



# Análisis de Digestibilidad

En Nuevas Fuentes Alternativas de Proteínas



**E**n el año 2019 salió a la luz el reporte “*Food in the Anthropocene*” de la comisión EAT-Lancet en dietas saludables y sostenibilidad de producción alimentaria, el cual afirma que para el año 2050 se deben hacer modificaciones efectivas a las dietas actuales, las cuales incluyen un alto consumo de alimentos ultraprocesados, de origen animal, etc. reemplazándolas por dietas más

saludables, ricas en productos de origen vegetal. Se cree que estos cambios beneficiarían sustancialmente la salud humana, reduciendo las muertes por Enfermedades Crónicas No Transmisibles hasta en un 23,6%, disminuyendo además la demanda de productos de origen animal (especialmente carnes rojas) y con ello, su impacto en el uso de tierra arable y los significativos elementos de degradación ambiental por efecto de la producción agroalimentaria. De este y otros estudios se desprende que, para satisfacer las necesidades nu-

tricionales de la población, y al mismo tiempo minimizar el impacto ambiental, el rendimiento en la producción de cereales, legumbres, frutas y verduras debiera aumentar en un 100% y el consumo de dietas de origen animal debiera disminuirse en un 50% de aquí al año 2050. La transición a dietas más saludables y sostenibles requiere de una mayor disponibilidad de proteínas de origen vegetal, de modo que reemplacen a fuentes animales, cuya producción es responsable de gran parte del uso de tierras agrícolas en conjunto con la ya mencionada contribución a la actual crisis climática. Actualmente, existen variadas fuentes de proteínas vegetales utilizadas como ingredientes en alimentos, entre ellos, la soya, el lupino, el garbanzo, la arveja, el salvado de algunos cereales, pseudocereales como la quinoa, algas y hongos (entre muchas otras fuentes), alimentos cuya demanda ha ido incrementándose exponencialmente, lo que ha generado gran interés en la comunidad de investigadores en ciencias de los alimentos quienes se encuentran explorando constantemente nuevas fuentes alimentarias de proteína no animal.

Las leguminosas han sido una de las fuentes de proteína de origen vegetal más utilizadas, ya que tienen un buen perfil aminoacídico (contienen todos los aminoácidos esenciales) y se encuentran en cantidades relativamente altas respecto de otros alimentos vegetales. Sin embargo, en estos alimentos se encuentran algunos compuestos que generan algunos efectos indeseados

como flatulencia (causada principalmente por azúcares llamados fructooligosacáridos, e.g., la rafinosa) y la consiguiente pérdida de preferencia de alimentos que contienen estos ingredientes. De forma muy importante, existen otros metabolitos vegetales que están presentes en las legumbres que impiden una correcta digestión de las proteínas, disminuyendo su calidad en términos nutricionales, haciendo que la solución al problema planteado anteriormente sea poco eficiente, ya que la proteína animal, aunque es menos sostenible en su producción y es frecuentemente acompañada por la presencia de grasas saturadas en la matriz alimentaria, sigue siendo una proteína de buena calidad, debido a que presenta mayores niveles de aminoácidos esenciales y su capacidad de ser digeridas correctamente en el tracto gastrointestinal es mucho mayor.

Esta capacidad de las proteínas de poder ser digeridas en el tracto gastrointestinal se conoce como “digestibilidad”. Como se mencionó anteriormente, la capacidad de las proteínas de ser hidrolizadas por las enzimas del tracto digestivo a péptidos pequeños o incluso aminoácidos es un importante componente de la calidad proteica, ya que indica cuán asimilable podrá ser la proteína ingerida. Este parámetro está influenciado por diversas variables inherentes ya sea a la secuencia aminoacídica de una proteína en particular (que determinaría su estructura y por ende el acceso de las proteasas), o bien de otros componentes presentes en la

matriz alimentaria que puedan estar influenciando la hidrólisis. En el caso de las fuentes vegetales de proteínas, y en específico de las legumbres, existen en la matriz alimentaria una serie de moléculas que son capaces de inhibir la función de las enzimas “proteolíticas”. En consecuencia, la presencia de estos factores antinutricionales en los alimentos vegetales disminuye la digestibilidad de las proteínas, y con ello su calidad nutricional.

Existen diversos métodos de estimación de la digestibilidad de las proteínas presentes en una matriz alimentaria. Por una parte, están los métodos *in-vivo* de estimación de digestibilidad de proteínas, en los cuales se utilizan modelos animales alimentados con una cierta fuente de proteínas, a los que se mide en las heces la cantidad de proteínas no digeridas; la diferencia entre las proteínas totales ingeridas y las no digeridas correspondería a las proteínas digeridas, con las que se calcula el porcentaje de digestibilidad. Si bien estos métodos son precisos y representan fielmente la fisiología de la digestión, tienen costos muy altos y frecuentemente están sujetos a un control bioético. Por otra parte, están los métodos *in-vitro* de simulación de la digestión gastrointestinal, en los cuales se recrean las condiciones de los compartimientos gastrointestinales, en términos de pH, composición de fluidos gástricos y por supuesto la presencia de enzimas clave en la digestión de los distintos nutrientes. Estos métodos pueden ser estáticos, donde el operario

cambia manualmente en un tubo de ensayo las condiciones de reacción desde la simulación de una fase digestiva a otra (fase oral, gástrica e intestinal). En las metodologías de digestión dinámica difieren de las anteriormente mencionadas en que el paso del alimento en digestión desde un compartimiento a otro está automatizado, así como las variaciones en pH y composición salina de los fluidos simulados, siendo además asistidos por sensores para una mayor precisión en el proceso. En estos últimos métodos también es posible considerar el efecto que tiene la fermentación colónica en los alimentos ya digeridos, incluyendo en el sistema un biorreactor en el que se inoculan los microorganismos del colon con una muestra controlada de heces.

En el INTA de la Universidad de Chile contamos con ambos tipos de capacidades de estimación de la digestibilidad de proteínas presentes en matrices alimentarias. Para el caso de la digestión dinámica, nuestro instituto cuenta con el dispositivo Twin-Shime (TWIN-Simulator of Human Intestine Microbial Ecosystem), traído mediante la iniciativa Fondecip EQM170092, en conjunto con la empresa belga Pro-Digest y liderada por el profesor Omar Porras. Este sistema está disponible para llevar a cabo proyectos de investigación, en los cuales se puede simular en paralelo la digestión de dos muestras; además cuenta con un sistema completamente automatizado de bombas que intercomunican los compartimientos de digestión, las que a su vez



El dispositivo Twin-Shime puede simular en paralelo la digestión de dos muestras y emular cada una de las fases del colon: ascendente, transversal y descendente.

son comandadas por distintos sensores de pH y temperatura. Cuenta también con tres compartimientos que emulan cada una de las fases del colon: ascendente, transversal y descendente.

Por otra parte, en el grupo Nutribreeding del Laboratorio de Biología Vegetal e Innovación en sistemas agroalimentarios (BVISA), en nuestro instituto, hemos implementado el protocolo INFOGEST® de digestión estática *in-vitro*, el cual ha sido usado para determinar la digestibilidad de proteínas en distintas matrices alimentarias de origen vegetal, comparando los perfiles de proteínas obtenidos antes y después de la digestión simulada. Este método fue generado en el año 2014 por una *COST-Action* del séptimo programa cuadro de la Unión Europea, en cumplimiento del objetivo de generar un protocolo “consenso” de digestión simulada, en una colaboración de más de una decena de laboratorios de Europa. Fue tal el éxito del proyecto que luego de finalizar el período de financiamiento, se estableció la iniciativa

INFOGEST como una instancia de colaboración en laboratorios de alimentos a nivel mundial. Esta iniciativa actualmente está en un proceso de certificación ISO del protocolo INFOGEST® en un ensayo en conjunto con más de 20 laboratorios a nivel mundial, que cuenta con la participación del INTA.

Además este procedimiento está disponible como servicio en el Laboratorio BVISA del INTA, a través de la Secretaría de Asistencia Técnica del Instituto, y en el que se han llevado a cabo diversas determinaciones de la digestibilidad de proteínas en una serie de distintas matrices alimentarias. Con la implementación de esta tecnología, nuestro objetivo es el de promover la investigación en nuevas fuentes de proteína vegetal, por medio de la asistencia a la industria alimentaria en la evaluación de la calidad de fuentes alternativas de proteína. 

**Igor Pacheco, PhD.**  
Profesor Asistente, INTA UChile.

**Ailynne Sepúlveda, MSc.**  
Estudiante PhD in Philosophy en TEAGASC,  
Irlanda.