

Comparación de tres métodos de cocción y su influencia en el índice de biodisponibilidad de la proteína de la carne de res

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Alimentación y Nutrición

**Mariana Cardona Álvarez
Andrés Felipe Muñoz Aguilar
Sara Bedoya Duque**

**Asesor
Julián Herrera Mejía
Nutricionista – Dietista
Msc. Ciencias Básicas Biomédicas con énfasis en bioquímica nutricional**

**Corporación Universitaria Lasallista.
Facultad de ingeniería
Especialización en Alimentación y Nutrición
Caldas-Antioquia
2019**

Tabla de contenido

Tabla de contenido	2
Introducción	7
Justificación.....	10
Objetivos	11
General.....	11
Específicos	11
Marco teórico	12
Métodos químicos:	16
Métodos Biológicos:.....	19
Métodos Microbiológicos:.....	20
Tratamientos Térmicos.....	21
Fritura	22
Asado	22
Hervido	23
Metodología.....	24
Documentación de resultados de la revisión.....	25
Mecanismos de digestión, absorción y transporte de proteínas y aminoácidos: Aproximación fisiológica del concepto de Biodisponibilidad	25
Fase Gástrica de la digestión de proteínas:	26
Fase Intestinal de la digestión de proteínas:.....	27
Absorción de aminoácidos libres, dipéptidos y tripéptidos:.....	29
Efectos de los métodos de cocción sobre índices de biodisponibilidad de la proteína de la carne de res: ¿Cuál es la evidencia?	32
Modelo de comparación entre métodos de cocción.....	44
Conclusiones y recomendaciones.....	49
Referencias	50

Lista de tablas

Tabla 1 Características de los métodos de cocción 43

Tabla 2 Comparación artículos de revista. 45

Lista de ilustraciones

Ilustración 1: Digestión y absorción gástrica	32
Ilustración 2 : Reacción de Maillard. Conjugación entre glucosa (1) y lisina (2) catalizada por energía térmica (calor). El producto final inabsorbible (Pirrolina), posee actividad inflamatoria y carcinogénica.....	38

Resumen

Las proteínas son biomoléculas de gran importancia en los sistemas vivos. Participan prácticamente en todos los procesos celulares, contribuyen con funciones tisulares altamente específicas y son esenciales para el adecuado desarrollo y función de los organismos vivos. La carne de res es una de las principales fuentes proteicas, por su alta biodisponibilidad, se entiende como biodisponibilidad a la cantidad de nutriente absorbido e incorporado en el tejido diana del organismo. El objetivo principal de este trabajo es comparar tres métodos de cocción y su influencia en el índice de biodisponibilidad de la proteína de la carne de res, por medio de una revisión bibliográfica.

De acuerdo con la evidencia, la biodisponibilidad es afectada por los tratamientos térmicos no controlados, pueden generar modificaciones químicas o alteraciones en la integridad molecular de algunos aminoácidos, afectando negativamente su digestibilidad. Al respecto, algunos autores manifiestan que los productos de transformación generados por sobre-calentamiento de la carne fallan en ser reconocidos por las enzimas digestivas gastrointestinales y los mecanismos que regulan el proceso de absorción de aminoácidos en el intestino delgado, limitando así su utilización biológica.

Hasta la fecha, la información que relaciona los métodos de cocción sobre la biodisponibilidad de proteínas y aminoácidos es limitada, por ende es necesaria la existencia de más bases científicas que describan los efectos de los métodos de cocción en la integridad de las proteínas.

Palabras clave: Protein metabolism, amino acid absorption, Meat protein bioavailability, cooking methods.

Introducción

Las proteínas son biomoléculas de gran importancia en los sistemas vivos. Participan prácticamente en todos los procesos celulares, contribuyen con funciones tisulares altamente específicas y son esenciales para el adecuado desarrollo y función de los organismos vivos. Se entiende como proteína a las cadenas polipeptídicas compuestas por al menos 100 aminoácidos. Los aminoácidos son moléculas de naturaleza orgánica, constituidas químicamente por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N) y en menor medida, fósforo (P), azufre (S) y selenio (Se); las cuales se conjugan entre sí para formar péptidos más largos y complejos (Institute of Medicine of the National Academies, 2002).

En las matrices alimentarias, las proteínas se encuentran ampliamente distribuidas. Algunos alimentos como la carne de res, la carne de cerdo, el pollo, el pescado, los huevos, la leche y sus derivados, las leguminosas, las semillas y frutos secos y algunos cereales seleccionados son considerados fuentes importantes de proteínas (Tompa, 2012). Sin embargo, la calidad biológica de las proteínas provenientes de todas estas matrices varía en función de la composición, proporción y cantidad de aminoácidos totales y esenciales. En general, las proteínas provenientes desde fuentes animales poseen mejor calidad biológica en comparación con las fuentes vegetales, debido a que estas últimas presentan con frecuencia cantidades insuficientes de algunos aminoácidos esenciales (Aminoácidos limitantes) (Meneses, Foulquie, Valero, de Victoria, & Hernandez, 2008).

Tras la ingesta de los alimentos, el tracto gastrointestinal regula todas las señales requeridas para desnaturalizar las proteínas e hidrolizarlas hasta las formas reconocibles por la barrera intestinal (Aminoácidos libres, dipéptidos y tripéptidos); cuyos procesos se desarrollan entre la cavidad oral, el estómago y el intestino delgado, mediante procesos mecánicos, químicos y enzimáticos (Heda & Tombazzi, 2018). Al interior de las células absortivas intestinales (Enterocitos), gracias a la actividad de peptidasas citosólicas, se obtienen aminoácidos libres a partir de dipéptidos y tripéptidos, los cuales son transportados hasta el hígado por medio de la circulación portal. Allí, son utilizados para la biosíntesis endógena de proteínas y la suplencia tisular de aminoácidos no esenciales y principalmente esenciales (Valina, Leucina, Metionina, Isoleucina, Fenilalanina, Lisina, Treonina, Histidina, Arginina y Triptófano) los cuales coordinan procesos bioquímicos altamente complejos en diferentes órganos y tejidos corporales (Bhutia & Ganapathy, 2018). (Lopez, M., Suarez, A.Kizlansky, & López, 2006)

La carne de res es actualmente reconocida por ser una de las matrices alimentarias con mayor aporte de proteínas (15 – 20%) (Suplemento III, 2010). La presencia relativamente alta de todos aminoácidos esenciales es sin lugar a dudas uno de los principales atributos de calidad nutricional de este alimento. De acuerdo con la evidencia científica, las proteínas de la carne poseen una digestibilidad del 98% y una biodisponibilidad del 80% aproximadamente (O.Martínez & E. Martínez, 2006). Sin embargo, las condiciones de temperaturas, almacenamiento, manipulación y cocción aplicados a las carnes podrían afectar negativamente dichas propiedades. En relación con los métodos de cocción, se ha considerado que una exposición de la carne a

temperaturas elevadas durante tiempos prolongados puede ocasionar la destrucción de algunos aminoácidos y vitaminas (especialmente del grupo B), lo cual afecta negativamente la biodisponibilidad de sus proteínas y calidad nutricional en otros aspectos (Gaspar Valero, de la Calle, Ruiz Moreno, Ávila Torres, & Varela Moreiras, 2012).

Dada la variedad de métodos de cocción disponibles para la preparación de la carne de res, se hace necesario comprender y comparar los efectos de algunos de dichos métodos, sobre algunos parámetros de calidad y la biodisponibilidad de las proteínas, de acuerdo con resultados obtenidos de investigaciones emergentes alrededor de este tema. (Van der Wielen, 2017).

Por medio de la búsqueda bibliográfica realizada para este trabajo de grado por medio de herramientas en la web y libros físicos mencionados en la metodología, enfocados a la profundización del conocimiento en biodisponibilidad de la proteína de la carne de res y los tres métodos de cocción: hervido, asado y fritura y todo lo que estos conllevan, es posible encontrar falta de evidencia científica que relacione y compare los métodos de cocción y su efecto en la biodisponibilidad de las proteínas.

Justificación

Los seres humanos regularmente someten la carne a métodos de cocción con temperaturas muy altas y durante largos periodos de tiempo previo a su consumo, lo cual provoca cambios fisicoquímicos, estructurales y funcionales de las proteínas. Aunque es ampliamente reconocido que los métodos de cocción aumentan el grado de digestibilidad de las proteínas y otros péptidos de los alimentos, la sobre exposición de las carnes al calor excesivo es posiblemente uno de los factores que afecta la biodisponibilidad de este nutriente esencial para el mantenimiento de la vida.

En esta monografía, el concepto de “biodisponibilidad” se explica mediante las bases fisiológicas del tracto gastrointestinal y los mecanismos que regulan los procesos de transformación bioquímica de las proteínas provenientes de las matrices alimentarias, de acuerdo con los avances en la ciencia de la nutrición. Este trabajo tiene como objetivo, realizar una comparación entre los efectos de tres métodos de cocción de la carne, sobre el índice de biodisponibilidad de la proteína de la carne de res, por medio de una revisión bibliográfica, enfocada en los métodos de cocción más usados en la concina colombiana: Hervido, asado y fritura. Además, explorar dichos efectos en el contexto de las variables: Tiempo y temperatura.

Objetivos

General

Comparar tres métodos de cocción y su influencia en el índice de biodisponibilidad de la proteína en la carne de res.

Específicos

Profundizar en los principales mecanismos fisiológicos y celulares que explican la biodisponibilidad de las proteínas en el modelo humano.

Describir los efectos de los métodos de cocción: hervido, asado y fritura, sobre el índice de biodisponibilidad de la proteína de la carne de res.

Describir los efectos de la temperatura y el tiempo de cocción, sobre la biodisponibilidad de la proteína de la carne de res, según los métodos de cocción seleccionados.

Marco teórico

Las proteínas son biomoléculas de gran importancia en los sistemas vivos. Participan prácticamente en todos los procesos celulares, contribuyen con funciones tisulares altamente específicas y son esenciales para el adecuado desarrollo y función de los organismos vivos. Gracias a su plasticidad, proporcionan arquitectura celular y brindan soporte estructural a los tejidos animales y vegetales. En el ser humano, las proteínas se encuentran distribuidas en todos los órganos, principalmente en el tejido osteomuscular, la piel, la sangre y los fluidos digestivos (Gaspar Valero et al., 2012).

Las proteínas están compuestas por unidades estructurales llamadas aminoácidos; moléculas de naturaleza orgánica, constituidas químicamente por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N) y en menor medida, fósforo (P), azufre (S) y selenio (Se). Cada aminoácido, está formado por al menos un grupo amino (NH_3), un grupo carboxilo (COOH), un hidrógeno (H) y una cadena lateral o radical (R); los cuales están unidos covalentemente a un carbono quiral, capaz de girar en su propio eje. A la fecha, se han identificado más de 500 aminoácidos disponibles en la naturaleza, no obstante, sólo 23 de ellos son codificados por el genoma y pueden ser utilizados para la síntesis de péptidos y proteínas. La conjugación entre el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino del siguiente, se produce enzimáticamente mediante una reacción en la cual se libera una molécula de agua (H_2O); dando origen a un enlace químico estable y covalente, conocido como el enlace peptídico, el cual permite la formación de dipéptidos, (unión de dos aminoácidos), tripéptidos (unión de tres

aminoácidos), oligopéptidos (Uniones entre 4 - 10 aminoácidos), polipéptidos (Uniones entre 11 – 99 aminoácidos) y proteínas (uniones de 100 o más aminoácidos).

En las cadenas polipeptídicas, el orden de los aminoácidos determina la estructura organizacional más simple; conocida comúnmente como la estructura primaria. En este estado de conformación, los aminoácidos se encuentran unidos linealmente mediante enlaces peptídicos, pero no tienen de otras relaciones químicas comunes. Las proteínas que se encuentran en este nivel estructural, carecen de propiedades biológicas, bioquímicas y funcionales (Institute of Medicine of the National Academies, 2002). Las proteínas nacientes en el retículo endoplasmático, adoptan espontáneamente estructuras mediadas por débiles fuerzas electrostáticas que ocurren entre el hidrógeno unido covalentemente a un átomo electronegativo y otro átomo electronegativo (Puente de hidrógeno), formando así las hélices tipo alfa (α) y hojas plegadas tipo beta (β), que proporcionan el segundo nivel organizacional de los polipéptidos: la estructura secundaria (Tompa, 2012). La estructura terciaria, se origina como producto de la mediación de chaperonas intrareticulares, conocidas comúnmente como proteínas de choque térmico (HSP, por sus siglas en inglés), las cuales producen plegamientos de las cadenas de aminoácidos para la formación de estructuras globulares y otras conformaciones tridimensionalmente complejas en los péptidos de mayor tamaño. La interacción de dos o más polipéptidos en su estructura terciaria, mediante una amplia variedad de uniones químicas, proporciona la conformación estructural más compleja de las proteínas hasta la fecha descrita: La estructura cuaternaria. En contextos biológicos, celulares y fisiológicos, la mayoría de las proteínas con funciones especializadas, se

encuentran con este nivel de conformación estructural (Tompa, 2012). Con frecuencia, las interacciones entre aminoácidos proporcionan atributos importantes en las proteínas, incluyendo estabilidad, fuerza y rigidez. Interesantemente, cada una de las proteínas producidas por organismos vivos, posee un orden específico de aminoácidos y, por tanto, propiedades funcionales diferentes. La actividad, la especificidad y la función especializada de cada proteína del cuerpo humano, se encuentra inscrita en el código de su propio gen (Bhutia & Ganapathy, 2018).

Las proteínas son moléculas ampliamente versátiles y cumplen numerosas funciones en los organismos vivos. Estas funciones varían desde el transporte de iones y moléculas en diferentes compartimentos celulares, tisulares y espacios extracelulares; hasta la regulación de procesos de alto grado de complejidad, como la señalización celular y la expresión génica. Algunos polipéptidos son precursores de un alto número de hormonas, las cuales regulan procesos bioquímicos, genéticos y metabólicos en sus órganos o tejidos blanco. Todas las enzimas son moléculas de naturaleza proteica, que difieren de otras proteínas debido a la presencia de dominios catalíticos, capaces de regular las condiciones necesarias para obtener productos a partir de sustratos, lo cual sustenta todas las reacciones del metabolismo. Las inmunoproteínas en cambio, son responsables de dirigir los procesos relacionados con la inmunidad celular a fin de responder a los agentes patógenos y proveer defensa al hospedero. Las proteínas de la dieta son consideradas fuente primaria de aminoácidos esenciales para todos los tejidos corporales, por lo que se les considera indispensables para el mantenimiento de la vida (Gropper & Smith, 2013).

Los requerimientos de ingesta de proteína son diferentes para cada rango de edad, estado fisiológico y condición clínica; y se han establecido en función del balance de nitrógeno y el suministro óptimo de los 8 aminoácidos esenciales. Para su estimación, se tienen en cuenta variables como el peso corporal, la tasa metabólica, el estado fisiológico, los niveles de actividad física y el estado de salud. Con base en las referencias de ingesta de energía y nutrientes del Instituto de Medicina de los Estados Unidos, el requerimiento de proteínas en un adulto de sano oscila entre 0,8 y 1,0 g por cada kilogramo (Kg) de peso al día (Institute of Medicine of the National Academies, 2002) y refleja el aporte apropiado de nitrógeno para la formación de aminoácidos, proteínas y otros compuestos nitrogenados no proteicos (Gropper & Smith, 2013).

En farmacología, el término “biodisponibilidad” atribuye a la fracción o proporción de una droga (o sustancia), que, tras ser reconocida por las células epiteliales del intestino delgado, es transferida a circulación en la dosis adecuada para producir un efecto terapéutico potencial (Lujan, 2015). En cuanto a los nutrientes, la biodisponibilidad se determina mediante su incorporación y utilización en los tejidos diana. Por este motivo, la biodisponibilidad de los nutrientes se evalúa mediante la cuantificación de biomarcadores –BM- en muestras de sangre, de orina o materia fecal en la mayoría de los casos.

Generalmente, los 3 componentes que más afectan la biodisponibilidad de los nutrientes son: (i) La digestibilidad, (ii) La integridad química o molecular y (III) Las relaciones intraluminales. De estos; el aspecto más importante en la biodisponibilidad de aminoácidos y proteínas es la digestibilidad; es decir, la capacidad digestiva para dejar

a la proteína en formas reconocibles por el enterocito (Lopez, M., Suarez et al., 2006). Sin embargo, de acuerdo con evidencia los tratamientos térmicos no controlados aplicados a alimentos fuentes de proteína, pueden generar modificaciones químicas o alteraciones en la integridad molecular de algunos los aminoácidos, afectando negativamente su utilización y biodisponibilidad.

Debido al número y la variedad de aminoácidos presentes en las proteínas de las diferentes matrices alimentarias (Incluyendo las carnes), se hace extensamente complejo evaluar a través de biomarcadores, la utilización biológica de cada uno de ellos en los tejidos corporales. Sin embargo, existen varios métodos para determinar la calidad de la proteína, los cuales se clasifican en 3 grupos: Químicos, biológicos y microbiológicos. Según La Consulta de Expertos de la FAO, éstos métodos, deben de incluir todos los parámetros básicos de calidad de las proteínas, incluyendo: cantidades absolutas y relativas de los aminoácidos indispensables de la dieta (IAA), la digestibilidad de la proteína y la biodisponibilidad de los aminoácidos.(F A O & FINUT, 2017). A continuación, se describen brevemente los métodos de evaluación de proteínas más significativos y utilizados hasta la fecha.

Métodos químicos:

En las matrices alimentarias, los métodos químicos han sido de gran utilidad para evaluar la concentración de aminoácidos esenciales, no esenciales y así, predecir la calidad de sus proteínas constitutivas. De ellos, el más utilizado es el computo químico

o score de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica (PDCAAS por sus siglas en inglés). A este método también se le conoce comúnmente como el cómputo aminoacídico y permite relacionar, para cada rango de edad, los aminoácidos limitantes que se encuentran en un alimento o en una mezcla de alimentos, respecto a los mismos aminoácidos en una proteína de referencia (Generalmente leche o huevo). El cómputo aminoacídico se expresa en valores relativos y se interpreta en términos de proporción o porcentaje (Gropper & Smith, 2013). En la actualidad, es considerado uno de los mejores métodos de evaluación de los parámetros de la calidad de las proteínas y ha sido ampliamente utilizado por industrias farmacéuticas y alimentarias en la elaboración de etiquetas nutricionales y declaraciones saludables para productos alimenticios dirigidos a la población mayor de 1 año. Sin embargo, la variabilidad en la composición aminoacídica de las proteínas entre los alimentos de referencia, ha sido considerada por varios críticos, una de las grandes limitaciones técnicas (Lopez, M., Suarez et al., 2006).

Otro método químico de cuantificación de aminoácidos provenientes de proteínas previamente hidrolizadas es el aminograma. En esta técnica, los aminoácidos en solución acuosa son separados selectivamente por un cromatógrafo de líquidos de alta resolución y posteriormente cuantificados mediante un software o procesador. Los resultados del aminograma se expresan en gramos de aminoácidos por 100 g de proteína y en general brindan información relevante sobre la calidad de las proteínas de las matrices alimentarias. Pese a que la cromatografía de líquidos es una técnica de alta sensibilidad y especificidad para la identificación de la mayoría de los aminoácidos, debido a la hidrólisis de la asparagina en aspartato y la glutamina en glutamato, algunos

de estos no son distinguibles por el detector del equipo; y aunque existen técnicas accesorias para determinar estos aminoácidos de forma intacta, los procesos experimentales para su cuantificación son complejos, largos y costosos (Soriano del Castillo, 2011).

Para la evaluación alimentos sometidos a tratamientos térmicos, algunos investigadores han empleado el índice de disponibilidad de lisina como un marcador de calidad de la proteína. La lisina es un aminoácido poco disponible en una amplia variedad de alimentos de origen vegetal. Por ser un aminoácido termolábil, los métodos de cocción inapropiados pueden generar pérdidas significativas de su biodisponibilidad por reacciones de degradación o modificación intra o intermolecular. El contenido de lisina disminuye por efecto del calor, debido a una reacción que ocurre entre el grupo amino de lisina y el grupo amino de asparagina y glutamina, ocasionando un enlace cruzado que disminuye el valor nutricional por bloqueo enzimático. También se pueden presentar entrecruzamientos entre cadenas de polipéptidos por acilación de grupos amino libres, lo que da como resultado una disminución de lisina disponible. En relación con los azúcares reductores, la reactividad de la lisina participa en la reacción de Maillard, un pardeamiento enzimático en el que se inhibe la disponibilidad de lisina como aminoácido. En términos biológicos, la Lisina se considera nutricionalmente disponible sólo cuando tiene libre su grupo amino. Éste aminoácido se cuantifica mediante cromatografía líquida de alta resolución (Soriano del Castillo, 2011).

Métodos Biológicos:

Los métodos biológicos utilizados para evaluar la biodisponibilidad de los alimentos están basados principalmente en la ingesta, retención y utilización del nitrógeno. Las relaciones de utilización del nitrógeno se establecen mediante la ingesta de nitrógeno proveniente de las proteínas de la dieta y la excreción de nitrógeno a través de la orina, las heces y el sudor. El método biológico más utilizado para evaluar la biodisponibilidad de las proteínas es el balance de nitrógeno o balance nitrogenado (BN), el cual establece una relación entre la cantidad de nitrógeno ingerido en (forma de proteínas) y la cantidad de nitrógeno excretado en la orina en forma de urea, y otras vías como las heces, la descamación de epitelios y la sudoración (Gropper & Smith, 2013)

El nitrógeno de la dieta se calcula dividiendo el total (g) de proteína ingerida en 24 horas y el factor numérico 6,25; debido a que 6,25 g de proteína, contienen 1g de nitrógeno. El nitrógeno excretado por heces, descamación y sudor es relativamente bajo y representa aproximadamente entre 4 – 5 g/día en un adulto sano; de modo que la vía primaria de excreción del nitrógeno ocurre a través de la orina, donde cerca del 95% del nitrógeno obtenido de la degradación de los aminoácidos se encuentra en forma de urea (Nitrógeno Ureico Urinario - NUU). Para calcular la cantidad de Nitrógeno (g) presente en la urea, basta con multiplicar el resultado de NUU por el factor 0,467. Así, la diferencia entre el nitrógeno ingerido y nitrógeno excretado ($N_i - N_e$) establecerá si el balance nitrogenado es negativo, neutro o positivo. Pese a las variabilidades interindividuales en la utilización del nitrógeno y el flujo endógeno de nitrógeno disponibles en los fluidos

liberados al tracto digestivo, El BN, ha sido frecuentemente utilizada para evaluar la biodisponibilidad de la proteína en humanos y animales, y estimar los requerimientos de este nutriente en sujetos sanos o enfermos (Institute of Medicine of the National Academies, 2002).

Métodos Microbiológicos:

Los métodos microbiológicos para evaluar parámetros de calidad y funcionalidad de las proteínas, se basan esencialmente en la utilización de microorganismos con requerimientos conocidos de aminoácidos específicos, observando el crecimiento u otro parámetro relacionado con la utilización del mismo en ese sistema biológico (O.Martínez & E. Martínez, 2006). Los costos asociados y las limitaciones metodológicas para identificar un amplio rango de aminoácidos y funciones, hace que estos métodos sean de mejor aplicación en el campo investigativo-experimental.

Interesantemente, las ciencias de la nutrición y de los alimentos, han presentado nuevos avances en el estudio de los efectos de los tratamientos térmicos sobre la composición química, reacciones moleculares y estados de oxidación de los aminoácidos, lo cual ha brindado alternativas experimentales modernas y sofisticadas para evaluar la biodisponibilidad de las proteínas en diferentes matrices alimentarias. Sin embargo, la evidencia científica es limitada e inconclusa. Tomando como referencia los textos de revisión y artículos originales publicados alrededor de este tema, se pretende desarrollar un marco textual que permita describir y comparar los efectos de tres métodos

de cocción comunes en la gastronomía occidental (Hervido, asado y fritura) sobre parámetros de biodisponibilidad de las proteínas de la carne de res, teniendo en cuenta variables explicativas como el tiempo y la temperatura de cocción. Esta revisión aporta al área de la innovación de los alimentos y la nutrición, conocimientos emergentes sobre los efectos de las técnicas de cocción sobre la calidad de las proteínas; con miras a mejorar a nivel familiar, institucional e industrial los tratamientos térmicos empleados en la producción de productos cárnicos y derivados.

Tratamientos Térmicos

El calor tiene importantes influencias en el procesamiento de alimentos en varios aspectos de forma positiva o negativa. Ayuda a extender la vida útil al destruir la actividad enzimática y microbiológica, y cambia las cualidades nutricionales, en la mayoría con pérdida importante de nutrientes en el alimento. (Fellows, 2000)

El calor altera o destruye los componentes de los alimentos que son responsables de su sabor, color o textura individual y, como resultado al cambio en la estructura básica del alimento su presentación y palatabilidad mejora, pero su calidad en el marco del aporte nutricional es altamente probable que disminuya (Fellows, 2000). En Colombia los tratamientos térmicos más implementados son la fritura, asado y hervido, los cuales se mencionan a continuación.

Fritura

Consiste en la inmersión de un alimento en aceite caliente, cuando esto sucede la temperatura de la superficie aumenta rápidamente, el agua se vaporiza y la superficie comienza a secarse. El plano de evaporación es movilizado dentro del alimento, y se forma una corteza. La temperatura de la superficie de los alimentos aumenta posteriormente a la del aceite, y la temperatura interna aumenta más lentamente a 100°C. Durante la fritura, el agua y el vapor de agua se eliminan primero de los capilares más grandes y se reemplazan con aceite caliente. Las operaciones de fritura destinadas a secar los alimentos y prolongar la vida útil causan pérdidas sustancialmente mayores de nutrientes, especialmente vitaminas liposolubles (Fellows, 2000).

Asado

También asociado a cocción por calor seco, este método permite crear una costra en la superficie de la carne que además de agregar un valor superior desde el punto de vista gastronómico retiene los jugos dentro de su estructura lo que permite retener los nutrientes por más tiempo. Este método somete la carne a temperaturas entre 220-225°C sobre una parrilla, durante la cocción se gira constantemente la carne en la superficie de la parrilla para que se selle por cada uno de sus puntos de contacto, luego se baja la temperatura (150-220°C) (Crespo Fernandez & Gonzales Gonzales, 2016).

Los principales cambios en los alimentos asados son la textura y la pérdida de sabor o aroma, pero los cambios en el color y el valor nutricional también son significativos en algunos alimentos.

Hervido

Método de cocción en donde el alimento se mantiene en agua caliente a 80–100°C durante un tiempo específico. El calor recibido por un alimento durante el hervido provoca inevitablemente algunos cambios en la sensibilidad sensorial y calidad nutricional. Algunos minerales, vitaminas solubles en agua y otros componentes se pierden durante el hervido. Las pérdidas de vitaminas se deben principalmente a la lixiviación y la destrucción térmica (Fellows, 2000).

Metodología

La presente monografía fue realizada por tres estudiantes del programa de Especialización en Alimentación y Nutrición de la Corporación Universitaria Lasallista. En este trabajo se precisan algunas generalidades de las proteínas y su metabolismo, marcadores que permiten el estudio de la biodisponibilidad y los efectos de tres métodos de cocción sobre la calidad y función biológica de la proteína de la carne de res.

La búsqueda bibliográfica se realizó en las bases de datos; PubMed, Sciencedirect, Elsevier y Scielo, utilizando los términos: “Protein metabolism”; “Protein digestion”; “amino acid absorption “; “intestinal peptide transporter”, “amino acid absorption “, “Meat proteín bioavailability”; “cooking methods effects on protein bioavailability”; “Effect of boiling, roasting and frying on protein bioavailability”. Se seleccionaron artículos originales o textos de revisión publicados en revistas científicas debidamente indexadas publicados a partir del año 2000. Sin embargo, debido falta de evidencia científica que relaciona los métodos de cocción, la temperatura y la biodisponibilidad de las proteínas, también se tuvieron en cuenta artículos científicos de mayor antigüedad. Se utilizaron libros de técnicas culinarias con el fin de describir las características de los métodos de cocción seleccionados.

Documentación de resultados de la revisión

Mecanismos de digestión, absorción y transporte de proteínas y aminoácidos:

Aproximación fisiológica del concepto de Biodisponibilidad

Para que los nutrientes contenidos en los alimentos sean reconocidos y utilizados por el organismo, deben ser liberados desde las matrices y simplificados a moléculas y elementos químicos ionizados de tamaños microscópicos. El tracto gastrointestinal – TGI-, o sistema digestivo, está constituido por un conjunto de órganos y tejidos especializados que se extienden longitudinalmente desde la boca hasta el ano, en dirección cefalocaudal. Gracias a numerosas señales (Hormonales, químicas, bioquímicas, celulares, motoras, enzimáticas y genéticas), este sistema regula con gran precisión los procesos necesarios para la liberación de los nutrientes desde los alimentos y su posterior transferencia hacia el sistema circulatorio. Las propiedades funcionales de TGI convierten a este tejido, en un puente de comunicación ampliamente dinámico entre el medio ambiente y el organismo, donde la información es transmitida por los compuestos químicos (Nutritivos y no nutritivos) presentes en la dieta.

Las proteínas provenientes de los alimentos deben ser sometidas a dos grandes procesos, antes de ser llevados hacia la circulación portal: Desnaturalización e Hidrólisis; cuyos mecanismos tienen lugar en diferentes compartimentos del TGI, principalmente en el lumen gástrico (A la altura del estómago) y el lumen intestinal (A lo largo de todo intestino delgado).

Fase Gástrica de la digestión de proteínas:

Tras la llegada de los alimentos al reservorio gástrico, cambios de presión y otras señales enviadas previamente, activan las funciones de las células parietales, las cuales producirán enzimáticamente sustratos que llegarán al lumen gástrico para modificar las condiciones de acidez en los jugos gástricos. La enzima que regula este proceso, se llama: Anhidrasa carbónica; la cuál, en presencia de una molécula de agua (H_2O) y dióxido de carbono (CO_2), cataliza una reacción en la cual se produce bicarbonato (HCO_3) y protones en forma de Hidrogeniones (H^+). Mientras los H^+ son expulsados al lumen gástrico a través de las bombas de protones localizadas en la membrana apical de las células parietales, el HCO_3 es transferido a la sangre, vía membrana basolateral. Paralelamente, iones de cloro (Cl^-) solubles en citoplasma de estas células, son liberados por medio de canales hacia el lumen gástrico, donde se unen espontáneamente con los H^+ por efecto de atracción de cargas, dando pasó a la formación del ácido clorhídrico (HCl) en el ambiente acuoso del estómago. En efecto, se reduce drásticamente el pH del lumen gástrico (entre 2-3), lo cual tiene efectos esenciales sobre la digestión química de las proteínas, debido a que favorece la desnaturalización casi completa de la mayor parte de estas macromoléculas (Gropper & Smith, 2013).

La desnaturalización de las proteínas es un fenómeno biológico dependiente de pH ácido que consiste en reducir el nivel estructural (y, por lo tanto, funcional) de las proteínas de las matrices alimentarias; llevándolas desde el nivel cuaternario hasta el

nivel primario. Esto se produce debido a la ruptura numerosos enlaces electrostáticos de hidrogeno presente en las estructuras secundarias de las proteínas. Tras la pérdida de fuerzas químico-estructurales mediadas por los puentes de hidrógeno, las proteínas y otros péptidos adoptan cadenas lineales más simples y accesibles para las enzimas digestivas (Gropper & Smith, 2013). En el compartimento gástrico, la enzima proteolítica por excelencia es la pepsina; una enzima liberada hacia el lumen gástrico en su forma zimogénica o inactiva (Pepsinógeno), por las células principales, presentes en el del epitelio de la mucosa. En presencia de pH ácido, el pepsinógeno es clivado por una secuencia de aminoácidos generando cambios conformacionales que descubren y activan su dominio catalítico. Esta versión catalíticamente activa de la proteína (Pepsina) tiene la capacidad de romper el enlace peptídico, mediante la incorporación de moléculas de agua en un proceso conocido como Hidrólisis. La hidrólisis mediada por pepsina es inespecífica dado que ocurre entre una alta variedad de aminoácidos; sin embargo, parece tener mejor reconocimiento de la metionina, la lisina y los aminoácidos aromáticos ubicados al interior de la cadena (Bhutia & Ganapathy, 2018). Como productos finales de la fase gástrica de la digestión, se generan principalmente polipéptidos, oligopéptidos y en menor medida tripéptidos, dipéptidos y aminoácidos libres (Gropper & Smith, 2013).

Fase Intestinal de la digestión de proteínas:

Tras el paso del quimo alimenticio del estómago al intestino delgado, las células enteroendocrinas y enterocromafines presentes en el epitelio de mucosa gástrica e

intestinal, liberan a la sangre secretina y colecistoquinina (CKK), estrechamente implicadas en la regulación de la secreción exocrina de los fluidos digestivos. En el páncreas, la CKK induce la secreción de fluido pancreático que contiene bicarbonato, agua, electrolitos y zimógenos, hacia el intestino delgado. También promueve la liberación de bilis por medio de la contracción de la vesicular biliar (Bhutia & Ganapathy, 2018). Ambos fluidos desembocan en el lumen intestinal a la altura del duodeno, a través de una estructura anatómica conocida como la ampolla de Vater o papila hepatoduodenal, la cual se encuentra cubierta y funcionalmente regulada por el esfínter de Oddi.

En el duodeno, el quimo alimenticio es mezclado con los fluidos intestinales propios, los jugos pancreáticos y la bilis, los cuales proveen un ambiente intestinal apropiado para coordinar el proceso de digestión intestinal (Segura Campos, Chel Guerrero, & Betancur Ancona, 2010). Las enzimas proteolíticas en estado zimogénico provenientes del páncreas (por ejemplo, tripsinógeno, quimiotripsinógeno, procarboxipeptidasas A/B, colagenasa, proelastasa), deben ser activadas por medio de una cascada de reacciones iniciada por la enzima enteroquinasa, una enzima segregada hacia el lumen gástrico por los enterocitos en las criptas de Lieberkühn del intestino delgado (Gropper & Smith, 2013). Tras su activación, los polipéptidos generados en la fase gástrica de la digestión, son hidrolizados casi totalmente hasta generar tripéptidos, dipéptidos y en menor medida aminoácidos libres (Bhutia & Ganapathy, 2018).

Absorción de aminoácidos libres, dipéptidos y tripéptidos:

El término “absorción de nutrientes”, obedece al paso de los nutrientes desde el lumen del intestino hacia el torrente sanguíneo; y comprende esencialmente tres pasos: (i) Captación, (ii) transporte citosólico y (iii) eflujo o transporte basolateral. En los individuos, la absorción de nutrientes se encuentra estrechamente relacionada con el estado de salud, el estado fisiológico y el estado nutricional. A nivel fisiológico, numerosas señales provenientes del TGI, el sistema nervioso y el sistema inmune, estimulan las células absortivas de la mucosa intestinal, llamadas: Enterocitos. Estas células especializadas representan la principal masa celular del epitelio de la mucosa del intestino delgado. Las propiedades diferenciales de sus membranas les permiten regular el paso unidireccional de los nutrientes en la mayoría de los casos (Gropper & Smith, 2013).

En el caso de las proteínas, los pocos aminoácidos libres y las cadenas abundantes de dipéptidos y tripéptidos obtenidos de la fase intestinal de la digestión, son reconocidos por proteínas localizadas en las membranas apicales de los enterocitos facilitando su paso hacia el citoplasma. A este proceso se le conoce como “Captación” y se encuentra mediado por proteínas de membrana que regulan el flujo de aminoácidos, sodio (Na^+) e hidrogeniones por medio de sistemas de co-transporte o anti-transporte (Bhutia & Ganapathy, 2018).

Hasta la fecha se han descrito total de 7 transportadores implicados en la captación de aminoácidos libres, con alta especificidad, pero baja afinidad por los

aminoácidos. En cambio, las diferentes y abundantes combinaciones de dipéptidos y tripéptidos de origen dietario obtenidos de la digestión gastrointestinal, son traslocados al citoplasma por mediación de una única proteína de membrana apical, con baja especificidad, pero alta afinidad, llamada PEPT1 (por sus siglas en inglés) (R Ziegler et al., 2002). El aumento en la carga citosólica de estos péptidos activa la función de las enzimas dipeptidil-peptidasas – DPP-, las cuales liberan completamente los aminoácidos por medio de hidrólisis. Los aminoácidos libres, solubles en el agua citoplasmática, son arrastrados por gradiente eléctrico hacia la región basal de la célula donde serán reconocidos por otras moléculas de membrana (Bhutia & Ganapathy, 2018).

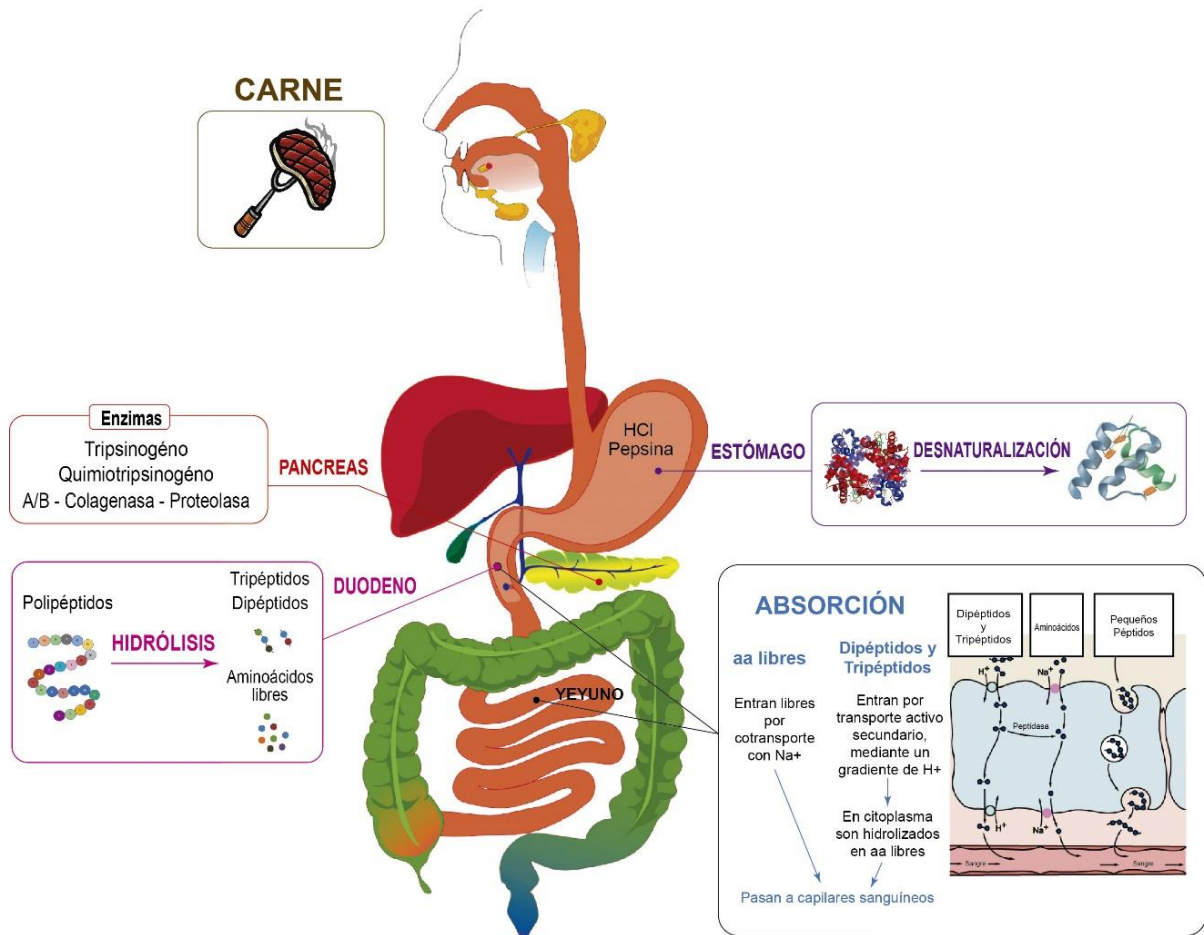
En el último paso de la absorción, los aminoácidos (y otros nutrientes) son liberados desde el citoplasma del enterocito hacia la circulación portal, se conoce como “Eflujo o transporte basolateral”; cuyos mecanismos radican en la membrana basolateral del enterocito (Gropper & Smith, 2013). Según evidencia acumulativa, un total de 6 proteínas de transporte regulan el paso regulado de aminoácidos hacia la sangre, por medio de sistemas de co-transporte o anti-transporte similares a los que se encuentran presente en la membrana apical. Aunque se ha descrito un sistema de liberación de péptidos de origen endógeno (Sintetizados de Novo) en células intestinales, no se ha estudiado su función con respecto a los péptidos provenientes de la dieta. Un individuo sano, absorbe aminoácidos a lo largo de todo el intestino, principalmente en duodeno y yeyuno y en menor medida en íleon y colon (Gropper & Smith, 2013).

Un individuo sano, absorbe eficientemente los aminoácidos de origen dietario a lo largo del intestino, principalmente duodeno y yeyuno. Los procesos celulares implicados

dependen en la gran mayoría de la disponibilidad energética celular (ATP), en especial cuando las concentraciones de aminoácidos no superan el punto de saturación de los transportadores (Gropper & Smith, 2013).

En la circulación portal la mayoría de los aminoácidos son transportados libremente desde el intestino hacia el hígado. Sin embargo, algunos de ellos, pueden formar compuestos solubles con sales orgánicas o proteínas de transporte como albúmina y pre-albúmina antes de ser entregados al tejido. La incorporación de los aminoácidos en el hígado ocurre mediante sistemas de transporte similares a los del intestino delgado. La utilización de los aminoácidos por parte del hígado y tejidos extrahepáticos, para regular vías metabólicas y producir intermediarios biológicos esenciales para la función de algunos tejidos, determina el concepto completo de biodisponibilidad de las proteínas (Gropper & Smith, 2013).

Ilustración 1: Digestión y absorción gástrica



Fuente: (Bedoya Duque, Cardona Alvarez , & Muñoz Aguilar, 2019).

Efectos de los métodos de cocción sobre índices de biodisponibilidad de la proteína de la carne de res: ¿Cuál es la evidencia?

Actualmente, las carnes son tejidos musculares que, en términos alimentarios y nutricionales, proporcionan algunas de las proteínas de mejor calidad, en comparación

con otras matrices alimentarias disponibles para el consumo humano. Esta característica de calidad proteica también la poseen otros alimentos de origen animal como los huevos, las leches y productos derivados. En Colombia el consumo de carne de res ocupa el segundo lugar en el consumo de carnes. De acuerdo con la Federación Colombiana de Ganaderos, desde el año se 2012 ha disminuido el consumo por persona de carne de res de 21 kg/persona a 18 kg/persona hasta el año 2017. Posiblemente los precios de venta superiores en relación con los precios de otras carnes (Por ejemplo, cerdo o pollo), han tenido efectos sobre la comprensión de esta tendencia (FEDECARNE, 2018). Sin embargo, continúa siendo una fuente importante de proteínas y otros nutrientes, en el contexto de una dieta saludable, según lo declaran algunos investigadores. De acuerdo con algunos estudios, la proteína de la carne posee alto grado de digestibilidad (Entre el 90 - 98%) y un valor biológico aproximadamente del 80%, según el balance nitrogenado (O.Martínez & E. Martínez, 2006). Además, por su alto aporte de aminoácidos esenciales (Entre el 20 - 40%), la carne de res es un alimento indicado para cubrir fácilmente el requerimiento diario de éstos nutrientes en sujetos sanos de diferentes grupos etarios. Otros atributos nutricionales asociados a la carne de res incluyen también la cantidad y calidad (Biodisponibilidad) de un alto número de micronutrientes (Como el hierro, el zinc y el cobre, la tiamina, la riboflavina, la niacina y la cobalamina).

Según hallazgos antropológicos; el principal cambio evolutivo en la historia de la humanidad fue la incorporación de carnes y médulas provenientes de grandes animales a la dieta; lo cual generó efectos potencialmente visibles en el desarrollo, tamaño y función del cerebro de las siguientes generaciones(Aiello & Wheeler, 1995). Por otra

parte; aunque se desconoce con exactitud la fecha del descubrimiento, manipulación y control del fuego por parte de los humanos primitivos, los datos académicos existentes apuntan a que ocurrió gracias al homo-erectus, hace aproximadamente 400.000 millones de años. Este hallazgo fue de gran utilidad en prácticas culinarias, con el fin de mejorar la textura y aumentar digestibilidad de los alimentos; principalmente en alimentos de duras consistencias, tales como carnes, tubérculos, raíces, plátanos y leguminosas.

En la actualidad, los humanos someten la carne de res a diferentes métodos de cocción previo a su consumo debido a gustos y preferencias alimentarias personales; y con el fin de mejorar sus características nutricionales, higiénicas, microbiológicas, organolépticas y sensoriales. La versatilidad de esta matriz alimentaria permite el uso de múltiples técnicas culinarias y métodos de cocción, clasificados según la fuente y transferencia de calor como: Métodos por calor húmedo, métodos por calor seco y métodos en medio graso (Crespo Fernandez & Gonzales Gonzales, 2016). Según expertos de la Asociación de Ciencias Americanas de la Carne, los métodos de cocción aplicados a las carnes, deben seleccionarse según la sensibilidad inicial del corte, las características de calidad deseadas del producto final, las instalaciones y equipos de cocina disponibles y la cantidad de tiempo disponible para la preparación.(Boyle, 2018)

En los métodos por calor húmedo (Por ejemplo, el hervido), los alimentos son inmersos en un medio a base de agua en ebullición durante cierto tiempo, el cual según el tipo y características del alimento. Las moléculas de agua excitadas por el calor, impactan con las estructuras de las matrices facilitando el ingreso de agua al alimento y la cocción de sus estructuras. Por su parte, los métodos por calor seco (Por ejemplo, el

asado), consisten en la formación de una costra externa y la evaporación del agua libre del alimento, mediante una fuente indirecta de calor que permite la cocción de la matriz y un aumento en la concentración de los sabores. En las carnes, esta técnica culinaria es originaria del caribe y actualmente se conoce también con los términos “barbacoa” y “barbecue”. Finalmente, los métodos en medio graso se conocen como frituras, y normalmente se diferencian entre sí, por la cantidad de medio utilizado para la cocción, encontrando frituras en poco aceite y frituras por inmersión (Boyle, 2018).

En las carnes, los métodos de cocción generan efectos potenciales en las características organolépticas como el sabor, el olor la textura, la apariencia, lo cual se conjuga con otros ingredientes (y/o alimentos) vinculados a la preparación. (Shabbir, Raza, Anjum, Khan, & Suleria, 2015) Además, contribuyen con el aumento de la biodisponibilidad de las proteínas y aminoácidos, por un efecto en la desnaturalización parcial de las cadenas polipeptídicas. Esto las hace más accesibles y utilizables por el tracto gastrointestinal durante los procesos de digestión previamente estudiados. Según Potter et al, en la carne de res, la miosina inicia su desnaturalización alrededor de 122 ° F (50 ° C) y la actina alrededor de 150 ° F (65.5 ° C). De acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – USDA -, la temperatura de cocción para la carne de res debe ser de 145 °F (62,7 °C) con un “Tiempo de descanso” de tres minutos a una temperatura constante 160°F (71.1°C). Temperaturas superiores (Especialmente por periodos tiempos prolongados), pueden ocasionar pérdidas nutricionales de la carne (Shabbir et al., 2015) y la formación de productos de transformación molecular,

asociados con la aparición de enfermedades metabólicas y el cáncer. La evidencia científica deduce que su biodisponibilidad se afecta negativamente ante el calentamiento térmico prolongado. En relación con la proteína de la carne, se han observado efectos en la estructura tridimensional de la proteína, reacciones de oxidación en aminoácidos y degradación de aminoácidos por rupturas en estructuras químicas esenciales. Según evidencia disponible, en el hervido de las carnes, se utilizan temperaturas entre 212 – 248 ° F (100 - 125 ° C); en el asado, temperaturas entre 428 – 437 ° F (220 – 225 ° C) y en las frituras por inmersión, temperaturas entre 302 – 428 ° F (150 – 220 ° C) (Crespo Fernandez & Gonzales Gonzales, 2016), lo anterior demuestra que las temperaturas de los métodos de cocción de mayor uso para la preparación de la carne de res, superan por creces los valores recomendados por los organismos internacionales. No obstante, es importante considerar que, en términos gastronómicos, el tiempo de cocción, es una variable que se modifica en función de la temperatura del método, en un modelo de relación inversamente proporcional (Potter, 2016).

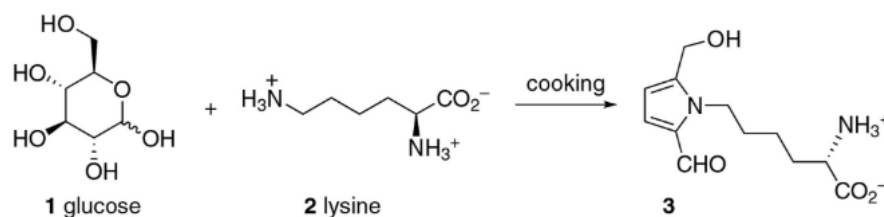
Hasta la fecha, la información que relaciona los métodos de cocción sobre la biodisponibilidad de proteínas y aminoácidos es limitada. Tzer-Yang Yu et al, en un artículo de revisión, manifiestan que los productos de transformación generados por sobre-calentamiento de la carne, fallan en ser reconocidos por las enzimas digestivas gastrointestinales, los mecanismos de digestión de proteínas y los mecanismos que regulan el proceso de absorción de aminoácidos, limitando así su utilización biológica (Yu, Morton, Clerens, & Dyer, 2017). Por ejemplo, en la reacción de Maillard

(Pardeamiento no enzimático), la transferencia de calor sirve como catalizador en una reacción de conjugación donde se unen covalentemente un carbohidrato reductor y un aminoácido básico (Como lisina y arginina), formando compuestos no absorbibles con actividad patogénica y disminuyendo la concentración de estos aminoácidos esenciales en el lumen intestinal. Las pirazinas, son derivados de degradación térmica de los aminoácidos en esta reacción (Gibis, 2016).

Un estudio sobre los efectos de los tratamientos térmicos y el contenido de lisina en carne de jaiba realizado por Vilma Quiral y otros, expone que el contenido de lisina disminuye en las proteínas animales debido al efecto del calor. Según el autor la reacción entre el grupo amino de la lisina y el grupo amino de la asparragina y glutamina; da como resultado la disminución del valor nutritivo de la pieza de proteína. Asimismo, el efecto del calor entrecruza las cadenas de polipeptídicas por alcanoilación de aminoácidos libres, esta reacción al calentamiento de la proteína genera una disminución de la lisina disponible (Quiral, Abugoch, Vinagre, & Larraín, 2001). Para el desarrollo experimental se evaluaron las variables de tiempo y temperatura, aplicándolas a 10 muestras de carne de Jaiba. Las temperaturas fueron de 90, 100 y 121°C y tiempos de 15, 30 y 45 minutos más una muestra fresca. El resultado de este experimento concluye una mayor disminución en la lisina determinada por la variable tiempo, también fue posible comparar que la pérdida del aminoácido es menor, cuando los alimentos se someten a temperaturas altas durante tiempos cortos. Es posible que la conclusión sea aplicada a la carne de res con un resultado similar debido a que la cantidad de lisina en la carne de

jaiba se asemeja al de la carne de res (1,78 y 1,90 g/100 g. de carne respectivamente (Quitral et al., 2001).

Ilustración 2 : Reacción de Maillard. Conjugación entre glucosa (1) y lisina (2) catalizada por energía térmica (calor). El producto final inabsorbible (Pirrolina), posee actividad inflamatoria y carcinogénica



Fuente: (Tompa, 2010).

Así mismo, el calor incorporado a las carnes en los diferentes métodos de cocción promueve la formación de reacciones químicas espontáneas en las cuales se entrecruzan aminoácidos (Esenciales y no esenciales) formando moléculas no hidrolizables por las proteasas digestivas, tales como lisinoalanina, lantionina e histidinoalanina. En el caso del aminoácido lisina su biodisponibilidad es reducida cuando por efecto térmico, se entrecruza con la alanina para formar la lisoalanina. Es importante considerar que termolabilidad o termoestabilidad de cada aminoácido, depende estrictamente de sus características fisicoquímicas específicas. Así mismo su estabilidad química en medios acuosos, ácidos, alcalinos u oxidativos.

La oxidación de las proteínas o Protox es reconocida como una reacción química producida por los tratamientos térmicos que, según, Soladoye y otros en su artículo de revisión; disminuyen drásticamente la catalasa de la carne, reduciendo la tendencia natural a resistir al Protox. La temperatura por encima de 60 °C aumenta la oxidación de las proteínas, a causa de la división del anillo de porfirina permitiendo una liberación de hierro hemo. Entre los resultados el estudio evidenció que, la carne sometida a un tratamiento térmico a temperatura igual o mayor de 90 °C aumentó el contenido de Carbonilo (generado por el Protox.), causando efectos perjudiciales sobre la calidad de la proteína (Soladoye et al. 2015). La carbonilación da como resultado una modificación irreversible de aminoácidos tales como lisina, treonina y arginina. Bax y otros determinaron que un aumento del carbonilo, se da a lugar, por la disminución de la proteólisis de la pepsina en carnes con tratamientos térmicos mayores a 100 °C, y se mantiene estable a 65 °C (M. Bax, Aubry, Ferreira, Daudin, & Gatellier, 2012).

En las últimas décadas, la evidencia científica que demuestra una asociación entre el consumo de carne roja y el cáncer va en aumento. Aunque los resultados aún se consideran “limitados” para emitir conclusiones frente a este tema. Según La Organización Mundial de la Salud – OMS-, la evidencia limitada significa que, aunque se ha encontrado una asociación positiva entre el consumo de carne roja (agente) y el cáncer, no se pueden descartar otras explicaciones para las observaciones. Según investigaciones recientes, este efecto carcinogénico potencial, se relaciona con la formación de moléculas nitrogenadas mutagénicas llamadas: Aminas aromáticas

heterocíclicas (HAA por sus siglas en inglés). En general las HAA, son moléculas orgánicas derivadas principalmente de los procesos de cocción y tratamientos térmicos aplicados a alimentos con alto aporte de proteína y creatina. Aunque muchos aminoácidos libres son reactivos con azúcares y creatina en respuesta al calor en la formación de HAA, los que más se incorporan en estas reacciones son: Treonina (Esencia), Glicina (No esencial), Lisina (Esencial), Alanina (No esencial) y Serina (No esencial). Según investigaciones, la respuesta mutagénica de estos aminoácidos es más baja en carnes preparadas por calor seco y depende de la concentración de aminoácidos en la matriz (Gibis, 2016). Interesantemente, la formación de HAA en la carne, depende de dos importantes variables: El tiempo de cocción y la temperatura de cocción.

Se estima que la formación de estas moléculas inicia a temperaturas de 248 ° F (120 °C). En el año 2005 Ahn and Gruen encontraron que los cortes de carnes de res cocidos durante 15 minutos a 302 ° F (160 ° C) no presentaron HAA; sin embargo, entre 356 – 428 ° F (180 - 220 ° C), las concentraciones de HAA no polares aumentaron significativamente ($p < 0,05$) a partir de los 20 minutos de cocción (Gibis, 2016). Por otro lado, Bordas et al, encontraron que, además de la temperatura, las concentraciones de HAA en muestras de carne cocidas a 392 ° F (200 °C), también aumentaron en relación con el tiempo de cocción, pasando de 3,7 a 10,7 ng/g después de 30 minutos de exposición (Bordas, Moyano, Puignou, & Galceran, 2004). La utilización de aminoácidos como sustratos en estas reacciones que ocurren al interior de la matriz cárnica durante los métodos de cocción, reducen la disponibilidad de estos para ser absorbidos por los enterocitos.

Bax et al, publicaron un estudio en el cual evaluaron los efectos de la cocción de la carne en la digestión de las proteínas, la cinética de absorción de aminoácidos y la presencia de proteínas residuales en tejido colónico de minipigs (n=6). Previo a la intervención, los animales fueron alimentados con concentrados, en ambientes ventilados y con libre acceso al agua. El primer experimento consistió en investigar el efecto de la temperatura de cocción (60, 75 o 95 ° C) sobre parámetros de calidad en la carne de res. Según los análisis iniciales, las temperaturas de cocción (60, 75 o 95 ° C) afectaron el peso final del producto (Pérdidas de 16, 38 y 44% del peso respectivamente); Así como su contenido proteínas (Pérdidas de 26, 32 y 35% del contenido de proteínas, respectivamente). El segundo experimento, se diseñó con el fin de evaluar la digestibilidad de la proteína de la carne de res (Proveniente de un ternero de 86 kg de peso corporal de raza Montbellaird quien además de su dieta controlada, recibió una solución intravenosa de aminoácidos 15N por 14 días) preparada en una mezcla y cocidas bajo las mismas condiciones de temperatura (60, 75 y 95°C). Según los análisis de sangre extraída tres horas después de la intervención alimentaria, la concentración de aminoácidos fue mayor en los cerdos que recibieron carne cocida a 75°C, en comparación con quienes recibieron la carne cocida a 60 y 95°C. Tomados en conjunto, estos hallazgos ponen de manifiesto que las condiciones de temperatura no solo afectan la cantidad de proteínas, sino que también tienen un efecto diferencial en la utilización biológica y absorción de los aminoácidos. En este estudio, también se corroboró que a una temperatura intermedia (75 °C) la proteína fue mejor utilizada por el sistema gastrointestinal de los sujetos de experimentación; lo cuál es coherente con resultados

derivados de otros modelos experimentales, en los cuales se ha encontrado que el pico máximo de desnaturalización de las proteínas de la carne de res ocurre a una temperatura de 78,4° C (M. Bax et al., 2012).

Lamentablemente, los pocos estudios que relacionan los métodos de cocción sobre las propiedades de calidad de proteínas de la carne de res se han llevado a cabo evaluando un solo método a la vez. En nuestra búsqueda, no se encuentran estudios comparativos entre métodos de cocción utilizando los mismos parámetros de evaluación. Dada la escasez de información en este campo del saber, se hace un llamado a los investigadores para que realicen estudios que permitan evaluar los efectos potenciales de los métodos de cocción (El tiempo y la temperatura) sobre índices químicos y biológicos de biodisponibilidad de las proteínas, de modo que se pueda tener mayor conciencia frente a la preparación y consumo de este alimento, considerado por muchos, de gran importancia y valor nutricional.

Tabla 1 Características de los métodos de cocción

Método de cocción	Tipo de cocción	Características
Asado	Seco	<p>El objetivo de este método de cocción es mejorar la palatabilidad del alimento para hacerlo más tierno y digerible. Su aplicación se realiza en parrillas o placas metálicas a temperaturas entre 220 – 225 ° C, aunque los medios caloríficos consigan alcanzar unos 1.100°C debido a la intensidad del fuego (Bello Gutierrez, 1998).</p> <p>Es un método de cocción que presenta gran interés culinario y científico debido a la presencia de fenómenos importantes como lo es la coagulación superficial de las proteínas inmediatamente entra en contacto con la superficie.</p> <p>Este método de cocción no es recomendado para piezas de carne con tamaños muy grandes debido a que el calor no penetra completamente el centro de éstas, esto no permite la desnaturalización de las proteínas en este punto de la carne, generando una mala digestión del material proteico y su posterior mala absorción y biodisponibilidad (Bello Gutierrez, 1998).</p>
Fritura	Medio graso	<p>El objetivo de este método de cocción es generar una corteza en el alimento y así encapsular la mayor cantidad de agua posible para lograr un producto más húmedo. Es un método de cocción que emplea como medio de transferencia de calor el aceite o derivados grasos para el tratamiento térmico de los alimentos. La aplicación de este se da en temperaturas entre 150 – 220°C y realizando una inmersión total de la pieza para que la cocción sea uniforme.</p> <p>El calentamiento del medio graso es aplicado por quemadores de gas o resistencias eléctricas a cubetas especializadas para fritura, sartenes u ollas. Referencia 1</p> <p>La mala aplicación de la fritura de la carne a temperaturas superiores a las indicadas puede dar como resultado quemar la superficie y no cocinar el centro. Esto genera la degradación de la proteína superficial y la no desnaturalización de la proteína en este punto</p>

		respectivamente. No desnaturalizar partes de la pieza cárnica genera una mala digestión de del material proteico y su posterior mala absorción y biodisponibilidad (Bello Gutierrez, 1998).
Hervido	Húmedo	<p>El objetivo de este método de cocción es lograr un alimento muy tierno. El hervido implica la inmersión del alimento en agua. Puede aplicarse partiendo de agua fría, caliente o en ebullición. Los tiempos de cocción dependen del tamaño de las piezas a cocinarse, pero, sus temperaturas deben alcanzar a estar entre los 100 – 125°C. (Bello Gutierrez, 1998).</p> <p>El tiempo empleado para la cocción de piezas de carne tienen influencia en las fibras de esta. Cuando la carne se encuentra cocida el tejido conectivo tiende a ablandarse conforme el tiempo de cocción se aumente, además de transformar el colágeno en gelatina, esto permite una mejor digestión de las proteínas.</p> <p>Es importante enfatizar que este método de cocción logra extraer aminoácidos que posteriormente quedan disueltos en el medio acuoso. Debido a esto, es importante el consumo de la pieza cárnica con el líquido en cual se cocine para aprovechar al máximo el material proteico que aporta la carne.</p>

Modelo de comparación entre métodos de cocción

Gracias a los estudios revisados es evidente que el sometimiento de la carne a métodos de cocción con altas temperaturas, modifica su calidad nutricional y los cambios dependen del calor que se transfiere y de la velocidad de calentamiento (Dominguez-Hernandez, Salaseviciene, & Ertbjerg, 2018). Dominguez en su revisión, recomienda un calentamiento lento (largos periodos de tiempos) y temperatura de 60 °C. Se menciona que las carnes asadas y cocidas a una temperatura de 68 °C tienen una mejor calidad

alimentaria (sensibilidad y apariencia general) en comparación con el tratamiento a 93 °C (Dominguez-Hernandez et al., 2018).

En la actualidad y por medio de la búsqueda realizada es difícil establecer los aspectos precisos, que, pueden generar diferentes efectos de los métodos de cocción mencionados en este trabajo. No es posible llevar a cabo el principal objetivo al realizar esta monografía debido a la falta de estudios comparativos para el mismo modelo experimental, y no fue posible hallar investigaciones que centraran sus estudios en los efectos de la fritura sobre la proteína de la carne de res. Por lo cual, se realiza un cuadro informativo tomando información disponible, que muestran el efecto de la cocción en la proteína de la carne de res, que se muestra a continuación.

Tabla 2 Comparación artículos de revista.

Nombre del artículo	Fuente	Variable de medida	Resultados
Cooking Temperature Is a Key Determinant of in Vitro Meat Protein Digestion Rate: Investigation of Underlying Mechanisms (2012) (M. Bax et al., 2012).	Journal of agricultural and food chemistry	Actividad enzimática antioxidante y catalasa.	Las temperaturas por encima de 100 °C aumentan el Carbonilo en la carne de res y genera cambios en la proteína como oxidación y disminución en la biodisponibilidad.

<p>Microstructure and protein digestibility of beef: The effect of cooking conditions as used in stews and curries. (2013) (Kaur, Maudens, Haisman, Boland, & Singh, 2014).</p>	<p>LWT – Food science and technology</p>	<p>Estructura de las Microfibrillas del sarcómero. Amino reactiva con ninhidrina.</p>	<p>Las modificaciones de aminoácidos que se producen durante la cocción pueden conducir a la formación de "péptidos límite" que no se descomponen en aminoácidos individuales, lo que afecta su biodisponibilidad.</p>
<p>Protein Oxidation in Processed Meat: Mechanisms and Potential Implications on Human Health. (2015) (Soladoye & Ju, 2015).</p>	<p>Comprehensive reviews in food science and food safety</p>	<p>Cantidad de Carbonilo. Perdida de Aminoácidos Esenciales. Pérdida de Catalasa. Producción de radicales libres.</p>	<p>Los tratamientos térmicos de la carne de res por encima de 90 °C aumentan contenido de Carbonilo. La oxidación de las proteínas tiene implicación en la pérdida de aminoácidos esenciales, reduce la digestibilidad y la biodisponibilidad. La oxidación de los aminoácidos causados por los diferentes tratamientos térmicos a los que es sometida la carne puede ocasionar la carbonilación de las proteínas y éstas a su vez la modificación irreversible de aminoácidos como la Lisina, treonina y arginina. La oxidación de las proteínas genera la carbonilación de las mismas y la formación de enlaces cruzados, por esto, se da la pérdida de la</p>

			funcionalidad de la proteína muscular.
Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms (2018) (Dominguez-Hernandez et al., 2018).	Meat Science - Journal	Características sensoriales.	Calentamientos de la carne a bajas temperaturas: 60 °C y largos periodos de tiempos de cocción tienen una mejor calidad en comparación con los tratamientos de altas temperaturas y cortos tiempos de cocción.
Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products (2005) (E.Tornberg, 2005).	National center for biotechnology information	Comportamiento de proteínas calentamiento. Temperatura de cocción. Cambios estructurales de cocción.	A una temperatura de 65°C, la hidrofobicidad de la carne aumenta en la superficie, pero, a 90°C la hidrofobicidad disminuye debido a la mayor interacción de los geles con la superficie de contacto. El rompimiento de las fibras transversales se produce entre los 40°C y los 60°C. Se demuestran que, al someter la carne específicamente la proteína sarcoplasmática a un espectrofotómetro observo que la absorbancia aumentaba a 40°C y terminaba a 60°C.
Effects of Meat Cooking, and of Ingested Amount, on Protein Digestion	Meat science - Journal	Velocidad de digestión de proteínas. Temperatura de cocción. Efecto de la cocción sobre las proteínas	La temperatura de cocción, actuando sobre la macroestructura y la microestructura de la carne, podría afectar tanto la velocidad como la

<p>Speed and Entry of Residual Proteins into the Colon: A Study in Minipigs. (2013) (M. L. Bax et al., 2013).</p>			<p>eficiencia de la digestión de proteínas. Existe un aumento en la velocidad de digestión cuando la temperatura de cocción de la carne aumentó de 60 a 75 ° C, y una disminución en la velocidad de digestión cuando la temperatura se incrementó de 75 a 95 ° C.</p>
<p>Effect of Cooking on Meat Proteins: Mapping Hydrothermal Protein Modification as a Potential Indicator of Bioavailability (2014) (Deb-Choudhury et al., 2014).</p>	<p>Journal of agricultural and food chemistry</p>	<p>Cambios estructurales de la proteína. Temperatura de cocción Susceptibilidad de la proteína al calor.</p>	<p>La carne evaluada fue sometida a diferentes variables de tiempo de cocción (0, 15, 30, 60 o 240 min) en agua hirviendo (<100°C). En la parte insoluble de la matriz se evidencia aumento de 8 veces el nivel de aminas libres durante los primeros 15 minutos de exposición al calor. En la fracción soluble de la matriz la cantidad de proteína fue mayor en la muestra de referencia (sin proceso de cocción). En la fracción insoluble, los niveles de todos los aminoácidos esenciales se mantuvieron estables hasta los primeros 15 minutos de exposición al calor. Se evidencia que el calor induce modificaciones oxidativas en los alimentos musculares.</p>

Conclusiones y recomendaciones

Para efectuar la comparación de los tres métodos de cocción de los que parte la decisión de realizar esta revisión (asado, fritura y hervido), es necesaria la existencia de más bases científicas que argumenten las diferencias entre ellos y sus efectos sobre la biodisponibilidad de la proteína la carne de res. Para el desarrollo de esta monografía fue realizada una revisión exhaustiva y es evidente la falta de información para lograr el principal objetivo del trabajo, por esta razón no es posible dar respuesta a este objetivo de la manera esperada.

Es posible concretar que la evidencia concluye un claro efecto de la temperatura y el tiempo, ejercidos en los métodos de cocción para la carne de res, sin embargo, para determinar por completo el concepto de biodisponibilidad de las proteínas es necesaria más investigación, debido a sus métodos costosos y poco precisos.

Los procesos térmicos que llevan a la desnaturalización de la proteína son claves para que la carne de res y sus componentes nutricionales sean digeribles, biodisponibles y apetecibles; aun así un inadecuado control de estos causa alteraciones estructurales y químicos en las proteínas, que llevan a la pérdida de aminoácidos limitantes, formación de compuestos tóxicos, antinutricionales y mutagénicos, lo cual además de generar pérdida de la calidad nutricional está promoviendo el consumo de productos perjudiciales para la salud.

Referencias

- Aiello, L. C., & Wheeler, P. (1995). The Expensive- Tissue Hypothesis: The Brain and the Digestive System in Human and Primate Evolution. *Current Anthropology*, 36(2), 199–221. <https://doi.org/10.1086/204350>
- Bax, M., Aubry, L., Ferreira, C., Daudin, J., & Gatellier, P. (2012). Cooking Temperature Is a Key Determinant of in Vitro Meat Protein. Digestion Rate: Investigation of Underlying Mechanisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(10), 1–8.
- Bax, M. L., Buffière, C., Hafnaoui, N., Gaudichon, C., Savary-Auzeloux, I., Dardevet, D., ... Rémond, D. (2013). Effects of Meat Cooking, and of Ingested Amount, on Protein Digestion Speed and Entry of Residual Proteins into the Colon: A Study in Minipigs. *Journal Pone*, 8(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0061252>
- Bello Gutierrez, J. (1998). *Ciencia y Tecnología Culinaria* (Ediciones, Vol. 1; E. D. de Santos, Ed.). Madrid.
- Bhutia, Y. D., & Ganapathy, V. (2018). Protein Digestion and Absorption. In *Physiology of the Gastrointestinal Tract: Sixth Edition* (Sixth Edit, Vol. 2–2). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809954-4.00047-5>
- Bordas, M., Moyano, E., Puignou, L., & Galceran, M. T. (2004). Formation and stability of heterocyclic amines in a meat flavour model system. Effect of temperature, time and precursors. *Journal of Chromatography B*, 802(1), 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2003.09.024>
- Boyle, E. (2018). Meat Cookery. Recuperado de The Meat We Eat.com website:

<https://meatscience.org/TheMeatWeEat/topics/meat-safety/meat-cookery>

Crespo Fernandez, E., & Gonzales Gonzales, N. (2016). *Técnicas culinarias* (Ediciones). Madrid.

Deb-Choudhury, S., Harland, D., van Koten, C., Haines, S., Dyer, J., & Clerens, S. (2014). Effect of Cooking on Meat Proteins: Mapping Hydrothermal Protein Modification as a Potential Indicator of Bioavailability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(32), 8187–8196. <https://doi.org/10.1021/jf502668w>

Dominguez-Hernandez, E., Salaseviciene, A., & Ertbjerg, P. (2018). Low-temperature long-time cooking of meat: Eating quality and underlying mechanisms. *Meat Science*, 143, 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.032>

E.Tornberg. (2005). Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, 70, 1095–1098. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12243>

F A O, & FINUT. (2017). *Evaluación de la calidad de la proteína de la dieta en nutrición humana*. 1–240. Recuperado de <http://www.finut.org/wp-content/uploads/2017/11/Estudio-FAO-92-y-documentos-adicionales-al-23112017-1.pdf>

FEDECARNE. (2018). Evolución de los consumos de proteína en el país. *La República*. Retrieved from <https://www.larepublica.co/economia/consumo-de-carne-de-cerdo-en-el-pais-crecio-56-en-los-ultimos-cinco-anos-2710218>

Fellows, P. (2000). *Food Processing Technology Principles and Practice* (Second Edi). Washington, D.C: Woodhead Publishing Limited.

- Gaspar Valero, T., de la Calle, S. del P., Ruiz Moreno, E., Ávila Torres, J. M., & Varela Moreiras, G. (2012). Guía nutricional de la carne. *Fundación Española de La Nutrición*, p. 23. Recuperado de <http://www.fedecarne.es/ficheros/swf/pdf/guiaNutricion.pdf>
- Gibis, M. (2016). Heterocyclic Aromatic Amines in Cooked Meat Products : Causes , Formation , Occurrence , and Risk Assessment. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 269–302. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12186>
- Gropper, S. S., & Smith, J. L. (2013). *Advanced Nutrition and Human Metabolism* (Sixth Edit). [https://doi.org/10.1002/1521-3773\(20010316\)40:6<9823::AID-ANIE9823>3.3.CO;2-C](https://doi.org/10.1002/1521-3773(20010316)40:6<9823::AID-ANIE9823>3.3.CO;2-C)
- Heda, R., & Tombazzi, C. R. (2018). Fisiología, Pepsina. In *Fisiología*. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK537005>
- Institute of Medicine of the National Academies. (2002). *Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrates, Fiber, Fat, Protein and Amino Acids (Macronutrients): A Report of the Panel on Micronutrients, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and Interpretation and Uses of Dietary Reference Intak*. Recuperado de https://www.nal.usda.gov/sites/default/files/fnic_uploads/energy_full_report.pdf
- Kaur, L., Maudens, E., Haisman, D. R., Boland, M. J., & Singh, H. (2014). Microstructure and protein digestibility of beef : The effect of cooking conditions as used in stews and curries. *Food Science and Technology*, 55(2), 612–620. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.023>
- Lopez, M., Suarez, M., A.Kizlansky, & López, L. B. (2006). Evaluación de la calidad de

- las proteínas en los alimentos calculando el escore de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutrición Hospitalaria*, 21(8), 1095–1098.
- Lujan, M. (2015). Biodisponibilidad y Bioequivalencia. <https://doi.org/10.1139/v70-251>
- Meneses, J. O., Foulquie, J. P., Valero, G. U., de Victoria, E. M., & Hernandez, A. G. (2008). Evaluación biológica de la calidad de una mezcla de proteínas para uso en nutrición enteral. *Nutricion Hospitalaria*, 23(3), 206–211.
- O.Martínez, A., & E. Martínez, de V. M. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21(21), 1–14. <https://doi.org/10.1267/ahc.22.401>
- Potter, J. (2016). *Cooking for Geeks* (Second Edi).
- Quitral, V., Abugoch, L., Vinagre, J., & Larraín, M. A. (2001). Efecto de tratamientos térmicos sobre el contenido de lisina disponible en carne de jaiba mora (*Homalaspis plana*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.
- R Ziegler, T., Fernandez - Estívariz, C., H Gu, L., Bazargan, N., Umeakunne, K., & M Wallace, T. (2002). Distribution of the H⁺/peptide transporter PepT1 in human intestine: Up-regulated expression in the colonic mucosa of patients with short-bowel syndrome. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75(5), 922–930. Recuperado de <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed5&NEWS=N&AN=2002153834>
- Segura Campos, M., Chel Guerrero, L., & Betancur Ancona, D. (2010). Efecto de la digestión en la biodisponibilidad de peptidos con actividad biológica. *Revista Chilena Nutrición*, 37(3), 386–391.
- Shabbir, M. A., Raza, A., Anjum, F. M., Khan, M. R., & Suleria, H. A. (2015). Effect of

- Thermal Treatment on Meat Proteins with Special Reference to Heterocyclic Aromatic Amines (HAAs). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(1), 82–93. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.647122>
- Soladoye, O. P., & Ju, M. L. (2015). Protein Oxidation in Processed Meat : Mechanisms and Potential Implications on Human Health. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 14. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12127>
- Soriano del Castillo, J. M. (2011). *Nutrición Básica Humana* (Maite Simó). Valencia.
- Tompa, P. (2012). Intrinsically disordered proteins: A 10-year recap. *Trends in Biochemical Sciences*, 37(12), 509–516. <https://doi.org/10.1016/j.tibs.2012.08.004>
- Van der Wielen, N. (2017). Amino Acid Absorption in the Large Intestine of Humans and Porcine Models. *The Journal of Nutrition*, 147(8), 1493–1498. <https://doi.org/10.3945/jn.117.248187>
- Yu, T. Y., Morton, J. D., Clerens, S., & Dyer, J. M. (2017). Cooking-Induced Protein Modifications in Meat. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(1), 141–159. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12243>