

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

**ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA
I DEL MEDI NATURAL**



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

TRABAJO FINAL DE GRADO

**ALIMENTOS SINTÉTICOS Y SU PROYECCIÓN DE FUTURO:
ASPECTOS LEGALES, MEDIOAMBEINTALES Y ÉTICOS.**

ALUMNO: JUAN SOUCASE GÓMEZ

TUTOR/A: DRA. FRANCISCA RAMÓN FERNÁNDEZ

CURSO ACADÉMICO: 2020/2021

Valencia, 26 de julio de 2021

Alimentos sintéticos y su proyección de futuro: aspectos legales, medioambientales y éticos.

Resumen

En dicho trabajo de investigación se abordará la temática de los alimentos sintéticos desde la perspectiva legal y ética. Se atenderá a un enfoque sobre la posible necesidad de un mayor desarrollo con el objetivo de reducir la huella de carbono, y atender a los objetivos de desarrollo sostenible. Se tratarán aspectos sobre innovación, fabricación y aceptación por parte del consumidor; asimismo hablaremos también sobre la seguridad y la legalidad de los alimentos en cuestión. Para llevar a cabo el estudio, se analizará la normativa española vigente correspondiente al tema, se estudiarán las tendencias de consumo hacia uno más sostenible, se profundizará sobre el desarrollo necesario que requiere este campo con fines de futuro y por último se investigarán aspectos relativos a la moralidad y aceptación.

Abstract

In this project of investigation the theme of synthetic food will be addressed from a legal and ethic perspective. It will be focused on the possible need of a bigger development with the objective of reducing the carbon dioxide print and attend the objectives of a sustainable development. Aspects as innovation, manufacturing and consumer acceptance will be treated; likewise we will also talk about security and legality of the food in concern. In order to carry out the study, the spanish regulations will be analysed, the consumption tendencies into a more sustainable ones will be studied, the necessary development needed with future perspectives about this theme will be treated in depth and finally, aspects related to morality and acceptance will be investigated.

Palabras Clave

Seguridad, necesidad, innovación, aceptación, investigación, impacto ambiental, consumo, ética, objetivos de desarrollo sostenible, legislación.

Key words

Security, necessity, innovation, acceptance, investigation, environmental impact, consumption, ethic, objectives of sustainable development, legislation.

Autor: Juan Soucase Gómez

Tutora Académica: Dra. Francisca Ramón Fernández

Valencia, 22 de julio de 2021

A mis padres por darme la oportunidad
de seguir formándome académicamente.

Índice

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS	2
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
4.	TENDENCIAS DE CONSUMO DE LA SOCIEDAD ACTUAL	3
5.	ALIMENTOS SINTÉTICOS: LA CARNE SINTÉTICA.....	4
5.1	Retos tecnológicos	6
5.1.1	Selección de fuente celular	6
5.1.2	Medios de cultivo	7
5.1.3	Estructura (andamiaje).....	8
5.1.4	Biorreactores	8
5.1.5	Coste de producción.....	9
5.1.6	Características Organolépticas	10
6.	IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE SINTÉTICA FRENTE A LA CARNE CONVENCIONAL	13
7.	OTROS ASPECTOS POSITIVOS DE LA CARNE SINTÉTICA	15
7.1	Bienestar animal	15
7.2	Nutracéutica.....	16
7.3	Rapidez de producción	16
8.	SEGURIDAD: riesgos para la salud humana del consumo de carne sintética	17
9.	ASPECTOS LEGALES: entrada al mercado de la carne sintética	18
9.1	Marco Regulatorio en la UE:	18
9.2	Marco Regulatorio en España:.....	21
10.	CONSIDERACIONES ÉTICAS Y MORALES DEL CONSUMO DE CARNE SINTÉTICA	22
11.	PROYECCIÓN DE FUTURO DE LA CARNE SINTÉTICA	28
12.	CONCLUSIONES.....	29
13.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

Índice de figuras y tablas

Figura 1. Proceso productivo de la carne sintética.

Figura 2. Emisiones por especie de gases de efecto invernadero, incluidas las emisiones por productos comestibles, y de otros bienes y servicios.

Figura 3. Intensidad de las emisiones por kg de proteína.

Figura 4. Proceso de autorización para el comercio de un nuevo producto.

Tabla 1. Voluntad de los participantes de interactuar con el producto.

Tabla 2. Encuesta representativa sobre aceptación de la carne cultivada.

Tabla 3. Porcentaje de judíos que consumen y estarían dispuestos a consumir diferentes tipos de carne y carne cultivada.

Tabla 4. Porcentaje de musulmanes que consumen y estarían dispuestos a consumir distintos tipos de carne y carne cultivada.

ABREVIATURAS

- **CO₂**: Dióxido de Carbono (Siglas del inglés Carbon dioxide)
- **ECNT**: Enfermedades Crónicas No Transmisibles
- **EFSA**: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (Siglas del inglés European Food Safety Authority)
- **FAO**: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Siglas del inglés Food and Agriculture Organization of the United Nations)
- **OMG**: Organismos Modificados Genéticamente
- **ONU**: Organización de las Naciones Unidas
- **UE**: Unión Europea

1. INTRODUCCIÓN

Para el año 2050, la población mundial habrá aumentado a una cifra de alrededor 9 billones de personas. Nuestros sistemas productivos de alimentos deberán ser capaces de lograr proporcionar alimentos de una manera sostenible y sin embargo actualmente estos sistemas parecen no ser adecuados para cumplir dicho prospecto de futuro (World Economic Forum, 2018).

Existe una urgente necesidad de reducir el agotamiento de los recursos, donde las actividades agrícolas consumen gran parte de estos recursos naturales como el agua dulce, la explotación de tierras o emisiones de gases. Los sistemas de producción agrícolas actuales siguen los patrones dietarios de la población y es por ello que se sugieren cambios en la dieta que pueden conllevar cambios con efectos beneficiosos para el medio ambiente y la salud (Aleksandrowicz et al., 2016). Una dieta sostenible se define como aquella que es saludable, con poco impacto ambiental, asequible y culturalmente aceptable (FAO, 2010).

Poniendo el foco sobre la producción y el consumo de carne, el cual está disminuyendo en algunos países desarrollados pero su consumo global está en aumento sobre todo en países en desarrollo con una población que puede permitirse de manera más asidua el consumo de carne y otros productos de origen animal (Chriki y Hocquette, 2020).

El impacto negativo de los sistemas de producción de carne está siempre bajo debate en los últimos años y es que los niveles de recursos que se emplean son insostenibles del mismo modo que la elevada generación de gases de efecto invernadero y los riesgos para la salud humana que implican un consumo excesivo (Lo Sapio, 2019). La búsqueda de alternativas a la carne ha puesto el punto de mira en el desarrollo de un alimento sintético como la carne cultivada gracias a las ciencias y tecnologías de tejidos y cultivos. Esta novedosa alternativa puede suponer la solución para reducir el consumo cárnico y con él los efectos adversos (Tomiyama et al., 2020).

La investigación de esta alternativa comenzó a llevarse a cabo por parte del sector aeroespacial, en una búsqueda de alimentos para los astronautas que llevó al desarrollo de innovadoras fórmulas con las que preparar y conservar alimentos para el espacio. Estos avances y la necesidad de suministrar proteína muscular llevaron a científicos e investigadores de la NASA a crear carne sintética, en un laboratorio, a partir de tejido muscular de una carpa dorada (*Carassius auratus*) (Arshad et al., 2017).

En 2013, el pionero doctor Mark Post de la universidad de Maastricht, consiguió elaborar la primera hamburguesa hecha con carne de laboratorio, que se obtuvo de células madre de tejido muscular vacuno, y que cocinada y degustada en una conferencia de prensa en Londres (Stephens et al., 2018).

Actualmente, Singapur ha autorizado el comercio de carne cultivada de pollo de la empresa Eat Just, sentando los precedentes para futuros productos y mercados (Listek, 2020).

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es ofrecer una visión detallada de un alimento sintético novedoso como es la carne cultivada como alternativa a la carne convencional. Se tratará de poner en perspectiva cómo este nuevo producto puede ser la mejor solución al problema actual del consumo excesivo de carne animal.

De esta manera, se realizará una investigación en profundidad sobre el proceso productivo, innovaciones y retos tecnológicos que deberán afrontar las ciencias como la biotecnología, tecnología de alimentos o la tecnología de cultivos celulares y tejidos.

Asimismo, los objetivos secundarios del presente proyecto son ofrecer una visión realista de la situación actual de esta tecnología que se enfrenta a desafíos, como reducción de la contaminación, la aceptación por parte del consumidor, los aspectos morales y éticos, la seguridad o la autorización para el comercio y consumo del producto.

Por tanto, se llevará a cabo un análisis sobre los impactos ambientales, las tendencias de consumo y aspectos clave en la aceptación del consumidor mediante el análisis de estudios estadísticos ya realizados sobre el tema. Y se tratarán de localizar qué aspectos morales y éticos son los que pueden influir en el consumo o rechazo de este tipo de alimento en la población global.

En cuanto a la seguridad, se identificarán los peligros potenciales que puede conllevar la manipulación de carne cultivada.

En el marco legislativo, al no existir una regulación específica para este tipo de producto, el trabajo se centrará en localizar las normativas que se deberían cumplir para su comercio y que puedan servir de guía para que las autoridades puedan elaborar una legislación acorde a las necesidades identificadas. Se hará enfoque sobre la normativa europea y española.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar este trabajo se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de documentos de carácter científico, social, ético y jurídico.

El contenido científico y técnico se ha extraído de artículos, revistas y estudios obtenidos de bases de datos en línea como Pubmed o Dialnet, ya que disponen de gran cantidad de artículos. También se han consultado páginas web y blogs especializados en la temática tratada.

Para la revisión legislativa europea se ha utilizado EUR-Lex donde se han encontrado las publicaciones online concernientes, del mismo modo que se ha consultado el Boletín Oficial del Estado (BOE) para el estudio de la legislación española. Como apoyo, se han consultado, además, artículos de entendidos de la materia.

Los aspectos sociales y éticos se han tratado mediante artículos consistentes en estudios estadísticos y encuestas, cuyos autores son expertos de este ámbito.

Gracias a la información estudiada se han obtenido una serie de nuevos conocimientos que pueden verse plasmados en el actual trabajo.

4. TENDENCIAS DE CONSUMO DE LA SOCIEDAD ACTUAL

Los hábitos de consumo alimentarios están cambiando desde hace ya algunos años, atrás empieza a quedar el consumo tan elevado de comidas preparadas y ultraprocesados. El consumidor actual demanda alimentos más saludables y respetuosos con el medioambiente como consecuencia de un cambio de estilo de vida donde la sociedad es consciente de que los hábitos deben evolucionar hacia unos sostenibles y donde se ha tomado conciencia de la propia salud y bienestar. En pleno auge de las redes sociales, cada vez es mayor el panorama que anuncia o incita al consumo de productos frescos, naturales, ecológicos, probióticos o multivitamínicos. Como afán por concienciar a la población de llevar un estilo de vida y alimentación equilibrado y saludable. Por tanto, entra en juego la industria agroalimentaria que centra sus esfuerzos en llevar a cabo este viraje, ofreciendo al público demandante una alimentación saludable, segura, de calidad y sostenible.

Asimismo, el cliente cada vez demanda más el desarrollo de alimentos funcionales, que sean de ayuda para combatir y reducir las diversas enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) que son la principal causa de muerte en el mundo (Martínez et al., 2021).

La agricultura y la ganadería se acercan cada vez más al laboratorio, numerosos son los estudios y avances científicos que la ciencia de los alimentos ha desarrollado con el fin de optimizar el rendimiento de estas actividades mediante la investigación de nuevas formas de cultivo, modificaciones genéticas, métodos de cría y hasta el punto de ser capaces de fabricar alimentos de manera sintética sin tener que pasar por todos los procesos naturales que ello implica. Con todo lo mencionado estamos frente a lo que podría denominarse como un “nuevo orden alimentario” (Naranjo y Arias, 2020).

Este nuevo orden se presenta y debe verse como una solución activa a los problemas presentes como el agotamiento de las tierras, plagas, desperdicio alimentario, contaminación de las explotaciones y a los problemas futuros como el aumento de la población mundial, escasez de recursos o el cambio climático.

5. ALIMENTOS SINTÉTICOS: LA CARNE SINTÉTICA

Los avances tecnológicos en el campo de los cultivos celulares han permitido numerosos logros en la medicina regenerativa y de tejidos. Gracias a la biotecnología y la tecnología de alimentos, estos avances han podido ser trasladados al ámbito alimentario con la carne cultivada. La carne cultivada, “in vitro”; “de laboratorio” “sintética” o “artificial” entre los nombres con los que se le hace referencia de manera general, es un producto innovador en el cual se emplean técnicas de cultivo celular y de ingeniería de tejidos para la producción de tejido muscular como producto alimenticio (Stephens et al., 2018).

El proceso productivo implica el uso de técnicas de agricultura celular, donde en líneas generales, se aíslan células de interés y se controla su crecimiento y comportamiento en un medio adecuado, en condiciones adecuadas y que eviten contaminaciones.

Gracias a estos cultivos los científicos son capaces de estudiar los procesos que ocurren en las células para aplicaciones de la biotecnología, como la producción de moléculas de interés industrial o en la ingeniería de tejidos (Segretín, 2020). Sobre esta línea la producción de carne cultivada comienza con la obtención de células madre del músculo esquelético del animal, que en teoría pueden ser de cualquier especie, aunque las especificaciones sobre la producción varían según la especie. Por el momento el

desarrollo se ha centrado en las especies bovina, porcina, de aves como el pollo, pato o pavo y peces (Tuomisto, 2018). La obtención de estas células se realiza mediante una biopsia, por lo que apenas sufre estrés el animal (Bhat et al., 2019).

Tras la obtención de las células estas se cultivan en un biorreactor bajo condiciones ambientales muy controladas y junto con un medio de cultivo que le proporciona los nutrientes y factores de crecimiento necesarios para su proliferación (Chriki y Hocquette, 2020). El cultivo pasa por dos fases, en la primera fase las células proliferan y se multiplican hasta alcanzar la concentración celular deseada. En la segunda fase, sucede la diferenciación de las células a células musculares, y requieren de estimulación mecánica y eléctrica para potenciar la producción de proteína, mejorar la estructura y elongarse. Tras la diferenciación, se forman los miotubos (formados por los miocitos o células musculares) que continúan desarrollándose hasta alcanzar la condición de tejido muscular esquelético (Tuomisto, 2018).

A continuación, se expone una representación visual y sencilla de comprender sobre el proceso productivo de la carne sintética (Figura 1).

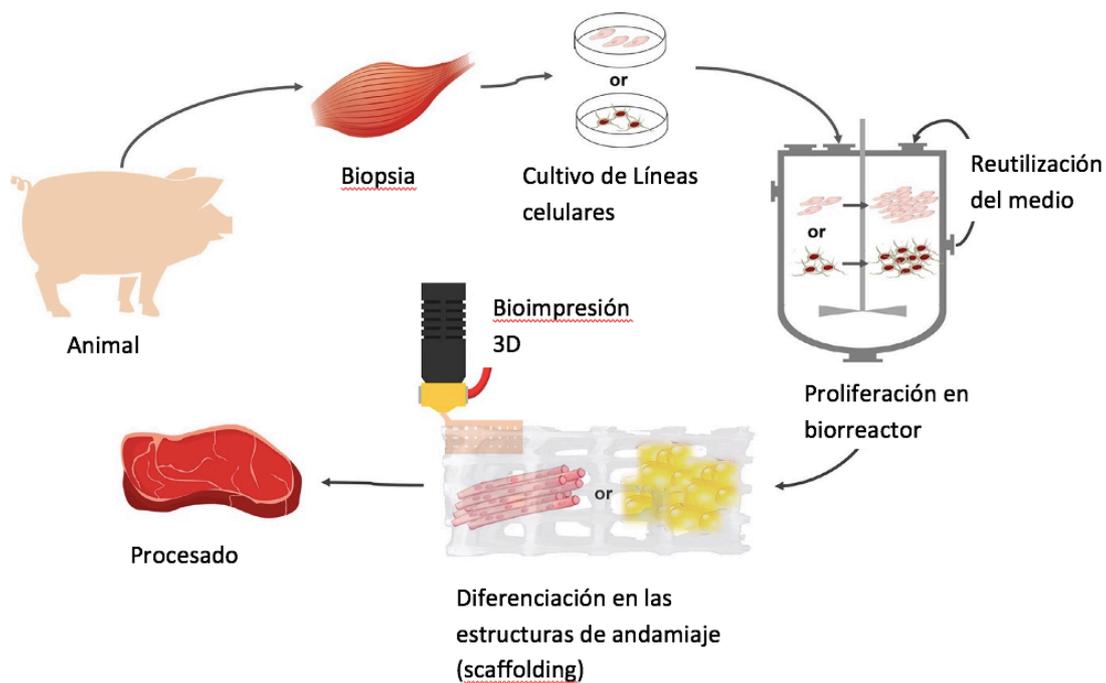


Figura 1. Proceso productivo de la carne sintética. Elaboración propia adaptado de: Guan et al. (2021).

El producto logrado presenta unas características generales muy similares a la carne convencional, exceptuando algunas limitaciones en cuanto a la estructura, textura y color que serán comentadas en los siguientes puntos.

5.1 Retos tecnológicos

Pese a la adelantada fase de desarrollo en la que se encuentra este nuevo producto, todavía quedan por pulir determinados aspectos y limitaciones tecnológicas los cuales se exponen a continuación:

5.1.1 Selección de fuente celular

La disponibilidad celular resulta fundamental para la producción de carne sintética. Las células se extraen mediante una biopsia del músculo esquelético del animal y existe debate en cuanto a la mejor forma de tratar las células, existen dos posibilidades, la primera consiste en aislar células primarias del tejido original y la segunda obtener líneas celulares (Stephens et al., 2018). La primera opción presenta la gran ventaja de que las células mantienen la mayor parte de las características de los tejidos de los que derivan, sin embargo, al crecer y multiplicarse estas células deben ir subcultivándose en nuevos recipientes con más nutrientes y espacio para seguir proliferando, y esta proliferación termina tras 10-20 pases cuando las células alcanzan la senescencia. Asimismo, aislar las células primarias es un proceso complejo y que puede introducir variabilidad entre muestras o contaminación afectando al desarrollo (Stephens et al., 2018, Specht et al., 2018). La segunda alternativa, líneas celulares continuas, consiste en seleccionar aquellas células con mutaciones (tras su subcultivo o pase) que tengan el potencial de multiplicarse de forma indefinida y sin perder la capacidad de crecimiento. La problemática que se presenta es que estas líneas obtenidas no suelen ser representativas de las obtenidas originalmente ya que se someten a numerosos pases y la evolución o mutaciones pueden modificarlas (Stephens et al., 2018). Es importante que las líneas celulares sean robustas y que ofrezcan un rendimiento constante a lo largo de muchos ciclos productivos (Specht et al., 2018).

Respecto al tipo de células a cultivar, las investigaciones en este campo se han centrado sobre todo en las células madre musculares pero otras células multipotentes como las células madre mesenquimales están en estudio por su elevada capacidad de proliferación y ventaja de desarrollarse en medio de cultivo exento de suero animal.

Otra alternativa puede ser las células madre embrionarias con capacidad de proliferación indefinida, pero conlleva dificultades a la hora de enfocar a líneas celulares musculares (Stephens et al., 2018).

5.1.2 Medios de cultivo

Es necesario que las células recogidas tras la biopsia tengan un medio adecuado donde desarrollarse y prosperar. Este medio se suele suplementar con 10%-20% de medio con factores de crecimiento (Stephens et al., 2018). Normalmente estos medios de cultivo de células animales están constituidos además por sueros de origen animal ya que su composición química es muy similar al medio natural de las células por lo que responden muy bien al desarrollo (Zhang et al., 2020). El suero fetal bovino o incluso de caballo son los más comunes ya que proporcionan las hormonas, nutrientes y factores de crecimiento necesarios para un desarrollo celular óptimo (Stephens et al., 2018).

El problema de usar este tipo de medios con suero animal es que causa cierta controversia ya que obtener los sueros implica sacrificar animales ya que, por ejemplo, el suero fetal bovino se obtiene de fetos no natos y resultaría ir en contra de los principios morales de esta tecnología (Moyano, 2021). Según indican Zhang et al. (2020) y Mengistie (2020) investigaciones como la de Brunner et al. (2010) o Benjaminson et al. (2002), han tratado de encontrar alternativas para el uso del suero de origen animal elaborando diversas formulaciones y reuniéndolas en una base de datos online donde se puede obtener información sobre las líneas celulares que se adecuan a los diversos medios libres del suero. En la misma línea, según indica Specht et al. (2018) siguiendo a Xian et al. (2014), otros estudios plantean mejoras en las prácticas de obtención de estos medios, sentando las bases para un mayor desarrollo de formulaciones. Con todo esto, aún son necesarias más investigaciones sobre el tema ya que los rendimientos de los medios exentos de suero animal están algo por debajo de los medios habituales (Zhang et al., 2020).

5.1.3 Estructura (andamiaje)

Uno de los objetivos de la carne “in vitro” es imitar el aspecto de la carne convencional, para ello se utilizan estructuras porosas que imitan la estructura y las funciones de la matriz extracelular, donde las células se adhieren y se desarrollan. Gracias a la porosidad se permite la entrada de nutrientes y la salida de sustancias de deshecho asegurando un correcto metabolismo celular (Guan et al., 2021, Spech et al., 2018).

Los materiales de la estructura de andamiaje pueden ser no comestibles, no comestibles pero degradables y comestibles, esto es importante de cara a la selección del material que se empleará ya que hay que tener en cuenta que no debe afectar a las características del producto final. Por ello, si se decide emplear materiales degradables se debe asegurar que se mantengan estables durante el proceso de producción y llegado el momento se degraden adecuadamente sin causar alteraciones. En el caso de que se usen materiales comestibles como colágeno, gelatina o fibrina, que además poseen de forma natural las características adecuadas para la adhesión y crecimiento de las células, estos pasarán a formar parte del producto final. Parece que esta última alternativa es muy ventajosa y se ha demostrado funcionar muy bien, sin embargo, se trata de productos derivados de animales por lo que surge una desavenencia al chocar con los reclamos principales de la carne “in vitro” que pretende estar libre de compuestos de origen animal. Así pues, otros materiales de origen vegetal, también comestibles, como el alginato o quitosano han dado buenos resultados en cultivos experimentales de mioblastos y adipocitos. Otra opción que se investiga es el empleo de la biotecnología para sintetizar expresiones recombinantes de colágenos (Guan et al., 2021, Spech et al., 2018).

5.1.4 Biorreactores

Para llevar la producción a gran escala, es necesario que los cultivos se realicen en suspensión en el interior de biorreactores (Moritz et al., 2015). Los biorreactores simulan el medio interno natural donde se desarrollan las células, tratando de imitar las funciones e interacciones entre órganos y células como el intercambio de nutrientes, gases y eliminar sustancias de deshecho (Guan et al., 2021).

Los biorreactores actuales no están preparados para una producción celular a gran escala que proporcionen la materia prima para la producción de carne cultivada. Los biorreactores convencionales para cultivo celular poseen 1-2 m³ de volumen de trabajo y se pueden customizar hasta 10-20 m³ (Zhang et al., 2020). Según Zhang et al, es probable que se prefiera utilizar muchos biorreactores de tamaño convencional en vez de menos, pero de mayor tamaño ya que ofrecen mayor flexibilidad y controlar daños más fácilmente en caso de contaminaciones.

Es importante de entre las diferentes alternativas emplear biorreactores que proporcionen las condiciones más favorables para el desarrollo celular y muchas son las investigaciones que se están llevando a cabo. Un ejemplo de estas investigaciones como indica Guan et al. (2021), siguiendo al grupo de científicos Li et al. (2020) que diseñó un biorreactor de elevación con aire 300 m³ y estimaron la velocidad óptima de transferencia de masa, mezcla y la energía de disipación para la producción de carne de laboratorio.

En la misma línea, aparte del control de los parámetros como la temperatura, pH, niveles de glucosa, ácido láctico, oxígeno y CO₂ disueltos que puede llevar a cabo un biorreactor inteligente mediante sensores, es fundamental la monitorización de la densidad celular, morfología y la caracterización genética y expresión proteica, como indican Specht et al. (2018) y Guan et al. (2021) siguiendo a Xu et al. (2018).

5.1.5 Coste de producción

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta esta tecnología es su alto coste de producción, lo que se traduce en un precio elevado del producto final. Para un producto que pretende ser accesible para toda la población no hace falta decir que es necesario optimizar la producción. La empresa Future Meat Technologies han reducido su coste de producción a 7,50\$ por porción de un cuarto de libra o lo que es lo mismo 56 euros por 113 gramos de carne de pollo, esto significa que se ha logrado reducir el costo de la carne en más de 1000 veces respecto a los primeros ensayos. (Starostinetskaya, 2021).

Parece ser que los costes más elevados de la producción se deben los medios de cultivo, y si se buscan soluciones de medios de cultivos sin componentes de origen animal estos medios pasan a representar del 55% al 95% de los costes de producción (Kolkmann et al., 2020). Estos costes se deben en gran parte a los ingredientes que contienen como las citoquinas (las cuales presentan estándares muy rigurosos para su obtención y de ahí deriva su elevado precio), por lo que resulta fundamental tratar de desarrollar unos estándares de calidad para ingredientes usados en la producción de carne cultivada para que de este modo los precios disminuyan y se ajusten al mercado (Guan et al., 2021).

5.1.6 Características Organolépticas

La temática sobre las características organolépticas preocupa y se debe analizar los requerimientos necesarios para asemejarse a la carne tradicional. Entre ellos se encuentran el color, sabor, estructura, textura y valor nutricional.

- Color

El color de la carne “in vitro” es de un tono grisáceo debido a la carencia de la expresión de mioglobina en condiciones de oxígeno ambientales, además es fundamental la presencia de hierro para la síntesis de esta hemomioglobina que se encarga de transportar el oxígeno y presenta ese color rojo tan característico. Por ello, se están estudiando diversas posibilidades para aumentar la presencia de mioglobina, como condiciones de hipoxia o añadir mioglobina directamente al medio, también se investiga sobre la adición de hierro para suplementar el medio, pero aún se desconocen detalles sobre estos procesos y las reacciones de las células (Fraeye et al 2020). Es probable que sea más sencillo el uso de colorantes alternativos frente a todas las dificultades que presenta imitar el color, ya en la famosa hamburguesa de Mark Post emplearon zumo de remolacha y azafrán para mejorar el color según Bhat et al. (2015) siguiendo a Zaraska (2013).

La temática del color va sobre todo enfocada a las carnes rojas, ya que para las carnes sintéticas como el pollo el color no es tan asociativo.

- Sabor

El sabor de la carne cuando se cocina se debe a las reacciones de Maillard y la degradación de los lípidos que generan cantidad de compuestos volátiles que contribuyen a su sabor. Toda la química envuelta en el proceso tiene su origen en la composición natural de la carne y que de manera artificial resulta en un enorme reto de reproducir. Con respecto a las grasas, es importante destacar su papel en el sabor y textura de la carne tradicional, por lo que se está investigando sobre la incorporación de grasa de origen vegetal o incluso de usar un cultivo de células musculares con adipocitos para incorporarla en la fase final del cultivo celular en la producción de carne “in vitro” (Fraeye et al., 2020).

Para tratar de imitar el sabor de los productos cárnicos más simples como hamburguesas o salchichas se pueden utilizar técnicas como añadir emulsiones que encapsulen las grasas o adicionar determinadas moléculas potenciadoras de sabor, en definitiva, emplear aditivos que se usan normalmente en la fabricación y procesado industrial de productos cárnicos (Tomiyama et al., 2020).

- Textura y Estructura

La creación de carne sintética imitando a piezas cárnicas como costillas o entrecots, está aún lejos de ser una realidad y esto se debe principalmente a la ausencia de un sistema vascular sanguíneo donde se transporten nutrientes y oxígeno a las células, y a las dificultades de difusión. Para poder crear piezas de carne más gruesas y grandes será necesario desarrollar un sistema parecido al sistema vascular y contar con adipocitos o fibroblastos que serían también cultivados y añadidos al cultivo. Pero cultivar estas células es complicado ya que cada una requeriría de un medio distinto lo que se traduce en un aumento de costes (Fraeye et al., 2020).

Las piezas cárnicas como hamburguesas, embutidos, nuggets de pollo y otras carnes procesadas son más fáciles de imitar al requerir de necesidades estructurales más simples. Sin embargo, la textura de imitación puede recordar a la de productos industrialmente procesados y no tanto a la de productos cárnicos frescos (Fraeye et al., 2020).

Recientemente la empresa israelí Aleph Farms ha logrado desarrollar un prototipo de pieza de carne tipo filete. Lo han conseguido gracias a la bioimpresión en 3D, y cultivando cuatro tipos de células en tres dimensiones e incorporando así grasa y un

sistema vascular para dotarlas de las cualidades y texturas de un filete convencional. La empresa ha indicado que aún deben seguir avanzando con la mira puesta en reducir el coste e incrementar la escalabilidad (Olivares, 2021, Romanos, 2019).

- Valor nutricional

La carne es un alimento muy rico en nutrientes gracias a su composición en proteínas y aminoácidos, vitaminas, minerales y micronutrientes. Por ello, es necesario que la carne cultivada sea enriquecida con estos mismos nutrientes y contenga un valor nutricional similar.

Uno de los aminoácidos más importantes presentes de forma natural en las carnes rojas es la creatina que proporciona energía al músculo para su contracción, y por otro lado la taurina que es otro aminoácido encargado de procesos metabólicos.

Las vitaminas del grupo B, pero sobre todo B12, con notable presencia en la carne, pero escasa en otros alimentos es vital para mantener el sistema nervioso y creación de glóbulos rojos (Fraeye et al., 2020).

Por su parte, micronutrientes como el hierro son de extrema necesidad que sean incorporados en cantidades óptimas ya que ayudan al organismo a fabricar hemoglobina para el transporte de oxígeno (Beard, 2001) y la carne tradicional es una fuente abundante.

Estos son algunos de los ejemplos de nutrientes que la carne cultivada requiere de incorporación. La idea es que la carne cultivada sea un alimento similar no solo en aspecto, pero nutricionalmente hablando a la carne tradicional y con la gran ventaja de poder investigar en la adición de otros nutrientes que la hagan aún más completa. Por ello, consideramos de vital importancia la necesidad de que se sigan estudiando maneras de incorporar estos micronutrientes a la carne “in vitro” con el objetivo de que su valor nutricional sea elevado y completo.

6. IMPACTO AMBIENTAL DE LA PRODUCCIÓN DE CARNE SINTÉTICA FRENTE A LA CARNE CONVENCIONAL

Se estima que alrededor del 30% de la superficie del planeta se emplea para agricultura, y de este porcentaje un 70% es ocupada por la ganadería. Asimismo, los datos de consumo de agua dulce disponible indican que este sector utiliza cerca del 8% en el desarrollo de su actividad y que contribuye con un 18% de generación de gases contaminantes (metano principalmente) al total de gases de efecto invernadero generados de forma anual (Cartín Rojas y Ortiz, 2018).

En la figura 2, puede verse la cantidad de millones de toneladas de CO₂ que produce la cría de animales. Es muy evidente que la primera posición la ocupa la especie vacuna con un total de 5.024 millones de toneladas de CO₂. El resto de las especies contaminan significativamente menos, pero en conjunto son demasiadas las emisiones que se generan.

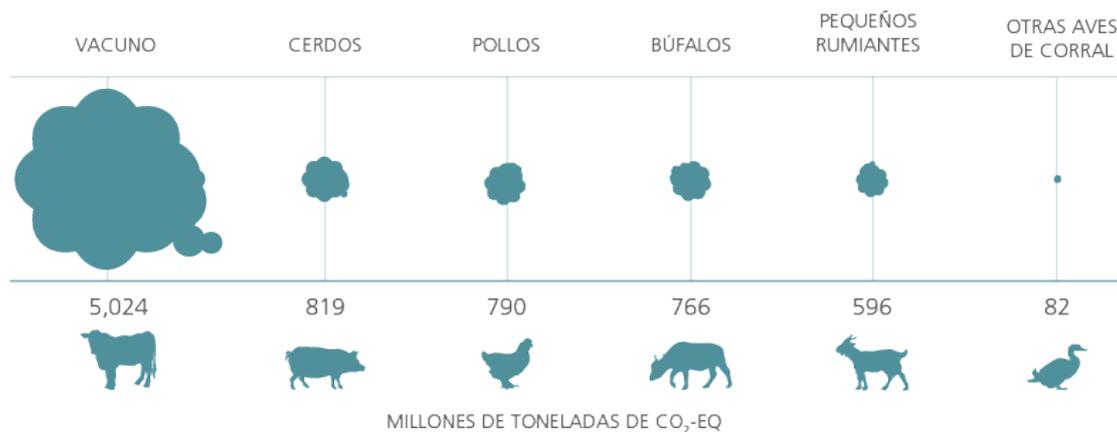


Figura 2. Emisiones por especie de gases de efecto invernadero, incluidas las emisiones por productos comestibles, y de otros bienes y servicios (FAO, 2017).

Como se puede apreciar en la figura 3, se representa la cantidad de emisiones que se genera por especie para producir 1 kilogramo de proteína. Debemos fijarnos en la carne de vacuno donde los animales generan demasiada contaminación para obtener el producto deseado lo cual no solo contamina, sino que es además ineficiente. Ocurre lo mismo con los pequeños rumiantes donde los números son elevados en ambos casos y con los búfalos, aunque de estos últimos las explotaciones son bastante reducidas. Podemos afirmar que tanto el cerdo como el pollo son los animales más eficientes para obtener productos con relación a su bajo nivel de emisiones.

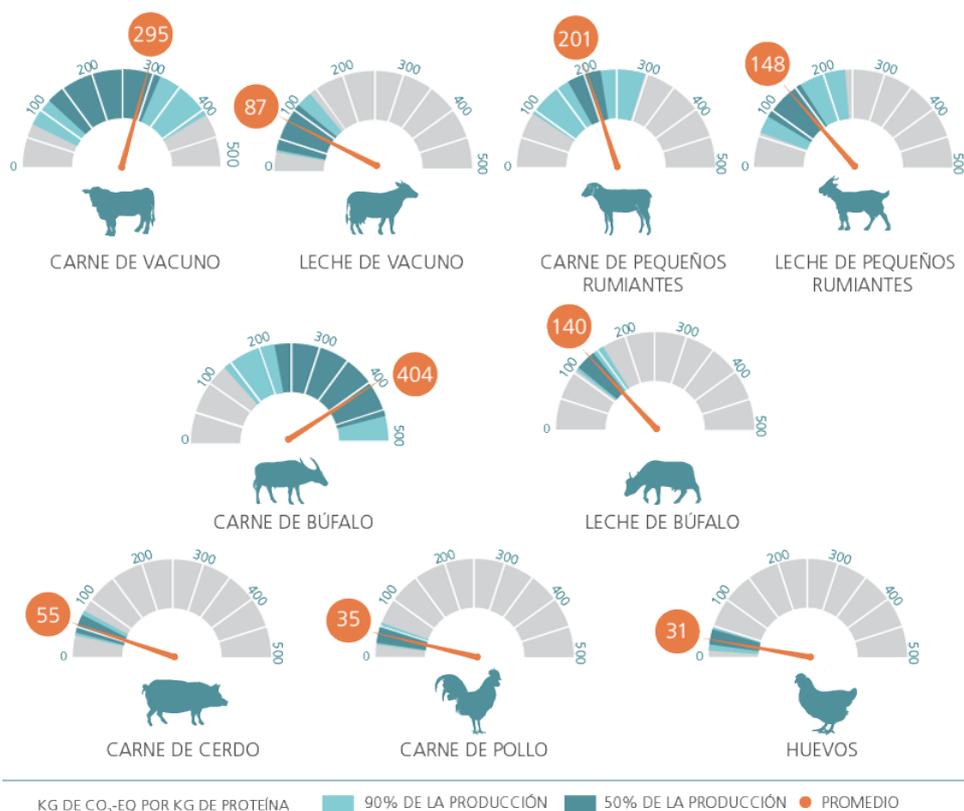


Figura 3. Intensidad de las emisiones por kg de proteína (FAO, 2017).

La literatura en favor de la carne cultivada suele ofrecer una perspectiva muy optimista con los datos sobre la reducción del consumo energético y del impacto ambiental que supondría la producción de carne de laboratorio. Como indica Tuomisto (2018) sobre el estudio de Tuomisto y Teixeira de Mattos (2011) que analizaba los impactos de la carne cultivada determinó que, comparando los datos obtenidos con la producción europea de ganado, las emisiones de gases, el consumo de agua y de tierras había disminuido drásticamente, y el gasto energético era menor comparado con la producción bovina y porcina pero mayor para aves. Tuomisto (2018) indica que otro estudio, Tuomisto et al. (2014) donde se tuvieron en cuenta otros factores distintos al primer estudio, mostró resultados dispares y se observaron impactos ambientales más elevados. Otro estudio llevado a cabo por Mattick et al. (2015) donde se comparó la producción de carne sintética frente a la carne de vacuno, oveja, cerdo y pollo en Estados Unidos; tuvieron en cuenta factores de producción específicos en los medios de cultivo y biorreactores y la inclusión de una fase de limpieza, y se determinó que el gasto energético era muy significativo para los casos de cultivo de carne de cerdo o pollo, aunque menor que para la carne de vacuno (Stephens et al. 2018).

Con estos datos sobre los estudios se pone en perspectiva la positividad sobre la sostenibilidad de la carne de cultivo ya que dependerá de los factores que se tengan en cuenta y que no difiere tanto como se creía de los sistemas tradicionales. Sin embargo, opinamos que todavía hay mucho margen de mejora para esta nueva tecnología que gracias a estos cambios puede demostrar ser diferencialmente más sostenible a su análoga.

7. OTROS ASPECTOS POSITIVOS DE LA CARNE SINTÉTICA

El desarrollo de la carne “in vitro” da lugar a argumentos muy positivos más allá de la sostenibilidad. Se ha considerado de relevancia exponer las características sobre el bienestar animal, nutracéutica y rapidez de producción que ofrece esta nueva alternativa.

7.1 Bienestar animal

Actualmente la tendencia creciente sobre la preocupación del bienestar animal ha centrado sus esfuerzos en la mejora de las condiciones de vida de los animales destinados a la producción de alimentos. La ganadería ecológica se ha alzado en los últimos años como la mejor alternativa para el cuidado de los animales y los gobiernos de los países han establecido normativas respecto a la actividad ganadera para asegurar un bienestar animal, sin embargo, no es suficiente. Cada vez aumenta más el número de personas que están en contra de la cría intensiva de animales denunciando las malas condiciones de vida y defendiendo la libertad animal. Los movimientos vegetarianistas y veganistas han cobrado mucha fuerza en los últimos años y los productos sintéticos pueden alzarse como principal solución a un problema que causa malestar. Con la obtención de proteínas de origen animal mediante la tecnología del laboratorio se puede suprimir las crías intensivas de animales, dejando que vivan en completa libertad y evitando sacrificios.

7.2 Nutracéutica

En la actualidad la industria alimentaria se enfrenta al reto de ofrecer alimentos que cumplan las necesidades nutricionales, de salud, bienestar y conveniencia de los consumidores (Martínez et al., 2021). Por medio de una alimentación y nutrición adecuadas es posible prevenir multitud de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) como son las enfermedades cardiovasculares, cánceres, diabetes u obesidad que son las principales causas de muerte en el mundo. Es aquí donde los alimentos sintéticos pueden desempeñar un rol importante ya que su composición puede modificarse añadiendo compuestos o sustancias beneficiosas para el organismo. Esto al fin y al cabo es la mejora del valor nutricional de un producto que se lleva a cabo gracias a la biotecnología y que por ejemplo en el caso de la carne “in vitro”, el control sobre el proceso productivo permite controlar los porcentajes de composición de ácidos grasos saturados o poliinsaturados, proteína, micronutrientes como el hierro, vitaminas del grupo B. Esto permite la posibilidad de reducir los casos de enfermedades cardiovasculares vinculadas a las dietas excesivamente altas en contenido graso saturado de origen animal (Rojas y Ortíz, 2018).

7.3 Rapidez de producción

Los sistemas de producción de carne actuales requieren el desarrollo completo o casi completo de los animales para obtener su producto, esto se traduce en periodos de tiempo elevados desde que comienza la cría del animal hasta que finalmente se pueden comercializar sus productos (Bhat et al., 2015). Estando totalmente de acuerdo con el autor, gracias al sistema de cultivo en el laboratorio se lograría reducir de manera muy considerable estos tiempos de producción, pasando de varios años de cría a semanas; esto no solo significa una reducción de tiempo sino de recursos y energía. A esta ventaja le podemos añadir que debido al relativo poco espacio que requiere el nuevo sistema productivo ya que se puede producir de manera vertical, los nuevos centros de producción podrían instalarse en zonas cercanas a las urbes reduciendo los costes de transporte y la contaminación asociada.

8. SEGURIDAD: riesgos para la salud humana del consumo de carne sintética

Partiendo de la base de que se trata de un producto con fines alimenticios significativamente reciente y que aún no ha sido comercializado en la mayor parte de mundo (sí en Singapur), se debe tener en cuenta el elevado desconocimiento sobre todos los posibles riesgos para la salud humana que pueden darse.

Algunos de estos riesgos se van a tratar en este apartado, comenzando por las amenazas por contaminación bacteriana, es importante tener en cuenta las etapas del proceso ya que a pesar de que se llevan a cabo en condiciones estériles y de extremo control (Lee et al., 2020) las amenazas pueden aparecer según qué fases. Por ejemplo, los riesgos de contaminación en las etapas de producción en el interior de los biorreactores teóricamente estériles son casi nulos. Sin embargo, superada esta fase del proceso el riesgo aparece y la posibilidad de contaminación bacteriana se eleva; o incluso es posible que las células empleadas para los cultivos estén ya contaminadas de origen. El lado positivo es que, en caso de contaminación, esta puede ser detectada y el proceso puede detenerse y tomar las medidas pertinentes (Bhat et al., 2019). Se debe tener cuidado y prestar especial atención en los productos de origen animal que pueden emplearse, como colágenos o el medio de cultivo con suero fetal bovino. Este suero puede ser fuente de virus como la rabia, reovirus 3 o adenovirus bovino, y por ello la Agencia de Medicinas Europea y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos obligan a que los sueros estén libres de estas amenazadas (Hadi y Brightwell, 2021). Otro peligro que deriva del suero animal es el patogénico prion (PrP^{SC}), se trata de una proteína que se asocia con la transmisión de las encefalopatías espongiiformes como la variante de la enfermedad Creutzfeldt-Jakob que afecta a humanos (Hadi y Brightwell, 2021 siguiendo a Lee et al., 2013).

Otros riesgos son la transmisión de enfermedades zoonóticas, donde parece ser que este nuevo producto al ser elaborado bajo condiciones muy controladas y extremadamente higiénicas de laboratorio es menos susceptible a esta amenaza (Hadi y Brightwell, 2021, Bhat et al., 2015).

Por otra parte, los cultivos celulares, aunque en la teoría están controlados, muchos expertos difieren y argumentan que pueden ocurrir desórdenes biológicos derivados de las numerosas multiplicaciones celulares que se llevan a término. Estas irregularidades pueden ser mutaciones genéticas o células cancerosas que pueden afectar al tejido muscular en cultivo, y sus efectos en el ser humano si se consumiese el producto son desconocidos (Chriki y Hocquette, 2020).

En cuanto a los riesgos de consumir células animales, no existe ningún peligro asociado a su ingesta ya que son células que en el momento de su consumo ya no son viables. Además, la composición celular y molecular del producto final se asemejará casi en su totalidad a la carne animal (Specht et al., 2018).

Por último, los riesgos por el uso de sustancias como pesticidas, arsénico o dioxinas que son propias de los sistemas de ganadería tradicionales y que pueden significar riesgos para la salud humana brillarían por su ausencia (Bhat et al., 2015).

El hecho de que esta nueva tecnología no esté totalmente desarrollada implica que nuevos peligros puedan aparecer, y que sean las autoridades competentes en seguridad alimentaria las que deban vigilar de cerca los avances y prevenir futuras amenazas.

9. ASPECTOS LEGALES: entrada al mercado de la carne sintética

Por el momento la incorporación al mercado de la carne cultivada en forma de productos alimenticios no está permitida a excepción de Singapur.

La entrada al mercado de estos bienes debe estar bien regulada y deben cumplir con los requisitos de salud y seguridad de consumo que impongan las autoridades competentes según consideraciones.

9.1 Marco Regulatorio en la UE:

Como introducción, se representa de manera gráfica, visual y resumida el proceso por el cual debe pasar un nuevo producto para que se autorice su comercio en la Unión Europea. El mismo procedimiento que deberá seguir la carne cultivada (Figura 4).

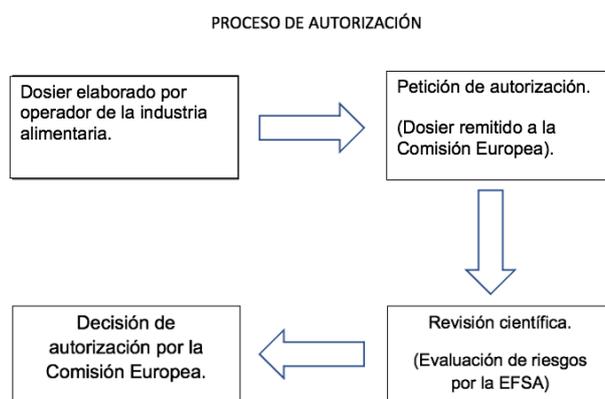


Figura 4. Proceso de autorización para el comercio de un nuevo producto. Elaboración propia.

Actualmente no existe una normativa específica para productos de este tipo, pero a modo de guía se ha investigado sobre el reglamento existente que puede ser requerido para esta nueva tecnología.

La unión europea (UE) en el año 2002 puso en vigor el Reglamento (CE) n° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria. Mediante este reglamento se establecen los principios y objetivos para proteger la salud humana, los intereses de los consumidores y asegurar buenas prácticas de comercio. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), es un órgano independiente encargado de asegurar la seguridad de los alimentos en el mercado europeo.

Para regular nuevos alimentos desarrollados, la UE formuló el Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2015, relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) n° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) n° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) n° 1852/2001 de la Comisión, donde se introdujo la categoría para alimentos consistentes, aislados o producidos de células o tejidos cultivados derivados de animales, plantas, microorganismos, hongos o algas.

Para alimentos modificados genéticamente o producidos con materia modificada genéticamente la normativa se recoge bajo el Reglamento (CE) n° 1829/2003 del Parlamento Europeo y del consejo, de 22 de septiembre de 2003, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente. Esta normativa es distinta a la que regula los nuevos alimentos por lo queda sujeta a una aprobación separada de las anteriores y que se basa en la seguridad de estos productos y trata de establecer procedimientos comunitarios para autorizar alimentos y piensos genéticamente modificados.

Dentro de la UE la carne "in vitro" debe seguir o bien el Reglamento (UE) 2015/2283 sobre nuevos alimentos o seguir el Reglamento (CE) n° 1829/2003 de alimentos genéticamente modificados, lo que dependerá del proceso de producción que siga cada fabricante. Asimismo, los documentos publicados por la EFSA ayudarán a los fabricantes del sector a elaborar un dossier con las respectivas condiciones legales que cumpla el producto e información detallada sobre las características para que pueda ser enviado al comisionado europeo para su evaluación previa a autorización (Ketelings et al., 2021).

Otra normativa fundamental que debe seguir la carne cultivada es la relativa a la higiene de los alimentos, Reglamento (CE) nº 852/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios. En este reglamento se establecen las reglas generales sobre higiene alimentaria para los operadores de empresas alimentarias, y sobre los procedimientos de análisis de puntos críticos y de control. En la misma línea, el Reglamento (CE) nº 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios, establece los criterios microbiológicos para microorganismos específicos y las normas que deben seguir los operadores de las empresas alimentarias al emplear las medidas de higiene marcadas en el Reglamento (CE) Nº 852/2004.

En relación a las normas sobre el etiquetado de productos alimenticios, estas se recogen en el Reglamento (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011 , sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) nº1924/2006 y (CE) nº 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 90/496/CEE del Consejo, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) nº 608/2004 de la Comisión. Establece que la información se ofrezca de manera clara, precisa y comprensiva asegurando el derecho de los consumidores a la información alimentaria y al mismo tiempo el correcto funcionamiento del mercado interior. Sobre este tema existe desconcierto ya que el reglamento establece que el nombre del alimento debe ser su nombre legal (nombre que únicamente debe ser utilizado en un producto cuando reúne las condiciones pertinentes descritas en el reglamento), en caso de que no exista dicho nombre, este deberá ser su nombre habitual (nombre por el cual los consumidores de la UE reconocen el producto sin necesidad de explicación). Si ninguna de las dos opciones puede ser aplicada, debe emplearse un nombre descriptivo, es decir, nombre que describa qué es el producto y qué contiene (Froggatt y Wellesley, 2019). El desconcierto se da cuando no hay consenso en cuanto a cómo debería ser denominada la carne "in vitro", ya que existe discrepancia entre si realmente sigue la definición legal de carne la cual según el Reglamento (CE) nº 853/2004 indica es: Las partes comestibles de los animales (especies bovinas, porcina, ovina, caprina, solípedos domésticos, aves de corral, lagomorfos, caza silvestre, caza de cría, caza menor silvestre, caza mayor) incluida la sangre. Visto esto y al no estar todavía autorizada en el mercado europeo no hay acuerdo sobre su nombre legal.

Lo que queda claro es que según el reglamento se debe proporcionar la información clara y precisa a los consumidores incluyendo el método de producción. El producto deberá indicar en el etiquetado que ha sido elaborado “in vitro” o bien su nombre legal deberá indicarlo.

9.2 Marco Regulatorio en España:

Con el objetivo de que en algún momento este producto pueda comercializarse en nuestro país, tras revisar la legislación española se ha concluido que debería acogerse a la normativa de la UE a excepción de lo regulado por la Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismo modificados genéticamente.

Asimismo, retomando la temática sobre la denominación de la carne cultivada, de cara al etiquetado, el Real Decreto 1376/2006, de 7 de noviembre, por el que se establecen las condiciones sanitarias de producción, almacenamiento y comercialización de las carnes frescas y sus derivados en los establecimientos de comercio al por menor, establece en el artículo 2 la definición de carnes: “todas las partes aptas para el consumo humano, incluidos los despojos, obtenidos en establecimientos autorizados, provenientes de: animales domésticos de las especies bovina, porcina, caprina, solípedos, gallinas, pavos, pintadas, patos ocas y conejos. Mamíferos terrestres y aves silvestres reproducidos, criados y sacrificados en cautividad. Caza silvestre y reses de lidia procedentes de espectáculos taurinos”. Por tanto, vemos como la definición no se ajusta, por lo que las autoridades responsables nacionales deberán buscar una solución o consensuarla con la Unión Europea.

Desde nuestra perspectiva, en un futuro la entrada del producto a los distintos mercados debería contar con una normativa común que permita su libre comercio entre cualquier país. Es por tanto conveniente que las organizaciones responsables en esta temática a nivel europeo formulen una regulación específica y diseñada para este tipo de productos, teniendo en cuenta las nuevas innovaciones y productos que puedan surgir en este ámbito.

10. CONSIDERACIONES ÉTICAS Y MORALES DEL CONSUMO DE CARNE SINTÉTICA

Las perspectivas éticas en favor de la carne cultivada abogan por la necesidad de su desarrollo como vía respetuosa con el medioambiente y el bienestar animal. El surgimiento de esta nueva tecnología viene acompañada de la ética de sostenibilidad donde se ha presentado como una potencial alternativa para la carne tradicional la cual es insostenible de cara al futuro. Otra perspectiva moral son los argumentos vegetarianistas y veganos en vis del bienestar animal, y es que estos argumentos cada vez cobran más fuerza provocando que consumir carne sea visto como un acto de inmoralidad. Estas cuestiones éticas y morales influyen drásticamente en el consumidor actual y en sus elecciones alimentarias. El objetivo de la carne cultivada no es satisfacer únicamente las necesidades de estos dos puntos de vista, si no también satisfacer a la población que disfruta con el consumo de la carne y asegurar su posible consumo en el futuro (Van der Weele y Driessen, 2013). Sin embargo, entran en escena las posiciones que consideran esta tecnología antinatural y de rechazo a un producto de laboratorio.

Uno de los grandes retos que tiene por delante la carne artificial es la aceptación del consumidor. Analizando las perspectiva y retos en la aceptación de este nuevo producto, se extrajeron tres principales temas de preocupación entre los consumidores.

En primer lugar, la percepción de que la carne “in vitro” es un producto desarrollado en el laboratorio y por tanto no de una forma natural (Bhat et al., 2019). Un estudio señala que el término “in vitro” o la denominación de sintética o artificial suscita en el consumidor el pensamiento de que no sea natural, lo que lleva al rechazo (Wim Verbeke et al. 2015). En favor de la carne artificial surgen posiciones como la citada por Wim Verbeke et al. (2015) de Welin (2013) que argumenta que un producto puede ser natural, aunque se haya desarrollado de una manera no natural y que esto no significa que sea ni bueno ni malo. Desde una perspectiva subjetiva, opinamos que hoy en día gran parte de la producción de alimentos procesados se aleja de esta visión de lo propiamente natural, sin embargo, el público acepta estos productos porque le son familiares, aunque desconozcan cómo han sido elaborados.

El segundo gran problema es la primera impresión del consumidor a la hora de un primer contacto con la carne cultivada, que puede derivar en repulsión. Esto se puede deber a que existe una tendencia al rechazo hacia productos desconocidos, ocasionado por la textura u otras características organolépticas desconocidas e inesperadas para el consumidor.

Por su parte, los argumentos a favor exponen que una vez los consumidores tengan la información acerca del proceso de fabricación de esta nueva carne, el rechazo y las aversiones serán menores. Es más, si el público general tuviese consciencia sobre lo que conlleva procesar carne de manera natural (pasando por la cría, sacrificio, evisceración etc.) muchos seguramente se plantearían su consumo (Wim Verbeke et al. 2015).

En tercer y último lugar, se plantea la cuestión de la seguridad de consumo ya que se trata de un alimento nuevo sobre el que no existe todavía una regulación y sobre la cual el público desconoce sus efectos de consumo y que causa incertidumbre sobre su salubridad. Este tema es otro de los grandes retos de la carne “in vitro” y que requiere especial atención por parte de las entidades concernientes.

La preocupación por las características organolépticas es también un tema de especial interés, ya han sido comentados previamente los retos tecnológicos para lograr una imitación de color, sabor, textura, estructura y valor nutricional. Asimismo, la primera hamburguesa de estas características según los críticos que la probaron tenía un sabor y aspecto muy similar al convencional a excepción del color grisáceo.

Según el estudio llevado a cabo por Wilks y Phillips (2017) donde se analizaba la percepción que una muestra de población estadounidense tenía sobre la carne “in vitro” obtuvo un resultado relativamente positivo. Con un total de 673 participantes, alrededor de 2/3 de ellos estaban dispuestos a probar este nuevo producto, sin embargo, solo 1/3 estaría dispuesto a consumirlo regularmente y como sustitutivo permanente de la carne (tabla 1).

De la tabla 1, también se pueden extraer conclusiones respecto al precio que los participantes estarían dispuestos a pagar y es que la gran mayoría no pagaría un precio mayor respecto a la carne tradicional, pero alrededor del 15% sí pagarían si el precio fuese ligeramente superior, un 34% pagarían lo mismo que por la carne actual y un 29% y un 11% pagarían precios ligeramente inferiores o bastante inferiores respectivamente. Estos datos dan una idea de cómo gestionar la entrada del nuevo producto al mercado.

Preguntas/ Opciones de respuestas	Nº de respuestas	% de muestra
¿Probaría la carne cultivada?		
Sí	213	31,1
Probablemente sí	234	34,2
No lo sabe	80	11,7
Probablemente no	86	12,6
No	58	8,5
¿Consumiría carne cultivada regularmente?		
Sí	44	6,4
Probablemente sí	179	26,2
No lo sabe	211	30,8
Probablemente no	129	18,9
No	51	7,5
¿Consumiría carne cultivada en lugar de carne convencional?		
Sí	49	7,2
Probablemente sí	166	24,3
No lo sabe	180	26,3
Probablemente no	144	21,1
No	62	9,1
No aplica (no consume carne)	13	1,9
¿Cuánto pagaría por la carne cultivada en comparación con la carne convencional?		

Mucho más	7	1
Algo más	101	14,8
Lo mismo	230	33,6
Algo menos	198	28,9
Mucho menos	78	11,4

Tabla 1. Voluntad de los participantes de interactuar con el producto. Elaboración propia adaptada de: Wilks y Phillips, (2017).

Más datos representativos sobre la predisposición al consumo de carne sintética se muestran en la siguiente tabla, donde se muestran resultados obtenidos de distintos estudios en diferentes países del mundo (tabla 2).

Estudio	Muestra	Ratio de aceptación
Bryant et al. (2019)	1185 adultos en EE. UU.	66,4% la probarían; 48,9% consumirían regularmente; 55,2% la consumirían en lugar de carne convencional
Bryant et al. (2019)	3030 adultos en EE. UU., India y China	EE. UU.: 29,8% comprarían China: 59,3% comprarían India: 48,7% comprarían
Bryant y Dillard (2019)	480 adultos en EE. UU.	64,6% la probarían; 24,5% consumirían regularmente; 48,5% la consumirían en lugar de carne convencional
Gómez Luciano et al. (2019)	729 adultos en Reino Unido, España, Brasil y República Dominicana	Comprarían, Reino Unido: 20%; España: 42%; Brasil:

		11,5%; República Dominicana: 15%
Mancini y Antonioli (2019)	525 adultos en Italia	54% probarían; 44% comprarían; 23% pagarían un precio alto
Weinrich, Strack y Neugebauer (2020)	713 adultos en Alemania	57% probarían; 30% comprarían

Tabla 2. Encuesta representativa sobre aceptación de la carne cultivada. Elaboración propia adaptada de: Bryant y Barnett, (2020).

A continuación, se exponen unas tablas (tabla 3 y 4) elaboradas con datos de una encuesta donde se les explicó a los participantes de diferentes religiones y culturas en qué consistía la carne “in vitro” y los beneficios que suponía su consumo (Bryant, 2020).

Los resultados de la tabla 3, indican que según el tipo de carne consumida las personas judías encuentran más o menos atractiva la carne cultivada.

JUDAISMO (n=23)			
	% De judíos que actualmente cosumen	% De judíos que encuentran la carne cultivada atractiva,	Diferencia, %
Carne de vacuno	87,0	69,6	-17,4
Carne de ave	92,3	69,6	-21,7
Carne de cerdo	60,9	60,9	0
Carne de cordero/cabra	65,2	60,9	-4,3

Tabla 3. Porcentaje de judíos que consumen y estarían dispuestos a consumir diferentes tipos de carne y carne cultivada. Elaboración propia adaptada de: Bryant, (2020).

En la tabla 4, se exponen los resultados para una muestra de población islámica de 193 personas. Donde se muestra que pocas personas comen carne en general y que según el tipo de carne consumida les parece más o menos interesante la carne cultivada.

ISLAMISMO (n=193)			
	% De islamistas que actualmente consumen,	% de islamistas que encuentran la carne cultivada atractiva,	Diferencia, %
Carne de vacuno	64,8	57,5	-7,3
Carne de ave	74,6	48,7	-25,9
Carne de cerdo	30,1	27,5	-2,6
Carne de cordero/cabra	81,3	67,9	-13,4

Tabla 4. Porcentaje de musulmanes que consumen y estarían dispuestos a consumir distintos tipos de carne y carne cultivada. Elaboración propia adaptada de: Bryant, (2020).

No debemos olvidarnos de analizar el impacto que pueda tener la cultura en el futuro consumo de este nuevo alimento. La religión judía, por ejemplo, con su particular ley de consumo de únicamente productos kosher, tiene opiniones divididas y algunos argumentan que se podría consumir la carne “in vitro” en el caso de que el animal del que provengan las células para su cultivo haya sido sacrificado según la tradición judía; mientras otros exponen que se perdería su identidad (Chriki y Hocquette, 2020).

En el caso de la religión musulmana, con sus leyes islámicas de consumo de productos Halal, consideran que el estatus de Halal se le podría otorgar a la carne sintética si las células para el cultivo son extraídas de un animal sacrificado según las leyes Halal y que no se emplee sangre para su elaboración y se pueda asegurar que el suero del medio de cultivo no modifica las características de la carne (Chriki y Hocquette, 2020).

Con estos ejemplos quedan expuestas las dificultades que las religiones imponen frente al consumo de carne de laboratorio, y que otras muchas culturas no expuestas en este trabajo pueden mostrarse reacias a su consumo, por lo que es un aspecto importante para tener en cuenta si el consumo de carne sintética pretende abarcar mucha población.

11. PROYECCIÓN DE FUTURO DE LA CARNE SINTÉTICA

La industria emergente dedicada al desarrollo de la carne cultivada debe ser capaz de llevar la producción a gran escala. En Singapur ya se ha autorizado el comercio de carne cultivada de pollo convirtiéndose en el primer país que permite su comercio y consumo. La empresa Eat Just ha demostrado un proceso de fabricación muy consistente con unos 20 ciclos productivos en biorreactores con un volumen de 1200 litros (Listek, 2020). Esto sirve de guía para otras empresas que pretenden sacar el producto al mercado, y que, por supuesto deberán seguir haciéndose mejoras, optimizando los procesos productivos y abaratando costes, ya que otro objetivo es lograr que el producto tenga un precio de mercado similar al de su análogo convencional. Según Josh Tetrick (fundador de Eat Just), dentro de unos 15 años aproximadamente se podría disfrutar de la carne sintética de una manera cotidiana como cualquier otro producto (Litsek, 2020).

Los retos tecnológicos han sido ya expuestos en el punto 6.1. pero se plantean posibilidades interesantes a la hora de la producción como por ejemplo la posibilidad de emplear líneas celulares congeladas de forma similar al empleo de las levaduras en la fabricación de bebidas fermentadas (Specht et al., 2018).

Siguiendo la línea de desarrollo tecnológico, se está investigando el uso de la bioimpresión en tres dimensiones para fabricación de alimentos. Esta tecnología podría ayudar a solventar problemas en la fabricación de carne “in vitro” como regular el contenido en proteína, grasa y otros componentes nutricionales, junto con la mejora de la textura (Tomiyama et al., 2020). Si la bioimpresión en 3D es capaz de mejorar las características organolépticas del alimento como ha demostrado Aleph Farms sería una gran ventaja de cara a la aceptación del consumidor y a simplificar el proceso productivo.

La entrada al mercado, una vez autorizada, deberá ir de la mano de potentes campañas de marketing tratando de captar nuevos consumidores no solo por medio de la concienciación si no ofreciendo información del producto, haciendo ver que es perfectamente consumible como cualquiera de las demás alternativas a la carne tradicional o incluso para el consumidor curioso y por supuesto ofreciendo una

experiencia organoléptica favorable. Un estudio ha determinado que la aceptación de los alimentos novedosos depende en gran medida del nivel de información dado y que aumenta si el producto presenta buenas sensaciones organolépticas (Rolland et al., 2020).

Bien es cierto que en los últimos tiempos y recientemente, se está especulando mucho sobre el futuro de la carne cultivada y sobre su rol como sustitución a la carne tradicional con todos los beneficios con los que se le presenta. En este sentido es conveniente no elevar las expectativas ya que aún hay mucho por hacer y los efectos o impactos no serán inmediatos siendo probable que no sean los esperados. Es un producto revolucionario con el cual la industria de la carne convencional está con una preocupación en alza y muchas posturas opuestas ante la posibilidad de que se de una verdadera revolución. No se debería entrar en un conflicto de intereses que perjudicaría a ambos sectores y de forma general a la población y al medio ambiente, si no que la colaboración entre ambas partes y en combinación con otros sectores es una pieza clave para prosperar y encontrar las mejores soluciones que necesita la sociedad y el planeta.

12. CONCLUSIONES

La carne de laboratorio aún tiene camino por recorrer, pero se plantea como la tecnología más novedosa y competitiva para la resolución de conflictos actuales y futuros, bajo los pilares del bienestar animal, sostenibilidad ambiental, asegurar una fuente proteica para la demanda del futuro, mejora nutricional y seguridad.

El optimismo por este nuevo producto es común entre gran parte de los expertos sobre el tema, pero es necesario aplicar una perspectiva crítica y ser realistas con la situación actual de la carne cultivada. Entre los pilares hay dudas sobre los efectos reales que puede suponer esta nueva industria. Quedan en el aire detalles como el uso de productos de origen no animal en su fabricación y composición y que las biopsias no supongan un estrés para los animales. La sostenibilidad aún está por comprobar, ya que los efectos de una gran escala de producción podrían según expertos ser iguales o superiores a los de la ganadería convencional. El concepto de seguridad aún está por demostrar, si bien es cierto que supone una reducción de riesgos de contaminación al ser comparada con la industria cárnica, aparecen otra serie de peligros que deben tratarse con la máxima cautela.

Los retos que la carne sintética debe afrontar pasan por la capacidad de la industria de producir a gran escala y son actualmente muchas las empresas emergentes que se han

enfocado en el desarrollo de este nuevo producto. Quedan por resolver complicaciones tecnológicas que no solo deben ir enfocadas a un mejor procesado del producto sino también a la optimización de recursos con el objetivo de reducir costes.

Los costes son un gran contratiempo para esta industria, que si pretende ser competitiva en el mercado debe imponer un precio similar al de sus competidores y ser accesible para toda la población cumpliendo con el objetivo de asegurar el abastecimiento proteico sin acentuar las desigualdades entre los grupos sociales más desfavorecidos. Del mismo modo, se deben tener muy en cuenta los cambios económicos que pueden desencadenarse a consecuencia de esta nueva industria que afectaría directamente al sector cárnico, y donde los países con economías dependientes de este sector podrían sufrir graves consecuencias. Desarrollar una planificación sobre este aspecto ofreciendo alternativas y estrategias adaptativas para las empresas resulta importante.

Otro gran reto al que se enfrenta la carne “in vitro” es la aceptación del consumidor, el cual en líneas generales es reacio a su consumo principalmente por la poca información que tienen sobre el producto y por considerar que no está elaborado de manera natural. Mucha culpa de esto la tienen las designaciones de “sintética”, “artificial”, “in vitro”, “de laboratorio” que ya de entrada sugieren al consumidor una reacción de desprecio. Se debe por tanto cuidar que el consumidor reciba una información adecuada, ya que, al fin y al cabo, estando de acuerdo con muchos expertos, la carne cultivada proviene originalmente de células musculares animales y que el producto no es otra cosa que tejido muscular. Otro aspecto necesario de tratar son las características organolépticas que deben de conseguir un producto apetecible y sabroso con el que no echar de menos a su producto análogo.

La entrada al mercado es compleja, al ser un producto tan novedoso que carece de regulaciones específicas y que por tanto requiere de mucha investigación legislativa. Por el momento cada mercado trata de elaborar regulaciones de acuerdo con sus organizaciones responsables, pero sería conveniente establecer un consenso sobre regulaciones comunes (fabricación, etiquetado y seguridad) con las que agilizar la entrada a los distintos mercados globales garantizando su acceso a todo el mundo.

Finalmente, si se superan los obstáculos y los beneficios que se esperan que aporte la carne de cultivo se hacen realidad, estos ayudarían de manera muy positiva al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por la organización de las naciones unidas (Figura 5).



Figura 5. Objetivos de desarrollo sostenible que el desarrollo de la carne cultivada ayudaría a conseguir. Elaboración propia adaptada de: ONU (2015).

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEKSANDROWICZ, L.; GREEN, R.; JOY, E.J.M.; SMITH, P.; HAINES, A. (2016). The Impacts of Dietary Change on Greenhouse Gas Emissions, Land Use, Water Use, and Health: A Systematic Review. *Plos One*, 11(11): 1-16, visto el 18 de julio de 2021. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0165797>

ARSHAD, M.S.; JAVED, M.; SOHAIB, M.; SAEED, F.; IMRAN, A.; AMJAD, Z. (2017). Tissue engineering approaches to develop cultured meat from cells: a mini review. *Cogent Food & Agriculture*, 3(1): 1-11, visto el 21 de junio de 2021. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/23311932.2017.1320814?needAccess=true>

BEARD, J.L. (2001). Iron Biology in Immune Function, Muscle Metabolism and Neuronal Functioning. *The Journal of Nutrition*, 131(2): 568-580, visto el 15 de julio de 2021. Disponible en: <https://academic.oup.com/jn/article/131/2/568S/4686826>

BHAT, Z.F.; KUMAR, S.; FAYAZ, H. (2015). In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2): 241-248, visto el 20 de junio de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S209531191460887X>

BHAT, Z.F.; MORTON, J.D.; MASON, S.L.; BEKHIT, A.E.A.; BHAT, H.F. (2019). Technological, Regulatory, and Ethical Aspects of In Vitro Meat: A Future Slaughter-Free Harvest. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(4): 1192-1208, visto el 18 de julio de 2021. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/1541-4337.12473>

BRYANT, C.J. (2020). Culture, meat, and cultured meat. *Journal of Animal Science*, 98(8): 1-7, visto el 18 de julio de 2021. Disponible en: <https://academic.oup.com/jas/article/98/8/skaa172/5880017>

BRYANT, C.; BARNETT, J. (2020). Consumer Acceptance of Cultured Meat: An Updated Review (2018-2020). *Applied Sciences*, 10(15): 1-25, visto el 5 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/15/5201>

CARTÍN ROJAS, A.; ORTIZ, P. (2018). Ventajas y desventajas del cultivo de carne in vitro. *Revista de Medicina Veterinaria*, (36): 135-144, visto el 12 de mayo de 2021. Disponible en: <https://ciencia.lasalle.edu.co/mv/vol1/iss36/12/>

CHOUDHURY, D.; TSENG, T.W.; SWARTZ, E. (2020). The Business of Cultured Meat. *Trends in Biotechnology*, 38(6):573-577, visto el 13 de junio de 2021. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/341357898_The_Business_of_Cultured_Meat

CHRIKI, S.; HOCQUETTE, J.F. (2020). The Myth if Cultured Meat: A Review. *Frontiers in nutrition*, 7(7): 1-9, visto el 15 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2020.00007/full>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2017). Modelo de Evaluación Ambiental de la Ganadería Mundial (GLEAM). Visto el 17 de mayo de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/gleam/results/es/#c303615>

FAO (Food and Agriculture Organization of the united nations). (2010). Sustainable diets and biodiversity. Visto el 15 de julio de 2021. Disponible en: <http://www.fao.org/3/i3004e/i3004e.pdf>

FRAEYE, I.; KRATKA, M.; VANDENBURGH, H.; THORREZ, L. (2020). Sensorial and Nutritional Aspects of Cultured Meat in Comparison to Traditional Meat: Much to Be Inferred. *Frontiers in Nutrition*, 7(35): 1-7, visto el 18 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnut.2020.00035/full>

FROGGATT, A.; WELLESLEY, L. (2019). Meat Analogues: Considerations for the EU. *Chatham House*, 1-42, visto el 19 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.chathamhouse.org/2019/02/meat-analogues>

GUAN, X.; LEI, Q.; YAN, Q.; LI, X.; ZHOU, J.; DU, G.; CHEN, J. (2021). Trends and ideas in technology, regulation and public acceptance of cultured meat. *Future Foods*, 3: 1-10, visto el 12 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666833521000228>

HADI, J.; BRIGHTWELL, G. (2021). Safety of Alternative Proteins: Technological, Environmental and Regulatory Aspects of Cultured Meat, Plant-Based Meat, Insect Protein and Single-Cell Protein. *Foods*, 10(6): 1-29, visto el 13 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/6/1226/htm>

KETELINGS, L.; KREMERS, S.; DE BOER, A. (2021). The barriers and drivers of a safe market introduction of cultured meat: A qualitative study. *Food Control*, 130: 1-9, visto el 14 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713521004370?via%3Dihub>

KOLKMANN, A.M.; POST, M.J.; RUTJENS, M.A.M.; VAN ESSEN, A.L.M.; MOUTSATSOU, P. (2020). Serum-free media for the growth of primary bovine myoblasts. *Cytotechnology*, 72: 111-120, visto el 11 de julio de 2021. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10616-019-00361-y>

LEE, H.J.; YONG, H.I.; KIM, M.; CHOI, Y.S.; JO, C. (2020). Status of meat alternatives and their potential role in the future meat market – A review. *Animal Bioscience*, 33(10): 1533-1543, visto el 17 de julio de 2021. Disponible en: <https://europepmc.org/article/PMC/PMC7463075>

LISTEK, V. (2020). The Cultured Meat Revolution: Singapore and Israel One Step Closer to Commercializing Lab Grown Chicken. *3dprint*. Visto el 10 de julio. Disponible en: <https://3dprint.com/276467/the-cultured-meat-revolution-singapore-and-israel-one-step-closer-to-commercializing-lab-grown-chicken/>

LO SAPIO, L. (2019). La carne sintetica, un volano per costruiré un nuovo rapporto tra Sapiens e gli animali non unmani. *Scienza e filosofia*, 22: 70-100, visto el 9 de mayo de 2021. Disponible en: https://www.scienzaefilosofia.com/category/sf_n-22_2019/page/2/

MARTÍNEZ ÁLVAREZ, O; IRIONDO DEHOND, A.; GÓMEZ ESTACA, J.; DEL CASTILLO, M.D. (2021). Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario. *Distribución y consumo*, 1: 51-62, visto el 9 de junio. Disponible en: <https://www.mercasa.es/media/publicaciones/284/07-Nuevas%20tendencias%20en%20la%20producci%C3%83%C2%B3n%20y%20consumo%20alimentario.pdf>

MENGISTIE, D. (2020). Lab-Growing Meat Production from Stem Cell. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 3(1): 1-7, visto el 9 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.henrypublishinggroups.com/lab-growing-meat-production-from-stem-cell/>

MORITZ, M.S.M.; VERBRUGGEN, S.E.L.; POST, M.J. (2015). Alternatives for large-scale production of cultured beef: A review. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2): 208-216, visto el 3 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311914608893>

MOYANO FERNÁNDEZ, C. (2021). Investigando en animales para producir alimentos más éticos: los límites morales de la carne cultivada. *Revista de bioética y derecho*, 51: 173-191, visto el 8 de mayo de 2021. Disponible en: <https://revistes.ub.edu/index.php/RBD/article/view/32473>

NARANJO RAMÍREZ, S.; ARIAS GIRALDO, S. (2020). Tendencias en el mundo de la gastronomía y la alimentación: una revisión desde la perspectiva colombiana. *Revista agroalimentaria*, 26(50): 51-65, visto el 7 de julio de 2021. Disponible en: <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/agroalimentaria/article/view/16527>

OLIVARES, E. (2021). Crean carne comestible con bioimpresión en 3D. *Códigoespaguete*, visto el 20 de julio de 2021. Disponible en: <https://codigoespaguete.com/noticias/ciencia/crean-carne-comestible-con-con-bioimpresion-en-3d/>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible. Visto el 21 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

ROLLAND, N.C.M.; MARKUS, R.C.; POST, M.J. (2020). The effect of information content on acceptance of cultured meat in a tasting context. *Plos One*, 15(4): 1-17, visto el 16 de julio de 2021. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0231176>

ROMANOS, B. (2019). El primer "filete" de carne de laboratorio, bocado gourmet que se cocina vuelta y vuelta. *Techfood Magazine*, visto el 20 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.techfoodmag.com/aleph-farms-filete-de-carne-cultivada/>

SPECHT, E.A.; WELCH, D.R.; REES CLAYTON, E.M.; LAGALLY, C.D. (2018). Opportunities for applying biomedical production and manufacturing methods to the development of the clean meat industry. *Biochemical Engineering Journal*, 132: 161-168, visto el 11 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/94821891-07e1-3f64-9ee6-3dc5ce33eee0/>

STAROSTINETSKAYA, A. (2021). This startup makes lab-grown chicken for less than \$10 per serving. *VegNews*, visto el 20 de julio de 2021. Disponible en: <https://vegnews.com/2021/2/lab-grown-chicken-less-than-10-per-serving>

STEPHENS, N.; DI SILVIO, L.; DUNSFORD, I.; ELLIS, M.; GLENCROSS, A.; SEXTO, A. (2018). Bringing cultured meat to market: technical, socio-political, and regulatory challenges in celular agricultura. *Trends in food science & technology*, 78: 155-166, visto el 4 de junio de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224417303400>

TOMIYAMA, A.J.; KAWECKI, N.S.; ROSENFELD, D.L.; JAY, J.A.; RAJAGOPAL, D.; ROWAT, A.C. (2020). Bridging the gap between the science of cultured meat and public perceptions. *Trends in Food Science & Technology*, 104: 144-152, visto el 14 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224420305495>

TUOMISTO, H.L. (2018). The eco-friendly burger. *EMBO Reports*, 20: 1-6, visto el 19 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.embopress.org/doi/full/10.15252/embr.201847395>

VAN DER WEELE, C.; DRIESSEN, C. (2013). Emerging Profiles for Cultured Meat Ethics through and as Desing. *Animals*, 3(3): 647-662. VERBEKE, W.; SANS, P.; VAN LOO, E.J. (2015). Challenges and prospects for consumer acceptance of cultured meat. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2): 285-294, visto el 16 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311914608844>

WILKS, M.; PHILLIPS, C.J.C. (2017). Attitudes to in vitro meat: A survey of potential consumers in the United States. *Plos One*, 12(2):1-14, visto el 16 de julio de 2021. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0171904>

WORLD ECONOMIC FORUM (2018). The role of technology innovation in accelerating systems transformations. Visto el 19 de julio de 2021. Disponible en: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Innovation_with_a_Purpose_VF-reduced.pdf

ZHANG, G.; ZHAO, X.; LI, X.; DU, G.; ZHOU, J.; CHEN, J. (2020). Challenges and possibilities for biomanufacturing cultured meat. *Trends in Food Science & Technology*, 97: 443-450, visto el 13 de julio de 2021. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224419307897>

REFERENCIAS LEGISLATIVAS

Reglamento (CE) n° 178/2002 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 28 de enero de 2002, por el que se establecen los principios y los requisitos generales de la legislación alimentaria, se crea la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria y se fijan procedimientos relativos a la seguridad alimentaria (DO L 31 de 1 de febrero de 2002).

Reglamento (UE) 2015/2283 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2015, relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) n° 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) n° 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) n° 1852/2001 de la Comisión (DO L 327, de 11 de diciembre de 2015).

Reglamento (CE) n° 1829/2003 del Parlamento Europeo y del consejo, de 22 de septiembre de 2003, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente (DO L 268, de 18 de octubre de 2003).

Reglamento (CE) n° 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de abril de 2004, relativo a la higiene de los productos alimenticios (DO L 139, de 30 de abril de 2004)

Reglamento (CE) nº 2073/2005 de la Comisión, de 15 de noviembre de 2005, relativo a los criterios microbiológicos aplicables a los productos alimenticios (DO L 338, de 22 de diciembre de 2005).

Reglamento (UE) nº 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2011, sobre la información alimentaria facilitada al consumidor y por el que se modifican los Reglamentos (CE) nº1924/2006 y (CE) nº 1925/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, y por el que se derogan la Directiva 87/250/CEE de la Comisión, la Directiva 90/496/CEE del Consejo, la Directiva 1999/10/CE de la Comisión, la Directiva 2000/13/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, las Directivas 2002/67/CE, y 2008/5/CE de la Comisión, y el Reglamento (CE) nº 608/2004 de la Comisión (DO L de 22 de noviembre de 2011).

Ley 9/2003, de 25 de abril, por la que se establece el régimen jurídico de la utilización confinada, liberación voluntaria y comercialización de organismo modificados genéticamente (BOE número 169, de 16 de julio de 2003).

Real Decreto 1376/2006, de 7 de noviembre, por el que se establecen las condiciones sanitarias de producción, almacenamiento y comercialización de las carnes frescas y sus derivados en los establecimientos de comercio al por menor. (BOE número 273, de 14 de septiembre de 2003).