribuyen [16].

Entre los efectos observados, además de su toxicidad, se ha visto que pueden estimular eficazmente la respuesta inmune después de la administración oral. Se han encontrado otros beneficios saludables potenciales de las lectinas. Así, se ha visto que las lectinas juegan un papel importante en el reconocimiento celular y molecular de marcadores biológicos de microorganismos. También se utilizan como reactivos de diagnóstico y medicamentos experimentales contra el cáncer y se han explotado como transportadores de agentes quimioterapéuticos.

Aunque la base molecular de los efectos terapéuticos aún no está clara, hay numerosos estudios recientes que demuestran los efectos beneficiosos de las lectinas de *Phaseolus vulgaris* en las terapias experimentales para el carcinoma de hígado, cáncer de pulmón, carcinoma nasofaríngeo, cáncer de mama, melanoma, mieloma, y linfoma [17].

También se han observado efectos beneficiosos sobre la reducción del peso corporal, la reducción de lípidos y glucemia [18].

Aunque la prueba completa todavía se carece en la mayoría de los casos, las lectinas se han considerado por la mayoría de los científicos biomédicos para uso en terapia en una variedad de enfermedades. La evidencia científica actual indica que las lectinas pueden causar mucho daño a nivel gastrointestinal y posibles efectos nocivos para la salud a través de la reacción con los distintos epitelios en base a la afinidad específica de hidratos de carbono; todo esto convierte a las lectinas en foco de interés, en particular para el desarrollo productos farmacéuticos [19].

## LECTINAS TÓXICAS.

Existen algunas semillas tóxicas que debido a su aspecto llamativo y apetecible pueden ser consumidas por el ser humano, lo que puede llevar en casos extremos a una grave intoxicación e incluso provocar la muerte si no se trata a tiempo. Ello es debido a que dichas semillas contienen lectinas tóxicas como por ejemplo la abrina. Los cuadros de intoxicación por abrina se caracterizan por alteraciones hidroelectrolíticas, gastrointestinales, coma, etc. [20]

En la actualidad no existe tratamiento eficaz para este tipo de intoxicación, de hecho en algunos casos es muy difícil diagnosticar cual ha podido ser la causa, debido a la ignorancia, a la similitud de las alteraciones con otras intoxicaciones. Por ello, lo más eficaz ha resultado ser una buena detección a tiempo, la realización de una buena anamnesis para averiguar la causa, mantener a la persona en observación y tratar todas las alteraciones que se presenten.

Una de las lectinas más tóxicas conocidas es la abrina, se trata de una toxialbúmina que se pueden encontrar en las semillas de la planta *Abrus precatorius*. Se caracteriza por presentar colores vivos y atractivos en sus semillas. Se puede encontrar en una variedad de objetos como adornos, collares, susceptibles de ser ingeridos involuntariamente por niños.

El mecanismo principal de la toxicidad de abrina se basa en que inactiva los ribosomas e impide la elongación de las cadenas polipeptídicas promovida por los factores de elongación EF-1 y EF-2, lo que inhibe la síntesis de proteína causando la muerte celular [21].

La ingestión de toda la semilla produce síntomas leves, debido a la protección de la capa exterior dura. Cualquier rotura en esta capa exterior conduce a la liberación de la abrina, que se absorbe mal en el sistema gastrointestinal, dando lugar a náuseas, vómitos, dolor abdominal y diarrea con o sin sangre en las heces. Este cuadro clínico se confunde fácilmente con una gastroenteritis viral. El Tratamiento de la intoxicación por abrina es principalmente de apoyo, prestando atención y tratando las alteraciones que se presenten en el paciente, que debe permanecer en observación. [22]

Se han detectado varios casos en los que se utiliza el consumo de abrina como método de suicidio. Actualmente es fácilmente asequible porque su compra on-line no está regulada y su precio no es elevado.

También cabe destacar que la abrina se ha utilizado como una potente arma biológica debido a su estabilidad y a su proceso de purificación relativamente fácil, por lo que continuamente se habla de la necesidad de encontrar un antídoto eficaz [23]. La abrina y la ricina están relacionadas estructural y funcionalmente, ambas se encuentran entre las sustancias tóxicas más potentes conocidas.

Otras semillas de elevada toxicidad se han investigado, entre ellas se encuentran las bayas de hierba carmín (*Phytolacca americana*), las semillas de cadena de oro (*Laburnum*), la nuez de betel (*Areca catechu*), el algarrobo negro (*Robinia pseudoacacia*)... todas ellas cuyo consumo puede ser tóxico para el ser humano. [21]

## **EFFECTOS DE LA COCCIÓN.**

La presencia de factores antinutricionales en la mayoría de las legumbres consumidas por la población mundial y a los efectos de estos, que reducen significativamente el valor nutritivo del alimento, y con el fin de inactivar o reducir su concentración, se han probado diferentes técnicas tanto de procesamiento como de tratamiento culinario.

Las técnicas convencionales como el calentamiento en seco, asar, hervir, remojo en agua, fermentación, etc., disminuyen el contenido en factores antinutricionales pero no los eliminan por completo. En multitud de estudios se ha observado una reducción significativa de inhibidor de tripsina, fitato y taninos tras el tratamiento térmico.

El tratamiento de irradiación gamma como método de conservación para mejorar la vida útil y las cualidades higiénicas de los alimentos crudos y procesados cada vez se utiliza con mayor frecuencia en todo el mundo. Este tratamiento en sí o combinado con otros métodos, ha demostrado reducir y eliminar algunos de los antinutrientes presentes en las legumbres y los cereales. También es importante tener en cuenta que a dosis bajas de radiación, no se encuentran cambios significantes en la composición química de los alimentos, y se pueden observar disminución de factores antinutricionales tales como ácido fítico o taninos. [24]

La fermentación de legumbres trae grandes avances como la reducción de sus factores antinutricionales, promoviendo la digestibilidad nutricional y disminuyendo su alergenicidad. La soja es la legumbre más utilizada para fermentación, pero también hay otras legumbres no exploradas con gran potencial de producción de alimentos fermentados que contribuyen a la prevención de enfermedades cardiovasculares. Se suelen utilizar técnicas de fermentación tradicionales que ayudan a preservar y aumentar la calidad nutricional de las legumbres y la promoción de la salud a través de su consumo.

Las lectinas son proteínas termoestables. No obstante se ha estudiado la forma de mejorar el valor nutritivo de las semillas de leguminosas por tratamientos térmicos. Se ha encontrado que las lectinas pueden ser inactivadas después cocción, en torno a 100 °C, con una mejora de la digestibilidad de las proteínas para el ataque enzimático. [25]

Se ha visto que la lectina de la judía blanca (*Phaseolus vulgaris*) puede eliminarse por completo a 121°C durante 5 minutos después del tratamiento en autoclave. También puede ser totalmente inactivada después del tratamiento con vapor de 100 °C durante

15 minutos. Por otro lado, la cocción a 145°C durante 16 min reduce en un 98% la concentración de hemaglutinina en la judía roja. [26]

Dado que los métodos de procesamiento no térmicos, como la radiación gamma, se han empleado para controlar los patógenos transmitidos por los alimentos y prolongar la conservación de los productos alimenticios, se pensó si el enfoque también podría reducir la alergenicidad de las lectinas, sin alterar los valores nutricionales. Con este tratamiento se demostró que se reducía la unión de lectinas a Ig E específica en un 34%. Por ello, teniendo en cuenta que la lectina es uno de los principales alérgenos, la radiación gamma puede tener un efecto eficaz significativo en la atenuación de la alergenicidad de las lectinas de leguminosas. [27]

## **CONCLUSIONES.**

Debido la importancia que tienen las legumbres en nuestra dieta diaria, es relevante conocer los efectos tanto beneficiosos como nocivos que pueden provocar en nuestra salud. Algunos compuestos presentes en las legumbres, tienen comportamientos antinutricionales que pueden interferir en los procesos fisiológicos, disminuyendo la digestibilidad de nutrientes, su absorción, hasta llegar a producir intoxicaciones de carácter grave. Por lo tanto hay que procurar reducir estos anti-nutrientes por los procedimientos de preparación y cocción de los alimentos.

Se ha observado que mediante tratamiento térmico se puede reducir la concentración de la mayoría de estos compuestos nocivos hasta incluso eliminarlos.

Las lectinas son un herramienta muy poderosa para el estudio de los determinantes antigénicos en cualquier proceso biológico y para potenciar o inhibir ciertos efectos fisiológicos.

## BIBLIOGRAFÍA.

1. <http://www.fao.org/home/es/> ;  
<http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s07.pdf>
2. <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Antinutriente>
3. Roach, Benyon. Lo esencial en metabolismo y nutrición 2º edición. Dan Horton-Szar.
4. <https://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada> ;  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Fitoquímico>
5. Maradini Filho AM, Pirozi MR, Da Silvia Borges JT, Pinheiro Sant'Ana HM, Paes Chaves JB, Dos Reis Coimbra JS. Quinoa: Nutritional, functional and antinutritional aspects. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2015 Jun 26:0.
6. Huang YL, Chow CJ, Tsai YH. Composition, characteristics and in vitro physiological effects of the water-soluble polysaccharides from *Cassia* seed. *Food Chem*. 2012 Oct 15; 134(4):1967-72.
7. De Gouveia NM, Alves FV, Furtado FB, Scherer DL, Mundim AV, Espindola FS. An in vitro and in vivo study of the  $\alpha$ -amylase activity of phaseolamin. *J Med Food*. 2014 Aug; 17(8):915-20.
8. Yonemoto R, Shimada M, Gunawan-Puteri MD, Kato E, Kawabata J.  $\alpha$ -Amylase inhibitory triterpene from *Abrus precatorius* leaves. *J Agric Food Chem*. 2014 Aug 20; 62(33):8411-4.
9. Rutherford SM, Cui J, Goroncy AK, Moughan PJ. Dietary protein structure affects endogenous ileal amino acids but not true ileal amino acid digestibility in growing male rats. *J Nutr*. 2015 Feb; 145(2):193-8.
10. Sashikala VB, Sreerama YN, Pratape VM, Narasimha HV. Effect of thermal processing on protein solubility of green gram (*Phaseolus aureus*) legume cultivars. *J Food Sci Technol*. 2015 Mar; 52(3):1552-60.
11. Anaya K, Cruz AC, Cunha DC, Monteiro SM, Dos Santos EA. Growth impairment caused by raw linseed consumption: can trypsin inhibitors be harmful for health? *Plant Foods Hum Nutr*. 2015 Sep; 70 (3):338-43.
12. Lu L, Zhao L, Zhang C, Kong X, Hua Y, Chen Y. Comparative effects of ohmic, induction cooker and electric stove heating on soymilk trypsin inhibitor inactivation. *J Food Sci*. 2015 Mar; 80(3):C495-503.

13. Lima AJ, Mota J, Monteiro SA, Ferreira RM. Legume seeds and colorectal cancer revisited: protease inhibitors reduce MMP-9 activity and colon cancer cell migration. *Food Chem.* 2016 Apr 15; 197(Pt A):30-8.
14. Dersjant-Li Y, Awati A, Schulze H, Partridge G. Phytase in non-ruminant animal nutrition: a critical review on phytase activities in the gastrointestinal tract and influencing factors. *J Sci Food Agric.* 2015 Mar 30; 95(5):878-96.
15. Krishnan HB, Wang TT. An effective and simple procedure to isolate abundant quantities of biologically active chemopreventive Lunasin protease inhibitor concentrate (LPIC) from soybean. *Food Chem.* 2015 Jun 15; 177:120-6.
16. Ng TB, Chan YS, Ng CC, Wong JH. Purification and characterization of a lectin from green split peas (*Pisum sativum*). *Appl Biochem Biotechnol.* 2015 Nov; 177(6):1374-85.
17. He S, Simpson BK, Sun H, Ngadi MO, Ma Y, Huang T. *Phaseolus vulgaris* lectins: A systematic review of characteristics and health implications. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 2015 Oct 19:0.
18. Dan X, Wong JH, Fang EF, Chan FC, Ng TB. Purification and characterization of a novel hemagglutinin with inhibitory activity toward osteocarcinoma cells from northeast China black beans. *J Agric Food Chem.* 2015 Apr; 22; 63 (15):3903-14.
19. Frassinetti S, Gabriele M, Caltavuturo L, Longo V, Pucci L. Antimutagenic and antioxidant activity of a selected lectin-free common vean (*Phaseolus vulgaris* L.) in two cell-based models. *Plants Foods Hum Nutr.* 2015 Mar; 70(1):35-41.
20. Nidhina N, Muthukumar SP. Antinutritional factors and functionality of protein-rich fractions of industrial guar meal as affected by heat processing. *Food Chem.* 2015 Apr 15; 173:920-6.
21. Saxena N, Rao PV, Bhaskar AS, Bhutia YD. Protective effects of certain pharmaceutical compounds against abrin induced cell death in Jurkat cell line. *Int Immunopharmacol.* 2014 Aug; 21(2):412-25.
22. Alhamdani M, Brown B, Narula P. Abrin poisoning in a 18-month-old chil. *Am J Case Rep.* 2015 Mar 10; 16:146-8.
23. Jang DH, Hoffman RS, Nelson LS. Attempted suicide by mail order: *Abrus precatorius*. *J Med Toxicol.* 2010 Dec; 6(4):427-30.
24. Ramadass B, Dokladny K, Moseley PL, Patel YR, Lin HC. Sucrose co-administration reduces the toxic effect of lectin on gut permeability and intestinal bacterial colonization. *Dig Dis Sci.* 2010 Oct; 55(10):2778-84.
25. Swamy MJ, Marapakala K, Sultan NA, Kenoth R. Galactose-specific seed lectins from *Cucurbitaceae*. *Curr Protein Pept Sci.* 2015; 16(1):17-30.

26. Mojica L, Chen K, de Mejía EG. Impact of commercial precooking of common bean (*Phaseolus vulgaris*) on the generation of peptides, after pepsin-pancreatin hydrolysis, capable to inhibit dipeptidyl peptidase-IV. *J Food Sci.* 2015 Jan; 80(1):H188-98.
27. Giuberti G, Gallo A, Cerioli C, Fortunati P, Masoero F. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. *Food Chem.* 2015 May 15; 175:43-9.
28. Osman AM, Hassan AB, Osman GA, Mohammed N, Rushdi MA, Diab EE et al. Effects of gamma irradiation and/or cooking on nutritional quality of *Faba* bean (*Vicia faba* L.) cultivars seeds. *J Food Sci Technol.* 2014 Aug; 51(8):1554-60.
29. Limón RI, Peñas E, Torino MI, Martínez-Villaluenga C, Dueñas M, Frías J. Fermentation enhances the content of bioactive compounds in kidney bean extracts. *Food Chem.* 2015 Apr 1; 172:343-52.
30. Zelder F, Sonnay M, Prieto L. Antivitamins for medicinal applications. *Chembiochem.* 2015 Jun 15; 16(9):1264-78.