



Factores antinutricionales en legumbres

Apellidos, Nombre	Martínez Martí, Joana (joamarm8@upv.es) Larrea Santos, Virginia (virlarsa@tal.upv.es)
Departamento	Departamento de Tecnología de Alimentos
Centro	Universitat Politècnica de València



1 Resumen de las ideas clave

Las legumbres se caracterizan por su elevado contenido en proteínas y carbohidratos complejos como el almidón y la fibra dietética. Su buen perfil nutricional se ve afectado por la presencia de distintos compuestos llamados factores antinutricionales (FAN), que disminuyen la calidad nutricional ya que pueden afectar a la digestibilidad de algunos nutrientes, a la biodisponibilidad de algunos aminoácidos y minerales e incluso pueden resultar tóxicos o causar efectos fisiológicos no deseables. A pesar de ello, de manera reciente se ha demostrado que algunos de estos FAN tienen efectos beneficiosos sobre el organismo ya que pueden retrasar el envejecimiento celular, disminuir el riesgo de sufrir obesidad, hiperglucemia, enfermedades cardiovasculares y actuar como antiinflamatorios y anticarcinogénicos, entre otros beneficios. Existen diversos tratamientos para la reducción y/o eliminación de FAN en legumbres como la cocción, el descascarillado o el remojo en agua, la efectividad de los cuales dependerá de la naturaleza de los FAN y de la legumbre donde se encuentren. En este sentido, quizá hay que tener en cuenta como se encuentran estos FAN en harinas de legumbres y por tanto en productos elaborados a partir de ellas, puesto que su consumo ha aumentado como fruto de búsqueda de otras opciones en dietas libres de gluten. Este objeto de aprendizaje pretende dar a conocer los factores antinutricionales mayoritarios en legumbres y sus efectos en la salud y las técnicas que se utilizan para reducir su presencia.

2 Objetivos

Los principales objetivos del presente artículo son:

- Definir qué son los factores antinutricionales.
- Describir los factores antinutricionales más comunes en legumbres.
- Identificar sus efectos beneficiosos y perjudiciales para la salud.
- Enumerar y explicar las técnicas para reducir su presencia y/o efecto.

3 Introducción

La dieta mediterránea es un patrón alimentario basado en un consumo abundante de alimentos vegetales (frutas, hortalizas, legumbres y frutos secos) y el uso de aceite de oliva como principal grasa, un consumo moderado de pescados, carne blanca, huevos y lácteos y un consumo bajo de carne roja y procesada, azúcar y grasas saturadas. Esta dieta también se considera un estilo de vida y recoge una serie de elementos culturales que la caracterizan como son la moderación y la socialización en torno a las comidas, la manera de cocinar los alimentos, la práctica de actividad física moderada de manera regular y el descanso, entre otros. Otra orientación dietética más actual es el plato para comer saludable de Harvard (figura 1). Se trata de una herramienta para crear platos con un buen perfil nutricional y mantener una dieta sana y equilibrada dejando atrás la pirámide nutricional clásica que conocemos y dando mayor presencia a las frutas, verduras y a los productos integrales. Tanto en la pirámide de la dieta mediterránea como en el plato de Harvard para comer saludable, se recomienda un consumo elevado de legumbres. Sin embargo, su consumo en

la población española desde los años 60 ha experimentado un descenso drástico de hasta un 74% (Fundación Española de Nutrición, 2017), estabilizándose en los últimos años. Entre las razones que han causado el descenso en el consumo de legumbres, se encuentran el alto valor calórico que aportan sus formas habituales de cocinado y su elevado tiempo de preparación, su difícil digestión y la producción de flatulencias.



Figura 1. Plato de Harvard para comer saludable. Copyright © 2011, Harvard University.

La importancia de consumir legumbres radica en su composición nutricional, debido a su alto contenido en proteínas (17%-40%), hidratos de carbono complejos (30%-40%), principalmente almidón, y fibra dietética (8%-27,5%), mayoritariamente soluble (Avilés-Gaxiola et al., 2018). También destacan por su elevado contenido en minerales como potasio, calcio, fósforo, magnesio, hierro y zinc, y en vitaminas del grupo B y ácido fólico (Martín-Cabrejas, 2019). El consumo elevado de legumbres en el contexto de una dieta mediterránea ha sido asociado con una reducción de los riesgos de sufrir enfermedades cardiovasculares, diabetes y algunos tipos de cáncer como el colorrectal (Bazzano et al., 2011; Becerra-Tomás et al., 2018). Sin embargo, todos los beneficios que aporta su consumo se ven limitados por la presencia de compuestos perjudiciales para la salud humana, llamados factores antinutricionales (FAN). Estos FAN no solo aparecen en legumbres, también podemos encontrarlos en una gran variedad de alimentos (de origen vegetal) como son los cereales. ¿Sabías que las legumbres tienen estos compuestos?, ¿crees que los FAN solo tienen efectos perjudiciales para la salud?, ¿sabes cuál es la causa por la que muchas legumbres se ponen a remojo previamente al cocinado?, ¿crees que obtener productos derivados de legumbres, como harinas, reduce la presencia de FAN? Si sigues leyendo este artículo docente, podrás encontrar respuestas a estas preguntas.

4 Factores antinutricionales

Los FAN son una serie de metabolitos secundarios presentes en las legumbres que se generan como mecanismo de defensa de las plantas frente a situaciones adversas como estrés o ataques de plagas o para atraer a polinizadores (Kumar et al., 2022). Estos FAN limitan los beneficios del consumo de legumbres ya que afectan a la digestibilidad de algunos nutrientes como las proteínas, a la biodisponibilidad de algunos aminoácidos y

minerales e incluso pueden resultar tóxicos o causar efectos fisiológicos no deseables (hemaglutinación, hinchazón, vómitos, pancreatitis...) (Bessada et al., 2019). Sin embargo, recientemente se ha reconsiderado que estos compuestos puedan tener un efecto beneficioso para la salud tras un adecuado procesado (Champ, 2002; Kumar et al., 2022; Roy et al., 2010). Debido a estos efectos positivos en la salud, los FAN también se conocen como factores nutricionalmente bioactivos. En este caso, pueden tener efectos antiinflamatorios, antimicrobianos, antioxidantes, antihipertensivos e hipoglicémicos, junto con propiedades anticancerígenas, antidiabéticas y preventivas de enfermedades cardiovasculares (Bessada et al., 2019). El balance entre los efectos perjudiciales y beneficiosos de estos compuestos dependerán de la cantidad ingerida y de la frecuencia de consumo, así como del tipo de dieta del consumidor.

4.1 Tipos de FAN y sus efectos beneficiosos y perjudiciales para la salud.

A continuación, encontrarás una recopilación de los FAN más comunes y estudiados. La tabla 1 muestra un resumen de los efectos positivos y negativos de estos FAN:

Tabla 1. Efectos de los factores antinutritivos de las legumbres.

Factor antinutritivo	Efectos positivos	Efectos negativos
Inhibidores de tripsina y quimotripsina	Antiinflamatorios y anticancerígenos	Disminución de la digestibilidad de proteínas
Inhibidor de α-amilasa	Menor índice glucémico	Disminución de la digestión de carbohidratos
Lectinas (hemaglutininas)	Ciertos efectos antitumorales, prebióticos, reducción de obesidad y de glucosa en sangre	Disminución en la absorción de nutrientes. Inflamación del epitelio intestinal. Progresión de patologías autoinmunes.
Compuestos fenólicos: Taninos	Componentes bioactivos: antioxidantes (unión a radicales libres), anticancerígenos	Disminución de la digestibilidad proteica. Descenso de la biodisponibilidad de minerales
Saponinas	Descenso del riesgo de enfermedades cardiovasculares, descenso colesterol en sangre. Efecto anticarcinogénico, antiinflamatorio.	Irritación epitelio intestinal Disminución absorción de nutrientes
Ácido fítico	Disminución de la absorción de metales pesados. Propiedades antioxidantes. Anticancerígeno.	Disminución biodisponibilidad de minerales, entre ellos el calcio, disminución de la absorción de nutrientes
Oligosacáridos	Efecto prebiótico: disminución de niveles de glucosa y colesterol en sangre, regulación del tránsito intestinal, disminución de enfermedades metabólicas.	Flatulencia, distensión abdominal y heces más líquidas
Glucósidos cianógenos		Efecto tóxico del cianuro: inhibidor respiratorio y de sistemas enzimáticos. Disminución de la absorción de nutrientes

4.1.1 Inhibidores enzimáticos

Los inhibidores enzimáticos son moléculas de naturaleza proteica. Su mecanismo de inhibición consiste en bloquear el sitio activo de la enzima o cambiar su conformación al formar un complejo con esta y así reducir su función catalítica (Kumar et al., 2022). Los inhibidores más frecuentes son inhibidores de proteasas (tripsina y quimotripsina) y de α -amilasa. El principal aporte de inhibidores de proteasas proviene de leguminosas y cereales.

Inhibidores de tripsina y quimotripsina

La tripsina y la quimotripsina son dos enzimas secretadas por el páncreas que son esenciales en la digestión de proteínas en el tracto digestivo. La presencia en legumbres de inhibidores de estas enzimas, que a su vez son resistentes a la acción de la pepsina y al pH ácido del estómago, interfieren en su acción proteolítica (Bessada et al., 2019). Concretamente, los inhibidores de tripsina y quimotripsina se unen a los aminoácidos esenciales lisina y arginina, y tirosina, triptófano y fenilalanina, respectivamente (Kumar et al., 2022). Por tanto, la digestibilidad proteica de las legumbres se ve disminuida y por tanto aumenta la pérdida de nitrógeno en heces. También se ha observado en estudios con gallinas y ratas que su presencia puede producir pancreatitis y problemas en el crecimiento (Ros Berrueto & Periago Castón, 2017). A pesar de ello, también se les atribuyen efectos antiinflamatorios y anticarcinogénicos (Kumar et al., 2022). Entre las legumbres con mayor contenido en inhibidores de tripsina y quimotripsina se encuentran la soja (*Glycine max*) y la judía (*Phaseolus vulgaris*). Como veremos posteriormente, son termolábiles, por tanto, los tratamientos culinarios habituales en legumbres disminuyen su actividad.

Inhibidor de α -amilasa

La α -amilasa es una enzima secretada en la saliva y en el páncreas esencial en la digestión del almidón. Por tanto, la presencia de este inhibidor dificulta y ralentiza la digestión del almidón, un compuesto mayoritario en legumbres. Pero al mismo tiempo, el hecho de ralentizar la digestión del almidón y alterar la respuesta glicémica puede ser beneficioso para personas diabéticas (Kumar et al., 2022; Roy et al., 2010). La inhibición de la enzima α -amilasa depende de diversos factores como el pH, la fuerza iónica, la temperatura, el tiempo de interacción y la concentración de inhibidor (Champ, 2002). La judía es la legumbre con mayor contenido en inhibidores de α -amilasa (Muzquiz et al., 2012). Tiene un carácter termoestable, y aunque los procesos culinarios reducen bastante su actividad, sigue existiendo una actividad residual en las semillas cocinadas, lo que como hemos comentado, retarda la velocidad de digestión y absorción de glucosa tras la ingesta de legumbres.

4.1.2 Lectinas (hemaglutininas)

Las lectinas, también conocidas como (fito)hemaglutininas, son glucoproteínas capaces de unirse reversiblemente a glucoproteínas de la superficie del tracto digestivo, interfiriendo en la absorción de nutrientes (Martín-Cabrejas, 2019; Muzquiz et al., 2012). Las lectinas son capaces de aglutinar o coagular los glóbulos rojos a través de la unión a sus restos glucídicos (Ros Berrueto & Periago Castón, 2017). También afectan a la digestibilidad proteica debido a la alteración en la actividad de algunas enzimas digestivas y porque la unión de lectinas a las células epiteliales de la pared intestinal causa una menor absorción de nutrientes. A pesar de estos efectos negativos en la salud, el consumo en pequeñas dosis de hemaglutininas tiene efectos beneficiosos para la salud con efectos antitumorales, prebióticos, reducción de la obesidad y de reducción de los niveles de glucosa al mimetizar la acción de la insulina (Muzquiz et al., 2012). Las lentejas (*Lens culinaris*) y alubias son las

legumbres con mayor contenido en lectinas. Son termolábiles, por lo que el efecto tóxico en humanos solo se referiría al consumo de alubias crudas o poco cocinadas.

4.1.3 Compuestos fenólicos: taninos

Las legumbres contienen una gran variedad de compuestos fenólicos, entre ellos se encuentran los taninos condensados. Estos son compuestos fenólicos hidrosolubles que tienen un sabor amargo y astringente característico. Los taninos son capaces de formar complejos con proteínas, disminuyendo su digestibilidad, y con elementos minerales divalentes (hierro, magnesio, zinc o calcio) disminuyendo su absorción y desaprovechando el buen perfil nutricional de las legumbres (Kumar et al., 2022). Es por ello por lo que durante mucho tiempo se les ha considerado FAN. Actualmente, se les reconoce además como componentes bioactivos, puesto que son capaces de unirse a carbohidratos y radicales libres. Estas propiedades antioxidantes, y la inhibición de la absorción intestinal de azúcares tienen efectos beneficiosos para la salud, pues son capaces de disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, diabetes o cáncer, entre otras (Martín-Cabrejas, 2019). La concentración de taninos es mayor en legumbres como las habas (*Vicia faba*) o los guisantes (*Pisum sativum*). Son termoestables, por tanto, no desaparecen con los tratamientos térmicos.

4.1.4 Saponinas

Las saponinas son moléculas con una fracción glucídica (en forma de mono u oligosacáridos) unidas a una aglicona lipídica (en forma de esteroide o triterpeno). Su estructura le confiere la capacidad de formar espuma y emulsiones. Tienen sabor amargo y toxicidad. Las saponinas interactúan con la membrana de las células de la mucosa intestinal, modificando su permeabilidad, ocasionando su irritación, y afectando al transporte de nutrientes y disminuyendo su absorción a través de la mucosa. Pero su consumo a baja concentración puede tener beneficios: su capacidad de interactuar con nutrientes como el colesterol impide su absorción, por tanto, reduce el riesgo de hipercolesterolemia y de enfermedades cardiovasculares. Las saponinas también tienen otros efectos beneficiosos para la salud como anticarcinogénico, antiinflamatorio, antimutagénico, hipoglucémico, neuroprotectivo e inmunomodulatorio (Campos-Vega et al., 2010; Kumar et al., 2022; Martín-Cabrejas, 2019; Singh et al., 2017). Las saponinas se encuentran muy extendidas entre las legumbres, ya que se reportan cantidades importantes en garbanzos, alubias, lentejas, guisantes y altramuces. Se trata de un FAN termoestable.

4.1.5 Ácido fítico

El ácido fítico y sus sales (fitatos) representan la mayor parte del fósforo en las legumbres. Aunque debido a la escasa presencia de fitasas en el sistema digestivo humano, este fósforo no es asimilable por el organismo. También está presente en cereales y algunos frutos secos, especialmente si se consumen crudos. El ácido fítico se considera FAN debido a su capacidad para unirse con algunos nutrientes y formar complejos, principalmente con minerales (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} , y Ca^{2+}), pero también con proteínas y enzimas digestivas (lipasa, α -amilasa, pepsina, tripsina, y quimotripsina), y con almidón. Por tanto, un consumo excesivo de ácido fítico puede causar una baja biodisponibilidad de minerales, una disminución de la solubilidad de las proteínas, y una disminución de la absorción de los nutrientes relacionados con las enzimas digestivas implicadas. La presencia de fitatos justifica que el calcio de los alimentos vegetales sea menos biodisponible que el de otras fuentes. Por otro

lado, no son desdeñables sus efectos beneficiosos para la salud. Por ejemplo, la capacidad de quelar algunos nutrientes impide la biodisponibilidad de metales pesados presentes en la dieta como el cadmio o plomo y, por tanto, su toxicidad (Muzquiz et al., 2012; Ros Berruezo & Periago Castón, 2017). También, dietas equilibradas y ricas en fibra con una elevada ingesta de ácido fítico, como la dieta mediterránea, están asociadas con una menor incidencia de algunos tipos de cáncer. El ácido fítico también tiene propiedades antioxidantes (por esta acción quelante de iones metálicos) y es capaz de retrasar la absorción de glucosa en la digestión (Kumar et al., 2022). La soja seguida por la lenteja y el garbanzo (*Cicer arietinum*), son las legumbres con un mayor contenido en ácido fítico. Se consideran termoestables, puesto que el tratamiento térmico reduce muy poco el contenido inicial de ácido fítico presente en legumbres.

4.1.6 Oligosacáridos

Los oligosacáridos (carbohidratos compuestos por entre tres y diez monosacáridos) son los principales responsables de la flatulencia que aparece tras la ingesta de legumbres junto al almidón resistente. Se trata de componentes insolubles de la fibra dietética. Estos oligosacáridos son de la familia de la rafinosa y derivados α -galactósidos de la sacarosa y son la rafinosa (trisacárido), la estaquiosa (tetrasacárido), la verbascosa (pentasacárido) y la ajugosa (hexasacárido). Los humanos no tienen la enzima α -galactosidasa en su mucosa intestinal que permite la hidrólisis de estos compuestos, por tanto, pasan al intestino grueso donde son fermentados por bacterias anaerobias de la microbiota colónica. Los oligosacáridos, al ser fermentados en el intestino grueso, pueden ser considerados como un factor antinutricional por la producción de flatulencia o bien como compuestos prebióticos y, por tanto, beneficioso para la salud humana (Vaz Patto et al., 2015). La metabolización de oligosacáridos en el colon libera compuestos como ácidos grasos de cadena corta, asociados a la disminución de los niveles de glucosa y colesterol en sangre, reducir la inflamación y regular el tránsito gastrointestinal y la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades como obesidad, cáncer o enfermedades cardiovasculares (Kadyan et al., 2022; Megur et al., 2022). Las legumbres garbanzo, lenteja, altramuz (*Lupinus albus*), judías, guisantes y habas contienen cantidades significativas de oligosacáridos (Muzquiz et al., 2012). Se consideran termoestables, aunque algunos tratamientos térmicos industriales (con mayor presión y temperatura) reducen el contenido de almidón resistente en comparación con las preparaciones domésticas tradicionales.

4.1.7 Glucósidos cianógenos

Los glucósidos cianógenos aparecen en semillas de diferentes plantas. Contienen una aglicona derivada de aminoácidos que se conoce como cianógena. La hidrólisis ácida o enzimática (causada por glucosidasas endógenas) de estos glucósidos da lugar a ácido cianhídrico o cianuro (HCN). Estos compuestos son un potencial inhibidor respiratorio y afecta a distintos sistemas enzimáticos y de absorción de nutrientes (como el yodo ocasionando problemas de tiroides) y aminoácidos esenciales (Jeyakumar & Lawrence, 2022). Algunos de los glucósidos cianógenos más comunes son la linamarina, presente en las judías de lima/garrofón (*Phaseolus lunatus*), y la vicina y convicina, presentes en las habas (Champ, 2002). La figura 2 muestra las reacciones de hidrólisis de la linamarina. Las semillas se trituran y humedecen para eliminar la toxicidad, luego se elimina por calentamiento, por tanto, se consideran FAN termolábiles.

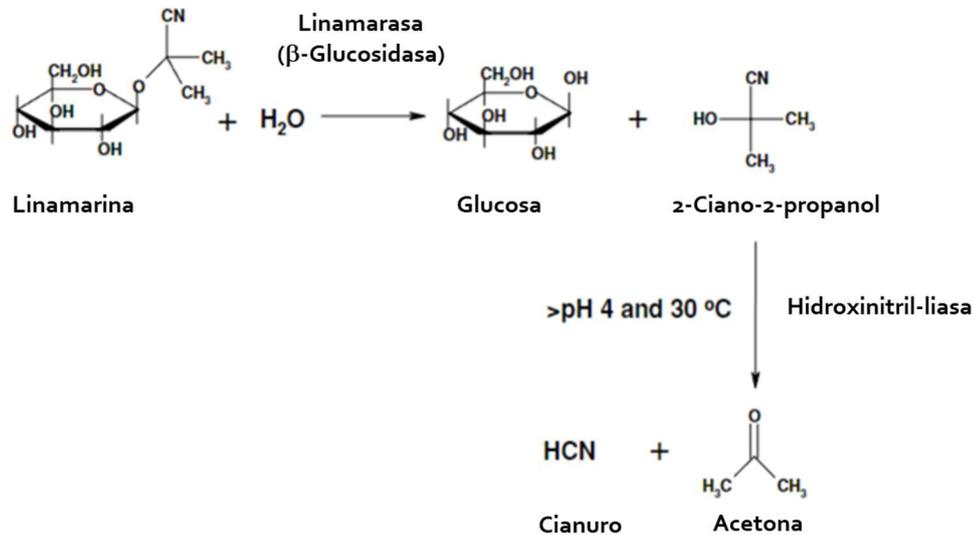


Figura 2. Reacciones enzimáticas de degradación de la linamarina

4.2 Tratamientos para reducir o eliminar los FAN

Llegados a este punto, podemos pensar que los FAN de las legumbres disminuyen su valor nutritivo. ¿Qué podemos hacer para mejorarlo? Vamos a comprobar como el procesado generalmente mejora su valor nutritivo, incrementando la digestibilidad *in vitro* de las proteínas y carbohidratos y, al mismo tiempo, reduciendo algunos compuestos antinutritivos. Existen diversos tratamientos para reducir o eliminar los FAN en legumbres; la selección del tratamiento adecuado implica conocer la estructura química de los FAN, su ubicación en las legumbres, sus efectos biológicos, su sensibilidad a tratamientos térmicos y su solubilidad en agua. Además, el tratamiento también irá en función de la legumbre que se quiera tratar. Los tratamientos de reducción o eliminación más comunes son el descascarillado, remojo, cocción, fermentación y germinación. Es importante tener en cuenta que, aunque las harinas de legumbres se obtienen tras alguno de estos procesos, no siempre se eliminan los FAN. Es por ello que el consumo elevado de productos elaborados con estas legumbres (galletas, snacks, pastas...) como opción en la preparación de alimentos sin gluten, puede ser un problema puesto que algunos FAN seguirán estando presentes y podrían ser problemáticos para nuestra salud.

4.2.1 Descascarillado

El descascarillado consiste en la eliminación de la cubierta o testa de la legumbre. Este proceso permite eliminar los FAN presentes en esta como taninos, saponinas y compuestos fenólicos totales. Por otro lado, aumenta la concentración de ácido fítico e inhibidores de tripsina, quimotripsina y α -amilasa, debido a su mayor concentración en los cotiledones de la legumbre. El descascarillado reduce el contenido en fibra y minerales de las legumbres pero mejora su palatabilidad y textura (Kumar et al., 2022). El descascarillado es siempre el paso previo a la obtención de harinas de legumbres.

4.2.2 Remojo

El remojo de legumbres en agua reduce el contenido en FAN gracias a la solubilización de estos en el agua de remojo o a la activación de enzimas que los degradan, además de reducir el tiempo de cocinado al facilitar la gelatinización del almidón y la desnaturalización de proteínas. El remojo permite la eliminación o reducción de FAN como ácido fítico por la activación de la fitasa, o como taninos, saponinas, glucósidos cianogénicos, inhibidores de enzimas y oligosacáridos por su lixiviación al agua de remojo. Si se realiza un descascarillado previo al remojo, se facilita la difusión de los FAN al agua de remojo (Abbas & Ahmad, 2021; Kumar et al., 2022). El remojo conlleva una reducción de otros nutrientes como proteínas y vitaminas hidrosolubles.

4.2.3 Tratamientos térmicos

Las legumbres se consumen tras la aplicación de un tratamiento térmico, como puede ser cocción a presión atmosférica, cocción a alta presión y temperatura, microondas, extrusión, autoclavado, asado, fritura, tostado... Hemos visto en cada caso si se trataba de FAN termolábiles o termorresistentes. Los taninos, fitatos y saponinas, y algunos factores de flatulencia se consideran termoestables. Los inhibidores de proteasas, las lectinas y los glucósidos cianógenos se consideran compuestos termolábiles, por lo que su reducción se basa en su desnaturalización. Aun así, los taninos forman complejos con proteínas durante su cocción, y los oligosacáridos sufren hidrólisis térmica y se transforman en di- y monosacáridos disminuyendo la capacidad de producir flatulencia. En todo caso, es importante que no todos los tratamientos térmicos son efectivos. Lo mejor a la hora de cocinarlos en el hogar es combinar el remojo (tiempos largos de remojo (20-24h)) con una larga cocción (olla normal o presión), para asegurarnos la eliminación de los FAN termolábiles.

4.2.4 Fermentación

La fermentación es un proceso que permite la reducción y eliminación de varios FAN presentes en legumbres, fundamentalmente aquellos que son termorresistentes. Durante la fermentación se producen reacciones enzimáticas y no enzimáticas que dan lugar a procesos de hidrólisis y solubilización de macromoléculas como proteínas y polisacáridos, como el almidón, mejorando su digestibilidad. Además, en función del microorganismo responsable de la fermentación, se verán afectados unos FAN u otros. Los oligosacáridos, por un lado, son utilizados por los microorganismos responsables de la fermentación para llevar a cabo su actividad, y, por otro lado, pueden ser hidrolizados por α -galactosidasa producida por estos microorganismos. El ácido fítico y compuestos fenólicos como los taninos son degradados por enzimas producidas durante la fermentación (Jeyakumar & Lawrence, 2022).

4.2.5 Germinación

El proceso de germinación de legumbres mejora la digestibilidad de proteínas y carbohidratos mediante su hidrólisis y activa el sistema enzimático de las legumbres. Este proceso sería responsable de la inactivación de compuestos de naturaleza proteica como inhibidores de enzimas y lectinas. La germinación disminuye el contenido en ácido fítico por la acción de la fitasa y, también, el contenido en compuestos fenólicos y saponinas (Abbas & Ahmad, 2021; Kumar et al., 2022).

5 Cierre

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto cuáles son los factores antinutricionales mayoritarios en las legumbres y cuáles son los tratamientos más usados para su reducción y/o eliminación. Además, se ha visto que la mayoría de factores antinutricionales no solo tienen efectos negativos sobre la salud, sino que también pueden contribuir positivamente a la salud al actuar como prebióticos, protectores del sistema circulatorio, reguladores de glucemia y colesterolemia, anticancerígenos, mejoradores de la respuesta inmune...entre otros. Por tanto, la cantidad ingerida de legumbres es la clave para un buen balance entre sus efectos positivos y negativos sobre la salud. Después de la lectura de este objeto de aprendizaje, no se pretende que elimines las legumbres de tu dieta, más bien al contrario, que sepas cómo prepararlas y comerlas para aprovechar al máximo sus numerosos beneficios para tu salud. Además, la inclusión de las legumbres en una dieta variada y equilibrada debería mitigar los efectos negativos de los factores antinutricionales descritos ¿te animas a consumir más legumbres?

6 Bibliografía

- Abbas, Y., & Ahmad, A. (2021). Impact of processing on nutritional and antinutritional factors of legumes: A review. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 20(3), 199–215. <https://doi.org/10.24275/rmiq/Alim2433>
- Avilés-Gaxiola, S., Chuck-Hernández, C., & Serna Saldívar, S. O. (2018). Inactivation Methods of Trypsin Inhibitor in Legumes: A Review. *Journal of Food Science*, 83(1), 17–29. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13985>
- Bazzano, L. A., Thompson, A. M., Tees, M. T., Nguyen, C. H., & Winham, D. M. (2011). Non-soy legume consumption lowers cholesterol levels: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 21(2), 94–103. <https://doi.org/10.1016/J.NUMECD.2009.08.012>
- Becerra-Tomás, N., Díaz-López, A., Rosique-Esteban, N., Ros, E., Buil-Cosiales, P., Corella, D., Estruch, R., Fitó, M., Serra-Majem, L., Arós, F., Lamuela-Raventós, R. M., Fiol, M., Santos-Lozano, J. M., Díez-Espino, J., Portoles, O., Salas-Salvadó, J., Serra-Mir, M., Pérez-Heras, A., Viñas, C., ... Timiraut-Fernández, J. (2018). Legume consumption is inversely associated with type 2 diabetes incidence in adults: A prospective assessment from the PREDIMED study. *Clinical Nutrition (Edinburgh, Scotland)*, 37(3), 906–913. <https://doi.org/10.1016/J.CLNU.2017.03.015>
- Bessada, S. M. F., Barreira, J. C. M., & Oliveira, M. B. P. P. (2019). Pulses and food security: Dietary protein, digestibility, bioactive and functional properties. *Trends in Food Science and Technology*, 93, 53–68. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2019.08.022>
- Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., & Oomah, B. D. (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International*, 43(2), 461–482. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2009.09.004>
- Champ, M. M.-J. (2002). Non-nutrient bioactive substances of pulses. *British Journal of Nutrition*, 88(S3), 307–319. <https://doi.org/10.1079/BJN2002721>
- Fundación Española de Nutrición. (2017). Informe sobre Legumbres, Nutrición y Salud. Publicado en *Fundación Española de Nutrición*. http://www.aecosan.mssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/noticias/2017/Informe_Legumbres_Nutricion_Salud.pdf
- Jeyakumar, E., & Lawrence, R. (2022). Microbial fermentation for reduction of antinutritional factors. In



- Current Developments in Biotechnology and Bioengineering* (pp. 239–260). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823506-5.00012-6>
- Kadyan, S., Sharma, A., Arjmandi, B. H., Singh, P., & Nagpal, R. (2022). Prebiotic Potential of Dietary Beans and Pulses and Their Resistant Starch for Aging-Associated Gut and Metabolic Health. *Nutrients*, 14(9), 14. <https://doi.org/10.3390/NU14091726>
- Kumar, Y., Basu, S., Goswami, D., Devi, M., Shivhare, U. S., & Vishwakarma, R. K. (2022). Anti-nutritional compounds in pulses: Implications and alleviation methods. *Legume Science*, 4(2), e111. <https://doi.org/10.1002/LEG3.111>
- Martín-Cabrejas, M. A. (2019). Legumes: An Overview. In M. Á. Martín-Cabrejas (Ed.), *Legumes: Nutritional Quality, Processing and Potential Health Benefits* (pp. 1–18). The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/9781788015721-00001>
- Megur, A., Daliri, E. B.-M., Baltriukienė, D., & Burokas, A. (2022). Prebiotics as a Tool for the Prevention and Treatment of Obesity and Diabetes: Classification and Ability to Modulate the Gut Microbiota. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(11), 6097. <https://doi.org/10.3390/ijms23116097>
- Muzquiz, M., Varela, A., Burbano, C., Cuadrado, C., Guillamón, E., & Pedrosa, M. M. (2012). Bioactive compounds in legumes: pronutritive and antinutritive actions. Implications for nutrition and health. *Phytochemistry Reviews*, 11(2–3), 227–244. <https://doi.org/10.1007/s11101-012-9233-9>
- Ros Berruezo, G., & Periago Castón, M. J. (2017). Calidad y composición nutritiva de hortalizas, verduras y legumbres. In *Tratado de Nutrición* (3ª, pp. 251–263). Ed. Médica Panamericana.
- Roy, F., Boye, J. I., & Simpson, B. K. (2010). Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International*, 43(2), 432–442. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2009.09.002>
- Singh, B., Singh, J. P., Singh, N., & Kaur, A. (2017). Saponins in pulses and their health promoting activities: A review. *Food Chemistry*, 233, 540–549. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.161>
- Vaz Patto, M. C., Amarowicz, R., Aryee, A. N. A., Boye, J. I., Chung, H. J., Martín-Cabrejas, M. A., & Domoney, C. (2015). Achievements and Challenges in Improving the Nutritional Quality of Food Legumes. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(November 2014), 105–143. <https://doi.org/10.1080/07352689.2014.897907>