

FUENTES DE PROTEÍNAS NO CÁRNICAS PARA CONSUMO HUMANO, UNA NUEVA TENDENCIA ALIMENTARIA

Martínez-Rodríguez Tania-Itandehui^a, Meneses-Contreras Mitzy-Joanna^a, López-Cuellar Ma del Rocio^{b*}

^aSéptimo semestre. Ingeniería en Alimentos. Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad Km 1, Rancho Universitario, C.P.43600, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México. ^bCuerpo Académico de Biotecnología Agroalimentaria, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Av. Universidad Km 1, Rancho Universitario, C.P.43600, Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México

*Autor por correspondencia: marocio_lopez@uaeh.edu.mx

RESUMEN

La carne es una de las principales fuentes de proteína para consumo humano, provee todos los aminoácidos esenciales. Sin embargo, se han demostrado los impactos que la carne tiene sobre la salud y el medio ambiente, debido al uso de hormonas y antibióticos, además de las grandes cantidades de agua requerida para su producción. Se espera que para 2050 exista un aumento del 73 % del consumo de proteína actual, lo que generará un gran problema de abastecimiento para los próximos años. Las nuevas demandas de los consumidores van dirigidas hacia el consumo de proteína más sustentable, y a la vez buscan sustitutos de proteínas que cumplan con el sabor y la textura de la carne, pescado y lácteos. Las proteínas de origen vegetal proveen una cantidad importante de aminoácidos esenciales además de tener una menor huella ecológica, convirtiéndose en una alternativa viable para reemplazar a la carne. Las proteínas derivadas de insectos poseen un buen contenido nutricional debido a que estas son de alto valor biológico con un buen nivel de digestibilidad. Por otro lado, las proteínas provenientes de hongos llamadas micoproteínas, han tenido gran auge debido a su contenido de aminoácidos esenciales comparable con el de la carne, y en algunos casos mayor. En esta revisión se realiza un análisis sobre la calidad de las proteínas de tendencia para los consumidores, así como los beneficios que estas tienen sobre la salud y el medio ambiente.

Palabras clave: Sustitutos de carne, micoproteínas, proteínas vegetales, proteínas de insectos

Abstract

Meat has been one of the main protein sources for human consumption since it provides all the essential amino acids. However, the negative impacts of meat have on health and the environment due to the use of hormones, antibiotics, and large amounts of water for its production have been demonstrated. It is expected that by 2050 there will be a 73% increase in current protein consumption, which will create a big problem for the next few years. The new demands of consumers refer to the consumption of more sustainable proteins with similar flavor and texture characteristics than meat. The plant-protein source provides an important amount of essential amino acids; besides, it has a lower ecological footprint, becoming a good alternative to replace meat. Insects-protein source poses a good nutritional value because they are of high biological value with a good level of digestibility. On the other hand, the fungi-protein source called mycoprotein has had a great boom due to its greater content of essential amino acids than meat. This review analyzes the quality of trend protein sources for human consumption and their benefits on health and the environment.

Keywords: Meat substitutes, mycoproteins, vegetable proteins, insect proteins

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad están surgiendo nuevas enfermedades que comprometen el sistema inmunológico de las personas, trayendo consigo problemas serios de salud; ante esto se ha puesto gran énfasis en la importancia de una buena nutrición para mantener el bienestar del ser humano (Farhadi & Ovchinnikov, 2018). Diversos factores son los que determinan una nutrición de calidad, entre ellos se encuentra tener una dieta balanceada que debe contener todos los macronutrientes necesarios para cumplir con las funciones vitales del organismo (Hocquette et al. 2020). Los macronutrientes más importantes son: lípidos, carbohidratos y proteínas.

Las proteínas son el componente principal de nuestras células, tienen funciones en el crecimiento y desarrollo de los tejidos, también en la reparación celular, sistema inmune y diversas reacciones bioquímicas (Martínez-Álvarez et al. 2021).

Hasta nuestros días, la principal fuente de proteína para consumo humano ha sido la carne. La proteína de origen animal es de alta calidad debido a que provee los nueve aminoácidos esenciales que el organismo humano no puede sintetizar por sí mismo y que cumplen funciones vitales dentro de este (Torrescano, 2020). Sin embargo, se ha demostrado que la ingesta excesiva de proteína de origen animal puede conducir al desarrollo de diversas enfermedades, tales como: cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2 por alteración de metabolismo de glucosa, daños en los riñones e hígado, entre otras (Quesada & Gómez 2019, Sluijs et al. 2010). En cuanto al ámbito de la sustentabilidad, el sector cárnico emite más gases de efecto invernadero que todo el transporte mundial junto (14,5% del total de emisiones), teniendo un fuerte impacto sobre el cambio climático (Garibaldi et al. 2018). Además, se ha comprobado que, por gramo de proteína de origen animal, la huella hídrica de la carne es seis veces mayor que la de las legumbres (Hocquette et al. 2020).

Por estas razones, las tendencias de la industria alimentaria están enfocadas en buscar fuentes de proteína con igual o mayor valor nutritivo que la carne, con un impacto más sostenible sobre el medio ambiente (Figura 1).

2. CALIDAD DE PROTEÍNAS

La calidad de una proteína es medida con base en la puntuación de aminoácidos corregida por su digestibilidad (protein digestibility corrected amino acid score, PDCAAS) (Huang et al. 2017; Quesada & Gómez, 2019). Esta puntuación es multiplicada por la digestibilidad real de la proteína obteniendo como resultado un valor de PDCAAS, cuyo rango va de 0 a 1 (Quesada & Gómez, 2019). Un valor de 1 indica que una proteína proporciona cantidades adecuadas de todos los aminoácidos esenciales, siempre y cuando se suministre en cantidades nutricionalmente



Figura 1. Transformación de proteínas no cárnicas a productos procesados. adecuadas (Hughes et al. 2011, Huang et al. 2017). De esa manera, las proteínas que se usen como análogo de la carne deberían tener un valor de PDCAAS cercano o igual a 0.92 (Hughes et al. 2011). Los valores de PDCAAS de proteínas de distintos orígenes se observan en la Figura 2.

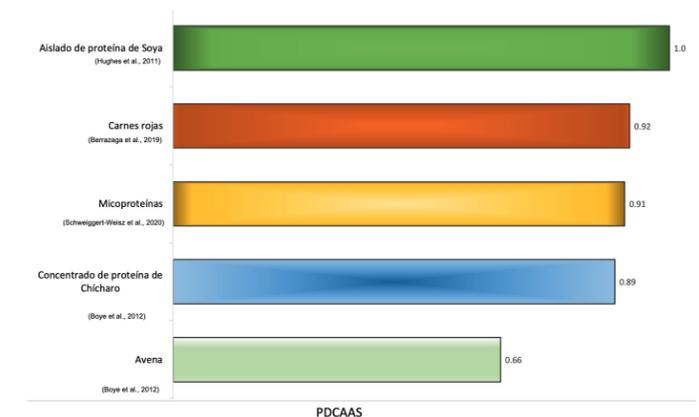


Figura 2. Valor PDCAAS de fuentes de proteínas, se evalúa en un rango de 0 – 1

3. PROTEÍNAS DE FUENTE VEGETAL

La soya, el chícharo y la avena son ejemplos de buenas fuentes de proteína vegetal. La proteína de soya contiene todos los aminoácidos esenciales presentes en la carne, aunque no en las mismas proporciones, cuyas propiedades funcionales y nutricionales juegan un papel importante en la industria alimentaria (Zhao et al. 2018). Entre los cereales y otras leguminosas, la soya (*Glycine max*) tiene el mayor contenido de proteínas con un 36% de su contenido (Cabanos et al. 2021), siendo las más importantes la β -conglucina y la glicina, representando el 65-89% del total de la proteína de soya (Thrane et al. 2017). La β -conglucina es una proteína tetramérica compuesta por tres subunidades (α , α' y β), su peso molecular es de 150-200 kDa (Cabanos et al. 2021).

Por otro lado, la glicina es una proteína con un peso molecular de 180-210 kDa (Nishinari et al. 2018), que consiste en 6 subunidades ácidas y 6 subunidades básicas organizadas en una estructura hexamérica (Thrane et al. 2017). El valor de PDCAAS del aislado de proteína de soya va de 0.92 a 1.0 (Hughes et al. 2011). Se ha reportado que el consumo de alimentos elaborados con proteínas de soya trae efectos favorables sobre la salud y nutrición de las personas, debido que posee proteínas con actividad antihipertensiva, anticolesterolémicas, antioxidantes y anticancerígenas (Singh et al. 2014).

Gracias a su naturaleza, las proteínas de soya pueden ser utilizadas en la industria alimentaria como agentes emulsificantes, gelificantes y espumantes (Thrane et al. 2017). Las emulsiones son formadas mediante la disminución de la tensión interfacial entre el agua y el aceite, en donde estas proteínas ayudan a estabilizar la emulsión formando una barrera física en la interfase (Nishinari et al. 2018). Por otro lado, puede ayudar a la formación de geles debido a las estructuras proteicas globulares presentes en la soya, las cuales son ampliamente usadas en la producción de tofu y otros alimentos. Las proteínas de soya, como agente espumante, se utilizan en la elaboración de cerveza, merengues, pasteles, tiramisú y pan, entre otros (Tolulope, 2020). El uso de estas proteínas para reemplazar la carne puede incrementar la calidad de los alimentos, reducir los costos y reducir el impacto ambiental asociado con la obtención de proteína para consumo humano (Thrane et al. 2017).

Las proteínas de chícharo (*Pisum sativum* L.) son un tipo de proteína vegetal con alta disponibilidad, alto valor nutricional, beneficios que tienen hacia la salud y bajo costo, por lo que se han vuelto muy utilizada dentro de la industria alimentaria (Lu et al. 2019). Las semillas de chícharo generalmente contienen 20-25% de proteína, 40-50% de almidón y 10-20% de fibra (Tulbek et al. 2017). Las proteínas del chícharo contienen globulinas (65%-80%) y albúminas (10%-20%) (Karaca et al. 2011). Las albúminas se solubilizan en agua y son consideradas proteínas metabólicas y enzimáticas; mientras tanto, las globulinas se solubilizan en sal y funcionan como proteínas de almacenamiento para la semilla (McCarthy et al. 2016). Las globulinas tienen dos fracciones principales, legumina y vicilina (Liang & Tang 2013). La legumina es una proteína hexamérica y tiene un peso molecular entre 300-400 kDa y contiene 6 subunidades y cada una tiene una cadena ácida (α) de 40 kDa y una cadena básica (β) de 20 kDa (Lam et al. 2018); mientras que la vicilina es un grupo trimérico, poco glicosilado con un peso molecular entre 150-200 kDa (cada subunidad tiene un peso molecular de aproximadamente 50 kDa) (Liang & Tang 2013).

Las propiedades fisicoquímicas de la proteína de chícharo pueden influir en el procesamiento y almacenamiento de

alimentos (Shevkani et al. 2015). Entre las propiedades de la proteína de chícharo está la solubilidad e hidrólisis. Se ha descubierto que esta última puede disminuir la viscosidad aparente y mejorar la calidad de procesamiento de algunos geles (Ribotta et al. 2012). También cuenta con propiedades emulsionantes (Lu et al. 2019) y propiedades de gelificación que le dan textura a los alimentos (Lam et al. 2018). Gracias a lo anterior, la proteína de chícharo tiene diversas aplicaciones dentro de la industria alimentaria. Una de ellas es que se ha utilizado para preparar muffins libres de gluten con características similares a las del trigo (Shevkani & Singh 2014), como emulsionante, la proteína se puede utilizar en emulsiones líquidas, así como secadas por atomización, además tiene gran uso en la producción de yogures tipo vegano, y productos deportivos no lácteos (McCarthy et al. 2016). El consumo de proteína de chícharo aporta varios beneficios a la salud, uno de ellos es promover un mayor aumento de grosor muscular en personas que se someten a programas para fortalecer sus músculos (Babault et al. 2015), en este sentido, se demostró que después de 8 semanas de entrenamiento de alta intensidad, tanto la ingesta de proteínas de chícharo como de suero de leche, mostraron resultados similares en cuanto a composición corporal, grosor muscular y rendimiento (Banaszek et al. 2019).

Por otra parte, las proteínas de avena (*Avena sativa*) permiten que sean consumidas por personas con enfermedad celiaca (Sey et al. 2011). La proteína de avena tiene 4 fracciones que incluyen las globulinas (50-80%), prolaminas (4-15%), albúminas (1-12%) y glutelinas (10%) (Boukid, 2021). Las globulinas son solubles en sal y funcionan como proteínas de almacenamiento, son proteínas hexaméricas con subunidades de 54 kDa y están unidas por un enlace disulfuro. Las prolaminas que también se conocen como aveninas son muy solubles en solución acuosa de alcohol, además de que son ricas en azufre y tienen cantidades altas de prolina y ácido glutámico, mientras que las albúminas representan la fracción soluble en agua (Klose & Arendt 2012). En el endospermo, a comparación de la cáscara, es rico en prolina y ácido glutámico; mientras que la cáscara contiene más fenilalanina que el embrión y el endospermo (Makinen et al. 2017). Las proteínas de avena tienen propiedades tecno-funcionales (Spaen & Valle 2021). Las propiedades emulsificantes y de solubilidad de esta proteína son escasas debido al despliegue de las globulinas de la avena y en condiciones ácidas, baja su solubilidad, limitando la aplicación de las proteínas de avena en espumas y emulsiones (Brückner-Gühmann et al. 2019). Sin embargo, gracias a los tratamientos físicos, químicos o enzimáticos, estas proteínas pueden mejorar sus propiedades tecno-funcionales (Makinen et al. 2017).

Se ha demostrado que las proteínas tratadas con enzimas como tripsina, alcalasa, transglutaminasa o glutaminasa aumentan las propiedades de emulsificación, de igual forma mejoran la solubilidad de las proteínas, además de producir péptidos bioactivos por los cortes enzimáticos (Jiang et al. 2015). Así mismo, la proteína de avena y sus geles a base de hidrolizado en condiciones neutras o poco alcalinas muestran buena capacidad para retener agua, lo que sugiere que pueda utilizarse como ingrediente gelificante de origen vegetal proporcionando textura y estructura a los alimentos (Brückner-Gühmann et al. 2019). Recientemente se demostró que la proteína de avena puede servir para producir un análogo de carne mediante una mezcla con fitasa (enzimas que catalizan la hidrólisis del complejo fitato), un proceso de fermentación, y posteriormente cocción por extrusión, da como resultado un análogo de carne con un aumento de proteínas y aminoácidos, mostrando un buen color, sabor y capacidad de retención de agua (Kaleda et al. 2020). También se han utilizado concentrados de proteína de avena gracias a la gelatinización del almidón, permitiendo aumentar la viscosidad y obtener productos como yogur con beneficios nutricionales, alta sostenibilidad y mejor calidad sensorial (Brückner-Gühmann et al. 2019). El consumo de proteína de avena aumenta los niveles de glucógeno hepático y disminuye los niveles de nitrógeno ureico en la sangre (Xu et al. 2013). Varios estudios informaron que el consumo de proteínas de avena es seguro para personas celiacas, siempre y cuando estén libres de gluten (Fritz & Chen 2018); según la normativa de la UE, la avena y sus derivados se pueden considerar libres de gluten si tienen un nivel máximo de contaminación por gluten no mayor a 20 ppm (European Commission, 2014).

4. PROTEÍNAS OBTENIDAS A TRAVÉS DE INSECTOS

Otra fuente importante de proteína son los insectos. Tradicionalmente, en México el chapulín (*Sphenarium purpurascens*) se consume en forma de condimento, botana o se usan en platillos gourmet (Ibarra-Herrera et al. 2020). Los chapulines tienen gran potencial como alimento por su alto contenido de proteína y también pueden ser capaces de satisfacer el nivel de aminoácidos que recomienda la FAO (Nowak et al. 2016). El consumo de este tipo de insectos en porciones establecidas puede ser equivalente al consumo de carne de res y pollo, debido a su gran contenido nutricional (Hernández et al. 2020). Sin embargo, en algunas regiones del mundo se tiene un gran desaprovechamiento del chapulín para ser consumido como alimento, por ello en la actualidad se ha puesto gran interés en innovar formulaciones alimenticias basadas en insectos comestibles. Hoy en día se plantea que la proteína de chapulín puede combatir problemas graves de desnutrición en zonas de difícil disponibilidad de agua para producción de ganado

vacuno (Aragón-García et al. 2018). El valor nutricional de esta proteína indica un contenido de proteínas de alto valor biológico con un buen nivel de digestibilidad. Los aminoácidos que se encuentran en mayor proporción son isoleucina, leucina, lisina, metionina y cisteína, entre otros (Rodríguez-Miranda et al. 2019). El valor de PDCAAS de la proteína de *Sphenarium purpurascens* es de 0.64 (Ramos-Elorduy et al. 2012). Por otra parte, provee una buena cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, además de poseer importante contenido de carbohidratos y minerales que podría contribuir a una dieta balanceada (Rodríguez-Miranda et al. 2019).

5. PROTEÍNAS OBTENIDAS DE HONGOS

Otra fuente de proteína son las provenientes de los hongos denominadas Micoproteínas. Estas han alcanzado gran popularidad debido a los beneficios que proporcionan a la salud, su perfil nutricional, su bajo costo de producción, y su poco impacto ambiental (Hashempour-Baltork et al. 2020). Las micoproteínas son el alimento que se obtiene por la biomasa fúngica filamentosa utilizada para el consumo humano (Boland et al. 2013). Los hongos filamentosos son fuentes potenciales como sustituto de carne debido a su alto valor biológico y rápido desarrollo, y el hongo filamentoso mayormente utilizado para la producción de micoproteínas a nivel comercial es *Fusarium venenatum* (Derbyshire & Delange 2021). Los productos a base de micoproteínas poseen una textura similar a la carne debido a que son procesadas de tal manera que preservan la estructura de la hifa creando haces filamentosos, similar a las proteínas fibrilares de la carne (Colosimo et al. 2020). La producción de micoproteína por medio del hongo *F. venenatum* comienza con el cultivo de este último bajo condiciones controladas y manteniendo las variables de temperatura, pH, concentración de nutrientes, oxígeno y tasa de crecimiento constantes (Giavasis et al. 2019). Posteriormente, se inocula un fermentador de flujo continuo utilizando glucosa como sustrato, y amoníaco como fuente de nitrógeno. Luego de la inoculación, inicia el crecimiento del hongo mediante el bombeo de aire provocando una elevación y recirculación, y cuando se alcanza un nivel adecuado de sólidos en recirculación, la micoproteína es recolectada. El caldo de fermentación se somete a centrifugación para ser clarificado y los sólidos resultantes son concentrados mediante enfriamiento al vacío obteniendo micoproteína con textura similar a la de la carne con aproximadamente 24% de sólidos totales (Finnigan, 2017).

En el ámbito de la nutrición y salud humana, se han realizado varios estudios sobre la ingesta de micoproteínas.

Coelho et al. (2020) investigaron el efecto de las micoproteínas sobre el colesterol proporcionando 1.2 g de proteína por kilogramo de peso corporal suministrada por Quorn™, y se observaron efectos benéficos sobre el lipidoma plasmático, disminuyendo el colesterol plasmático total y el colesterol libre en la micoproteína y se sugirió que estos efectos de reducción del colesterol pueden atribuirse al contenido o tipo de fibra presente. También se realizaron estudios sobre el impacto en los niveles de insulina. Dunlop et al. (2017) demostraron que se puede presentar hiperinsulinemia más lenta a causa de la ingestión de micoproteínas en comparación con la proteína de la leche. Del mismo modo, Bottin et al (2016) realizaron un estudio en personas con sobrepeso y obesidad y el efecto al consumir micoproteína, esto se comparó con harinas de pollo con el mismo valor energético. Los resultados obtenidos demostraron que la comida con micoproteína reduce las concentraciones de insulina. La aplicación de las micoproteínas en los alimentos se ve reflejada por la marca Quorn™ originaria del Reino Unido. Esta marca produce gran diversidad de productos como: nuggets, rebanadas de pepperoni, jamón ahumado, salchichas, carne para hamburguesa, entre otros.

6. CONTENIDO DE AMINOÁCIDOS ESENCIALES DE LOS DIFERENTES TIPOS DE PROTEÍNA

Los aminoácidos son nutrientes necesarios para la síntesis de proteínas, además de participar como moléculas bioactivas que desempeñan funciones importantes en la nutrición y metabolismo (Nie et al. 2018). El contenido de aminoácidos esenciales en una proteína es un factor primordial para saber si ésta es de buena calidad o no. Los aminoácidos esenciales son los que determinan el valor biológico de una proteína, es por lo que las porciones que son administradas en la dieta deben ser monitoreadas para que se logre satisfacer las demandas de nitrógeno para el crecimiento, la síntesis y la reparación de los tejidos (Gutiérrez et al. 2020).

Solo 20 aminoácidos forman parte de las proteínas de los cuales 9 son aminoácidos esenciales. Y se denominan esenciales porque el organismo no los puede sintetizar y estos tienen que obtenerse de fuentes externas, principalmente de los alimentos (Nie et al. 2018).

En la Tabla.1 se muestra el contenido de aminoácidos esenciales de las diferentes fuentes de proteína para consumo humano que fueron abordadas en el presente artículo. La proteína de soya en forma de aislado presenta un mayor contenido de leucina con un 8.2 g/100 g de proteína, en comparación con la carne que tiene 7.0 g/100 g de proteína. Por otro lado, la proteína de chícharo tiene al menos 1.6 g/100g de proteína del aminoácido esencial histidina el cual es muy cercano al valor de la carne con 2.0

g/100 g de proteínas. En el caso de la proteína de avena, ésta tiene un contenido de valina con 2 g/100 g de proteína, similar al de la proteína de soya (2.7 g/100 g de proteína).

La proteína de chapulín muestra un gran potencial en cuanto al contenido de aminoácidos esenciales en comparación con la carne, ya que tan sólo el contenido de fenilalanina es mucho mayor (10.3 g/100 g de proteína) que en la carne (6.0 g/100g proteína). En adición, el contenido de leucina en chapulín es mayor que en carne. Por último, las micoproteínas representan una excelente fuente de aminoácidos esenciales, teniendo valores superiores de contenido de algunos aminoácidos en comparación con la carne y las demás proteínas.

Tabla 1. Contenido de aminoácidos esenciales en g/100g en fuentes de proteína.

Aminoácidos esenciales	Carne Okunshanova et al. 2017	Aislado de proteína de soya Thrane et al. 2017	Chícharo (<i>Pisum sativum L.</i>) Gorissen et al. 2018	Avena (<i>Avena sativa</i>) Gorissen et al. 2018	Chapulín (<i>Sphenarium purpurascens</i>) Ramos-Elorduy et al. 2012	Micoproteínas Finnigan et al. 2017
Isoleucina	4.0	4.9	2.3	1.3	4.2	5.2
Leucina	7.0	8.2	5.7	3.8	8.9	8.6
Treonina	4.0	3.7	2.5	1.5	3.1	5.5
Fenilalanina	6.0	5.2	3.7	2.7	10.3	4.9
Lisina	5.5	6.4	4.7	1.3	5.7	8.3
Histidina	2.0	2.6	1.6	0.9	2.2	3.5
Valina	5.0	5.1	2.7	2	5.7	6.2
Metionina	3.5	1.3	0.3	0.1	2.5	2.1
Triptófano	1.0	1.4	-	-	0.7	1.6

7. CARNE IN VITRO

Esta es una nueva tendencia que consiste en el uso de ingeniería de tejidos para recrear la estructura de los músculos de los animales de granja con una cantidad mínima de células cultivadas in vitro. El proceso se realiza mediante una biopsia al animal, posteriormente este trozo de músculo se corta para provocar la liberación de las células madre, que pueden proliferar o transformarse en células musculares y células grasas (Post, 2014). El propósito principal para crear carne in vitro recae sobre la necesidad de disminuir la cantidad de animales que se sacrifican para obtener proteína para consumo humano (Ben-Arye & Levenberg 2019) y aunado a la idea es que este producto vaya dirigido a consumidores que no quieren cambiar su dieta (Hocquette et al. 2020). Sin embargo, existen controversias en torno a la producción de este tipo de carne, debido a que se necesita un medio de crecimiento adecuado para las células, el cual se obtiene de la sangre de terneros. Sin embargo, Tuomisto & de Mattos (2011) reportan una estimación en un análisis sobre la sustentabilidad del cultivo in vitro, indicando que se produce de 78% a un 96% menos de emisiones efecto invernadero, un 99% menos de uso de la tierra y un 82% a un 96% menos de uso de agua.

Por otra parte, Lynch & Pierrehumbert (2019) argumentan que el calentamiento global es menor con la carne cultivada pero un periodo muy corto, esto debido a que el CO2 se mantiene por mucho más tiempo en la atmósfera en comparación con el metano. Aún es necesaria mucha investigación al respecto, la producción de carne in vitro presenta varias controversias desde las cuestiones éticas, legales e incluso religiosas (Hocquette et al. 2020). Además de desventajas como que este tipo de carne no puede contener ciertos micronutrientes en comparación con la carne animal y que son necesarios para la nutrición humana. Otro inconveniente es que no todas las líneas celulares son aptas para cultivar, lo que representa la aparición de problemas durante la producción (Cartín-Rojas & Ortiz 2018).

8. CONCLUSIONES

Las fuentes de proteínas derivadas de vegetales, hongos e insectos representan alternativas al consumo de proteína de origen animal, podrían cubrir las demandas nutricionales de los consumidores si se suministran en las porciones adecuadas. Principalmente las micoproteínas, indican tener una menor huella ecológica y suelen ser más económicas, sin embargo, es necesario continuar en la búsqueda de micoproteínas para una industrialización y producción más eficiente y de alcance a diversas poblaciones. Por su parte, la producción cárnica in vitro es una alternativa que se encuentra en nivel laboratorio, sin embargo tendrá muchos retos que vencer hacia la industrialización. El panorama claro se dirige a que es necesario continuar con la búsqueda, investigación y desarrollo de proteínas alternas a las cárnicas, proteínas sustentables para satisfacer las futuras demandas mundiales.

9. REFERENCIAS

- Aragón-García A, Rodríguez-Lima R, Pino-Moreno M, Aragón-Sánchez M, Ángeles C, García-Pérez A (2018) Valor nutritivo de la harina del chapulín *Sphenarium purpurascens* Charpentier, 1845 (Orthoptera: Pyrgomorphidae) tostado y natural. *Entomol. mexicana*. 5: 106-112.
- Babault N, Paizis C, Deley G, Guérin-Deremaux L, Saniez H, Lefranc-Millot C, Allaert A (2015) Pea proteins oral supplementation promotes muscle thickness gains during resistance training: a double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trial vs. Whey protein. *J. Int. Soc. Sports. Nutr.* 12: 3.
- Banaszek A, Townsend R, Bender D, Vantrease C, Marshall C, Johnson D (2019) The effects of whey vs. pea protein on physical adaptations following 8-weeks of high-intensity functional training (hifit): a pilot study. *Sports (Basel)*. 7: 12.
- Ben-Arye T, Levenberg S (2019) Tissue engineering for clean meat production. *Front. Sustain. Food. Syst.* 3:46.
- Berrazaga I, Micard V, Gueugneau M, Walrand S (2019) The role of the anabolic properties of plant- versus animal-based protein sources in supporting muscle mass maintenance: A Critical Review *Nutrients* 8: 1825.

Boland MJ, Rae AN, Vereijken JM, Meuwissen MP, Fischer AR, van Boekel MA, Rutherfurd, SM, Gruppe PJ, Hendriks WH (2013) The future supply of animal-derived protein for human consumption. *Trends. Food. Sci. Technol.* 29: 62-73.

Bottin JH, Swann JR, Cropp E, Chambers ES, Ford HE, Ghatei MA, Frost GS (2016) Mycoprotein reduces energy intake and postprandial insulin release without altering glucagon-like peptide-1 and peptide tyrosine-tyrosine concentrations in healthy overweight and obese adults: a randomised-controlled trial. *Br. J. Nutr.* 2:360-374.

Boukid F (2021) Oat proteins as emerging ingredients for food formulation: Where we stand?. *Eur. Food. Res. Technol.* 247:535-544.

Boye J, Wijesinha-Bettoni R, Burlingame B (2012) Protein quality evaluation twenty years after the introduction of the protein digestibility corrected amino acid score method. *Br. J. Nutr.* 108: S183-S211.

Brückner-Gühmann M, Vasil'eva E, Culetu A, Duta D, Sozer N, Drusch S (2019) Oat protein concentrate as alternative ingredient for non-dairy yoghurt-type product. *J. Sci. Food. Agric.* 13: 5852-5857.

Cabanos C, Matsuoka Y, Maruyama N (2021) Soybean proteins/peptides: A review on their importance, biosynthesis, vacuolar sorting, and accumulation in seeds. *Peptides*. 143:170598.

Cartín-Rojas A, Ortiz P (2018) Ventajas y desventajas del cultivo de carne in vitro: perspectivas desde la seguridad alimentaria. *Rev. Med. Vet.* 36: 135-144.

Coelho MO, Monteyne A, Dirks ML, Finnigan TJ, Wall BJ (2020) Daily mycoprotein consumption for 1 week does not affect insulin sensitivity or glycaemic control but modulates the plasma lipidome in healthy adults: a randomised controlled trial. *Br. J. Nutr.* 2:147-160.

Colosimo R, Warren FJ, Edwards CH, Finnigan TJ, Wilde PJ (2020) The interaction of α -amylase with mycoprotein: Diffusion through the fungal cell wall, enzyme entrapment, and potential physiological implications. *Food. Hydrocoll.* 108: 106018.

Derbyshire EJ, Delange J (2021) Fungal Protein – What Is It and What Is the Health Evidence? A Systematic Review Focusing on Mycoprotein. *Front. Sustain. Food. Syst.* 5: 18.

Dunlop MV, Kilroe SP, Bowtell JL, Finnigan TA, Salmon DL, Wall BT (2017) Mycoprotein represents a bioavailable and insulinotropic non-animal-derived dietary protein source: a dose-response study. *Br. J. Nutr.* 9: 673-685.

European commission (2014) Commission implementing regulation (EU) No 828/2014 on the requirements for the provision of information to consumers on the absence or reduced presence of gluten in food [online]. *Offic. J. Eur. Un.* Available from https://www.fsai.ie/uploadedFiles/Reg828_2014.pdf [fecha de revisión 19 Enero 2022].

Farhadi S, Ovchinnikov RS (2018) The relationship between nutrition and infectious diseases: A review. *Biomed. Biotechnol. Res.* 2: 168-172.

Finnigan T, Needham L, Abbott C (2017) Mycoprotein: A healthy new protein with a low environmental impact. In: *Sustainable Protein Sources*. Academic Press. 305-325 pp.

- Finnigan T, Needham L, Abbott C (2017) Mycoprotein: A healthy new protein with a low environmental impact. In: Sustainable Protein Sources. Academic Press. 305-325 pp.
- Fritz RD, Chen Y (2018) Oat safety for celiac disease patients: theoretical analysis correlates adverse symptoms in clinical studies to contaminated study oats. *Nutr. Res.* 60:54-67.
- Garibaldi LA, Andersson G, Fernández FC, Pérez-Méndez N (2018) Seguridad alimentaria, medio ambiente y nuestros hábitos de consumo. *Rev. Asoc. Argent. Ecol.* 3: 572-580.
- Giavasis I, Seviour RJ, Hudman P, McNeil B (2019) Fungal bioproducts for use in food: polysaccharides, organic acids, and mycoprotein. In advances in food bioproducts and bioprocessing technologies. 512-536 pp.
- Gorissen SH, Crombag JJ, Senden JM, Waterval WA, Bierau J, Verdijk LB, van Loon LJC (2018) Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids.* 50: 1685-1695.
- Gutiérrez C, Lares M, Sandoval J, Hernández MS (2020) Aminoácidos de cadena ramificada: implicaciones en la salud. *Rev. Digital Postgrado.* 9(2).
- Hashempour-Baltork F, Khosravi-Darani K, Hosseini H, Farshi P, Reihani SF (2020) Mycoproteins as safe meat substitutes. *J. Clean. Prod.* 253: 119958.
- Hernández C, L, Olvera TF, Luna FV, Sánchez C (2020) Diseño y determinación del valor nutritivo de una formulación de un alimento enriquecido con *Sphenarium purpurascens*. *Educatconciencia.* 25: 57-69.
- Hocquette J, Chriki S, Tourre L (2020) The myth of cultured meat: a review. *Front. Nutr.* 7:7.
- Huang S, Wang LM, Sivendiran T, Bohrer BM (2017) Review: Amino acid concentration of high protein food products and an overview of the current methods used to determine protein quality. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 58(15): 2673-2678.
- Hughes GJ, Ryan DJ, Mukherjea R, Schasteen CS (2011) Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Scores (PDCAAS) for Soy Protein Isolates and Concentrate: Criteria for Evaluation. *J. Agric. Food. Chem.* 59:12707-12712.
- Ibarra-Herrera CC, Acosta-Estrada B, Chuck-Hernández C, Serrano-Sandoval SN, Guardado-Félix D, Pérez-Carrillo E (2020) Nutritional content of edible grasshopper (*Sphenarium purpurascens*) fed on alfalfa (*Medicago sativa*) and maize (*Zea mays*). *CyTA. J. Food.* 18: 257-263.
- Jiang ZQ, Sontag-Strohm T, Salovaara H, Sibakov J, Kanerva P, Loponen J (2015) Oat protein solubility and emulsion properties improved by enzymatic deamidation. *J. Cereal. Sci.* 64:126-132.
- Kaleda A, Talvistu K, Tamm M, Viirma M, Rosend J, Tanilas K, Kriisa M, Part N, Tammik ML (2020) Impact of fermentation and phytase treatment of pea-oat protein blend on physicochemical, sensory, and nutritional properties of extruded meat analogs. *Foods.* 9: 1059.
- Karaca AC, Low N, Nickerson M (2011) Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. *Int. Food. Res. J.* 44: 2742-2750.
- Klose C, Arendt EK (2012) Proteins in oats; their synthesis and changes during germination: a review. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 52: 629-639.
- Lam AC, Karaca AC, Tyler RT, Nickerson MT (2018) Pea protein isolates: structure, extraction and functionality. *Food. Rev. Int.* 34: 126-147.
- Liang HN, Tang CH (2013) pH-dependent emulsifying properties of pea [*Pisum sativum* (L.)] proteins. *Food. Hydrocoll.* 33: 309-319.
- Lu ZX, He JF, Zhang YC, Bing DJ (2019) Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Crit. Rev. Food. Sci. Nutr.* 60: 2593-2605.
- Lynch JV, Pierrehumbert R (2019) Climate Impacts of Cultured Meat and Beef Cattle. *Front Sustain. Food. Syst.* 3:5.
- Makinen OE, Sozer N, Ercili-Cura D, Ercili-Cura K (2017) Protein From Oat: Structure, Processes, Functionality, and Nutrition. In Sustainable Protein Sources. Academic Press. 105-119 pp.
- Martínez-Álvarez O, Iriondo-DeHond A, Gómez-Estaca J, Dolores del Castillo M (2021) Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario. *Distr. Consum.* 1: 51-62.
- McCarthy NA, Kennedy D, Hogan SA, Kelly PM, Thapa K, Murphy KM, Fenelon MA (2016) Emulsification properties of pea protein isolate using homogenization, microfluidization and ultrasonication. *Int. Food. Res. J.* 415-421.
- Nie C, He T, Zhang W, Zhang G, Ma X (2018) Branched Chain Amino Acids: Beyond Nutrition Metabolism. *Int. J. Mol. Sci.* 19:954.
- Nishinari K, Fang Y, Nagano T, Guo S, Wang R (2018) Soy as a food ingredient. In Proteins in Food Processing. Woodhead Publishing. 149-186 pp.
- Nowak V, Persijn D, Rittenschober D, Charrondiere UR (2016) Review of food composition data for edible insects. *Food Chem.* 193: 39-46.
- Okuskhanova E, Assenova B, Rebezov M, Amirkhanov K, Yessimbekov Z, Smolnikova F, Nurgazezova A, Nurymkhan G, Stuart M (2017) Study of morphology, chemical, and amino acid composition of red deer meat. *Vet. World.* 10: 623-629.
- Post MJ (2014) Cultured beef: medical technology to produce food. *J. Sci. Food. Agric.* 94: 1039-1041.
- Quesada D, Gómez G (2019) ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Rev. Nutr. Clin. Metab.* 2: 79-86.
- Ramos-Elorduy B, Pino MJ, Martínez CV (2012) Could Grasshoppers Be a Nutritive Meal? *Food. Sci. Nutr.* 3: 164-175.
- Ribotta PD, Colombo A, Rosell CM (2012) Enzymatic modifications of pea protein and its application in protein-cassava and corn starch gels. *Food. Hydrocoll.* 27: 185-190.
- Rodríguez-Miranda J, Alcántar-Vázquez JP, Zúñiga-Marroquín T, Juárez-Barrientos JM (2019) Insects as an alternative source of protein: a review of the potential use of grasshopper (*Sphenarium purpurascens* Ch.) as a food ingredient. *Eur. Food Res. Technol.* 245: 2613-2620.
- Schweiggert-Weisz U, Eisner P, Bader-Mittermaier S, Osen R (2020) Food proteins from plants and fungi. *Curr. Opin. Food. Sci.* 32: 156-162.
- Sey MS, Parfitt J, Parfitt J (2011) Prospective study of clinical and histological safety of pure and uncontaminated Canadian oats in the management of celiac disease. *JPEN. J. Parenter. Enteral. Nutr.* 459-464.