

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Agronòmica
i del Medi Natural

TRABAJO FINAL DE GRADO

**LOS ALIMENTOS EN 3D: SEGURIDAD ALIMENTARIA Y
COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR**

GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

Alumno: Josep Mániez García
Tutora académica: Francisca Ramón Fernández

Curso académico 2021-2022
Valencia, abril 2022

Título: Los alimentos en 3D: Seguridad alimentaria y comportamiento del consumidor

Autor: Josep Mánhez García

Tutora académica: Francisca Ramón Fernández

Localidad y fecha: Valencia, abril 2022

Resumen

Los alimentos en 3D son un tipo de alimentos que, a pesar de ser desconocidos por la mayoría de la población, en el futuro podrían suponer la forma más habitual de consumo. Esto es debido al rápido aumento de la población mundial, por lo que la producción de alimentos, tal y como se producen en la actualidad, mediante el cultivo o la cría, podría no ser suficiente para abastecer de alimentos al total de la población. En este trabajo, se investigará el desarrollo de este tipo de alimentos, centrándose en varios aspectos, como los métodos de elaboración, las características, y los beneficios y perjuicios que estos alimentos tienen, así como sus usos y aplicaciones.

También se abordará la seguridad de los alimentos en 3D, investigando si existen normativas que los regulen para garantizar una ingesta segura que no suponga ningún riesgo por parte del consumidor, así como las legislaciones de las máquinas de fabricación, en este caso la de las impresoras de alimentos en 3D.

Por último, se analizará la visión de los consumidores, a través de encuestas donde queden reflejados la aceptación o no por parte de la población con relación a los alimentos en 3D, así como las opiniones de éstos.

Palabras clave: alimentos 3D, seguridad alimentaria, impresoras 3D, abastecimiento alimenticio, futuro.

Title: Food in 3D: Food safety and consumer behavior

Abstract

Food in 3D is a type of food that, despite being unknown by most of the population, in the future could be the most common form of consumption. This is due to the rapid increase in the world population, so that the production of food, as it is produced today, through cultivation or farming, may not be enough to supply food to the entire population. In this work, the development of this type of food will be investigated, focusing on various aspects, such as preparation methods, characteristics, and the benefits and harms that these foods have, as well as their uses and applications.

The safety of food in 3D will also be addressed, investigating if there are regulations that regulate them to guarantee a safe intake that does not involve any risk on the part of the consumer, as well as the legislation of manufacturing machines, in this case that of printers. food in 3D.

Finally, the vision of consumers will be analyzed, through surveys that reflect the acceptance or not by the population in relation to 3D foods, as well as their opinions.

Keywords: 3D food, food safety, 3D Printers, food supply, future.

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a la profesora Francisca Ramón por la dirección de este trabajo final de grado.

También, agradecer a mi familia por el apoyo recibido, no solo durante la realización del trabajo, sino en todo mi trayecto educativo.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivos generales.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
2.3. Objetivos de la impresión de alimentos en 3D.....	2
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
4. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA IMPRESIÓN DE ALIMENTOS EN 3D.....	3
4.1. Materiales imprimibles: ingredientes.....	3
4.2. Partes de una impresora de alimentos en 3D.....	4
4.3. Métodos de impresión.....	4
4.3.1. Extrusión.....	5
4.3.2. Sintetización selectiva por láser o por aire caliente.....	5
4.3.3. Chorro de aglomerante.....	6
4.3.4. Inyección de tinta.....	6
5. HISTORIA Y PRECEDENTES DE LA IMPRESIÓN EN 3D.....	7
5.1. La tecnología 3D: antecedentes.....	7
5.2. Primera impresión de alimentos en 2D.....	7
5.3. Llegada de la impresión en 3D a la I.A.	8
6. APLICACIONES Y UTILIDADES.....	8
6.1. Aplicaciones.....	8
6.2. Tipos de impresoras de alimentos en 3D.....	10
7. FUTURO DE LA IMPRESIÓN DE ALIMENTOS EN 3D.....	12
8. ASPECTOS LEGALES RELATIVOS A LA IMPRESIÓN DE ALIMENTOS EN 3D.....	13
9. SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS EN 3D.....	15
10. COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR.....	16
10.1. Enfoque general: pros y contras.....	16
10.2. Encuesta.....	17
11. CONCLUSIONES.....	23
12. BIBLIOGRAFÍA.....	23
13. REFERENCIAS LEGISLATIVAS.....	25

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Figura 1. Diagrama esquemático fabricación por: a) extrusión; b) inyección de tinta; c) sintetización por aire caliente; d) sintetización por láser; e) chorro de aglomerante.....	5
Figura 2. Figuras de chocolate creadas por la impresora CocolJet.....	8
Figura 3. Diseño de alimentos en 3D de: a) salchicha, b) bistec, c) hamburguesa.....	9
Figura 4. Impresora 3D Foodini, de la empresa Natural Machines.....	10
Figura 5. Impresora 3D Barilla, de la empresa homóloga.....	10
Figura 6. Impresora 3D ChefJet, de la empresa 3D Systems.....	11
Figura 7. Impresora 3D CocolJet, de la empresa 3D Sytems.....	11
Figura 8. Impresora 3D Dovetailed.....	12
Figura 9. Gráfico de la información acerca de la impresión de alimentos en 3D para el total de los encuestados.....	19
Figura 10. Gráfico de la información acerca de la impresión de alimentos en 3D para los encuestados mayores de 60 años.	19
Figura 11. Gráfico de la información acerca de la impresión de alimentos en 3D para los encuestados entre 18 y 60 años.	19
Figura 12. Gráfico de la aceptabilidad del consumo y la seguridad de los alimentos impresos en 3D para el total de los encuestados.	20
Figura 13. Gráfico de la aceptabilidad del consumo y la seguridad de los alimentos impresos en 3D para los encuestados mayores de 60 años.	20
Figura 14. Gráfico de la aceptabilidad del consumo y la seguridad de los alimentos impresos en 3D para los encuestados entre 18 y 60 años.	20
Figura 15. Gráfico de la curiosidad en los alimentos impresos en 3D para el total de los encuestados.	21
Figura 16. Gráfico de la curiosidad en los alimentos impresos en 3D para los encuestados mayores de 60 años.	21
Figura 17. Gráfico de la curiosidad en los alimentos impresos en 3D para los encuestados entre 18 y 60 años.	21
Figura 18. Gráfico de la futura intención de compra de impresora 3D de alimentos para el total de los encuestados.	22

Figura 19. Gráfico de la futura intención de compra de impresora 3D de alimentos para los encuestados mayores de 60 años.	22
Figura 20. Gráfico de la futura intención de compra de impresora 3D de alimentos para los encuestados entre 18 y 60 años.	22
Tabla 1. Tabla con el nombre de otras impresoras 3D de alimentos.....	12
Tabla 2. Resultados de la encuesta realizada.	18

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad somos más de 7.000 millones de habitantes en el planeta, con un crecimiento exponencial que, según las previsiones, podrá llegar a los 10.000 millones de habitantes en el año 2050. Este rápido aumento demográfico está causado en gran parte por la mejora de la calidad de vida y, en consecuencia, un aumento de la esperanza de vida.

Este crecimiento poblacional, por lo tanto, tendrá graves problemas, como el aumento de la contaminación, con el deterioro de los ecosistemas que esto supone, y también el agotamiento de recursos, la falta de servicios y bienes de primera necesidad, como lo son los alimentos, ya que la producción de éstos tal y como se producen hoy en día, será imposible, tanto por la cantidad que se necesitará para abastecer al total de la población, como por la falta de terrenos de cultivo y granjas (Dankar et al., 2018).

En este caso, sumando el incremento brusco de personas y la disminución del abastecimiento de alimentos, el problema de el hambre también se vería incrementado, con los países subdesarrollados como principales afectados (Carvajal, 2016).

Por eso, es necesario implantar nuevos métodos de suministrar alimentos a la población, como el uso de alimentos con alto contenido proteico como son los insectos o extractos de algas, que son muy abundantes. Por otra parte, para maximizar la producción minimizando los terrenos de cultivo, se está empezando a implantar la agricultura vertical (Donald, 2021), que consiste en obtener alimentos provenientes de la agricultura utilizando el espacio vertical, a semejanza de edificios, ya que se puede aprovechar ese espacio, mediante soportes que permitan cultivar plantas mediante ese método, sin utilizar grandes superficies de terreno "horizontal". Esto, junto con la impresión de alimentos en 3D facilitarán la obtención de alimentos y minimizará el riesgo de abastecimiento a la población.

En este sentido, las Naciones Unidas han elaborado una serie de objetivos a cumplir a corto-medio plazo. Uno de estos objetivos, concretamente el número 2, con el nombre "hambre cero", habla de la problemática actual del hambre con perspectivas a que se incremente en el futuro, y tiene el propósito a medio plazo de reducir drásticamente la cantidad de personas en el mundo que padecen hambre. Según las Naciones Unidas, un 8,9% de la población mundial padece hambruna, y el objetivo es que, en el año 2050, con más de 2.000 millones de personas más, el porcentaje de personas con hambre sea inferior. Sin lugar a duda, un gran reto que, entre todos, y con la ayuda de las nuevas tecnologías, esperemos conseguir.

Lo que sí que está claro, es que la industria alimentaria necesita reinventarse y avanzar hacia una sociedad en crecimiento y con la gran problemática del abastecimiento, el hambre y la falta de recursos al acecho. Es por eso por lo que la reciente aparición de la impresión de alimentos en 3D puede suponer un avance muy importante para combatir esta problemática, entre otros muchos factores, que más adelante estudiaremos. Se está avanzando a pasos agigantados, en un mundo en el que las nuevas tecnologías han irrumpido y están al alcance de cualquier persona.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivos generales

El principal objetivo de este trabajo es investigar sobre la nueva tecnología de impresión de alimentos en 3D, poniendo especial énfasis en la seguridad y la calidad de los alimentos fabricados mediante esta técnica, así como conocer la opinión y la valoración de los consumidores sobre la impresión de alimentos en 3D.

2.2. Objetivos específicos

Se incidirá también en otros factores, como los orígenes de la impresión en 3D en general, pasando por los orígenes de la impresión de alimentos y su progresión hasta la actualidad, y estudiando la progresión a corto plazo.

También se abordará la problemática de la superpoblación, que es uno de los factores clave en el rápido crecimiento de la impresión tridimensional que, a su vez, uno de sus objetivos es la reducción del hambre en el mundo.

Asimismo, se tratarán diferentes aspectos relativos a esta técnica de fabricación de alimentos, como los diferentes procesos y métodos de impresión en 3D, los componentes y funcionalidades de las impresoras, con las ventajas e inconvenientes que tienen en la actualidad, y los tipos de impresoras que existen en el mercado.

Además, se verán las aplicaciones que tiene y la utilidad que se espera que tenga en un futuro, ya que muy probablemente, las impresoras 3D sean consideradas como un electrodoméstico de uso doméstico más.

También se abordarán los aspectos legislativos acerca de la impresión de alimentos en 3D, ya que al ser algo relativamente novedoso, existe poca legislación explícita que regule el uso de impresoras 3D.

Por último, para conocer la opinión de los consumidores, se realizará una encuesta donde se abordarán varios parámetros relativos a los alimentos impresos en 3D: si se consideran seguros, si existe un conocimiento sobre la existencia de éstos, si en un futuro se adquiriría una impresora 3D para un uso doméstico. Posteriormente, se valorarán los resultados obtenidos, intentando extraer varias conclusiones respecto al tema en cuestión.

2.3. Objetivos de la impresión de alimentos en 3D

La impresión de alimentos en tres dimensiones tiene multitud de objetivos. Entre los más importantes, ofrecer la posibilidad de diseñar alimentos a medida, de manera rápida y sencilla, de modo que, en un futuro, la gran mayoría de la población pueda aspirar a tener una impresora en casa, con la posibilidad de elaborar recetas y alimentos cuando se desee.

Otro objetivo que tiene la industria alimentaria a medio plazo es intentar acabar con la hambruna en el mundo. Con el problema de superpoblación que tenemos actualmente, y que se incrementará con el paso de los años, la cantidad de alimentos necesaria para abastecer a toda la población será imposible de conseguir mediante los métodos de fabricación de alimentos

actuales. A través de la impresión en 3D, no solo se conseguirá crear todo tipo de alimentos, sino que se hará en mayor cantidad y sin utilizar alimentos provenientes de terrenos agrícolas y ganaderos, ya que los terrenos destinados al cultivo y a las ganaderías será menor por el incremento de la población (Donald, 2021).

Por lo tanto, los métodos de fabricación y obtención de alimentos actuales, junto con el avance de las nuevas tecnologías de mano de la impresión en 3D, tiene el objetivo a corto-medio plazo más importante que es el del abastecimiento a la población y la erradicación de la hambruna en el mundo, así como la mejora general en la forma de alimentarnos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el presente trabajo, se ha recabado información de diferentes portales web, principalmente de revistas y artículos científicos. Las bases de datos utilizadas mayoritariamente han sido PubMed, Dialnet, Mendeley, Tandfonline y Google Académico, además de otras revistas de ámbito científico.

Para el apartado relativo a la legislación, la información ha sido extraída del Boletín Oficial del Estado y de la página web oficial del Parlamento Europeo. Por último, para la realización de la encuesta se ha utilizado la herramienta Google Forms, que permite crear cuestionarios, para posteriormente tratar los resultados obtenidos con Excel.

4. ASPECTOS TÉCNICOS DE LA IMPRESIÓN DE ALIMENTOS EN 3D

4.1. Materiales imprimibles: ingredientes

Actualmente existen varios tipos de alimentos que pueden ser impresos, y todos ellos deben tener unas características adecuadas para poder ser impresos sin ningún tipo de dificultad.

Éstos, por sus propiedades pueden ser de tres tipos (Baiano, 2020):

- Líquidos: son los más comunes, y los que mejores características de fluidez poseen, ya que, independientemente de la viscosidad, la gran mayoría no presentan problemas de atascamientos. Por ello, los métodos de impresión aplicables a los ingredientes líquidos son la extrusión y la inyección de tinta.
- Polvos: no son tan comunes, pero cada vez hay más materiales en polvo imprimibles y comestibles. Debido a su baja capacidad de fluidez, los únicos métodos aplicables son los de sintetización, tanto por láser como por aire caliente, ya que los polvos necesitan una fuente de calor para aglutinarse y poder fluir fácilmente por las boquillas, o la adición de ingredientes aglutinantes.
- Cultivos celulares: son ingredientes poco conocidos, pero con un rol fundamental, ya que se utilizan para imprimir alimentos cárnicos, pero sin provenir directamente de animales vivos. Este método de impresión es conocido como bioimpresión, y se cultivan células vivas para producir tejidos cárnicos (Díaz et al., 2022).

Una de las características principales que deben tener los ingredientes es una alta fluidez, para evitar obstrucciones. Si un ingrediente no cumple con este requisito, existen materiales que se añaden a los ingredientes para facilitar la fluidez, como son la goma xantana, gelatina, almidón o alginato.

Otra característica que debe poseer un ingrediente es una alta capacidad de cizallamiento, es decir, que en el momento de salir por la boquilla, salga todo el material y no se queden restos

en el orificio de salida, lo que podría producir atascamientos y, como consecuencia, un flujo variable.

Por último, los ingredientes han de tener la capacidad de mantener una forma tridimensional, sin romperse la estructura una vez estén las capas formadas. Uno de los ingredientes óptimos son los hidrocoloides, que son capaces de mantener la estructura mediante redes gelificantes, y tienen una fluidez elevada. Por el contrario, una de las sustancias que más problemas acarrea por su baja capacidad de fluidez y su dificultad para formar estructuras tridimensionales es la fibra, por lo que actualmente, imprimir alimentos altos en fibra es una dificultad (Zhang et al., 2021).

4.2. Partes de una impresora de alimentos 3D

El funcionamiento de una impresora 3D de alimentos es sencillo y complejo a la vez.

Las impresoras tienen un software que contiene unos archivos con los modelos de alimentos, con unas coordenadas específicas en un plano tridimensional para cada uno. También se encarga de ordenar los movimientos determinados y la apertura/cierre de las válvulas por donde circulan los alimentos a través de las boquillas.

Otra parte de las impresoras es la computadora, que es el punto de unión entre el software y el usuario. A través de una pantalla aparecen todos los datos necesarios para realizar la impresión. La impresora está prevista de unas cápsulas en su interior, donde se introducen los alimentos primarios, que luego formaran parte del producto final. Estas cápsulas son de acero inoxidable, un material muy adecuado debido a su baja retención de sabores y olores, y además, facilita las tareas de limpieza para su posterior reutilización.

La impresora contiene también varias boquillas, por donde salen los alimentos, y las hay de distintos diámetros, ya que cada alimento tiene una viscosidad distinta, y con una variedad de boquillas, se pueden realizar diferentes impresiones. Las boquillas están controladas por unos motores, y realizan movimientos específicos según el alimento que se va a imprimir, a través de las órdenes dadas por el software a los motores.

4.3. Métodos de impresión

Actualmente existen cuatro métodos distintos de fabricación de alimentos mediante impresora 3D y son los siguientes:

- Extrusión
- Sintetización selectiva por láser o por aire caliente
- Chorro de aglomerante
- Inyección de tinta

En la figura 1 se pueden observar el esquema de fabricación de estos 4 métodos, separándose la sintetización por aire caliente y la sintetización por láser.

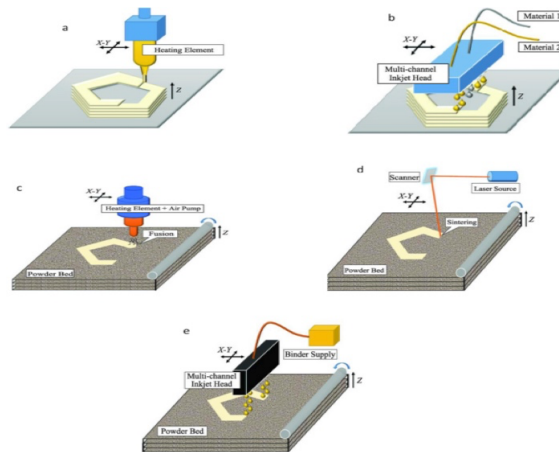


Figura 1. Diagrama esquemático fabricación por: a) extrusión; b) inyección de tinta; c) sintetización por aire caliente; d) sintetización por láser; e) chorro de aglomerante. Fuente: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.018>

4.3.1. Extrusión

El método más común es el de extrusión de materiales (Mantihal et al., 2020), por el cual las formulaciones de alimentos son extruidas a través del paso por las boquillas, hasta una base, donde por acumulación van formando la forma tridimensional del alimento final. Para ello existen dos métodos previos, la extrusión por fusión, en la que se aplica calor al material para controlar la viscosidad y facilitar la extrusión, y en la que con el paso del tiempo se va enfriando y consiguiendo la forma deseada sólida. Otro método consiste en añadir los materiales más viscosos, con una consistencia más maleable, sin necesidad de ser calentados previamente.

El método de extrusión tiene como resultado la adición por capas, donde los ingredientes se van añadiendo capa por capa hasta formar el producto final en tres dimensiones.

Este método tiene la ventaja de que no se desperdician materiales, ya que únicamente utiliza las cantidades de ingredientes necesarias para formar el alimento final deseado, sin necesidad de eliminar cantidades sobrantes. En los inicios si ocurría esto, en el que el método de diseñar un alimento en 3D no era añadiendo, sino eliminando el material para darle la forma final. De esta forma, se consigue optimiza el proceso de fabricación, y genera beneficios a las personas o empresas que utilizan las impresoras 3D, ya que no se desecha ninguna cantidad de alimento durante el proceso, contribuyendo también a disminuir los desperdicios de comida, que es uno de los grandes problemas en la actualidad, teniendo en cuenta la falta de alimentos en países en subdesarrollados y en vías de desarrollo (Sun et al., 2018).

4.3.2. Sintetización selectiva por láser o por aire caliente

Ambos son métodos que se basan en la formación de objetos comestibles, a partir de materiales en forma de polvo, que son sintetizados mediante dos tipos de fuentes, rayos láser infrarrojos y aire caliente, que provocan la unión de las partículas de polvo hasta formar una estructura tridimensional.

En la sintetización por láser, éste va dirigido hacia un escáner donde están los materiales en forma de polvo, y mediante el calor que desprende, la parte exterior de las partículas de polvo se fusionan, y así, capa por capa, se va formando el alimento final (Mantihal et al., 2020).

En la sintetización por aire caliente, el resultado es el mismo que en la sintetización por láser, solo que la fuente de calor es un flujo lento de aire caliente que fusiona las partículas de polvo formando un objeto en 2 dimensiones (Mantihal et al., 2020). El proceso se repite, mientras que la fuente de calor va uniando las partículas entre si, y las capas que se van formando entre si, hasta formar la figura deseada en 3 dimensiones.

La singularidad de estos métodos es que son aplicables a cualquier material en forma de polvo, lo que supone una ventaja respecto al resto. Pero también tienen el inconveniente de que su uso solamente se reduce a estos materiales, por lo que cualquier material que no esté en forma de polvo, no puede ser utilizado. También tiene la desventaja de que, al finalizar el objeto tridimensional, éste tiene que pasar por un proceso de eliminación de las partículas de polvo sobrantes, cosa que en el resto de los métodos no es necesario (Sun et al., 2015).

4.3.3. Chorro de aglomerante

Éste es un método muy parecido al de la sintetización, ya que únicamente trabaja con materiales en polvo, pero la diferencia es que la unión entre partículas no se hace mediante una fuente de calor, sino a través de la adición de materiales aglutinantes en forma líquida, que es la responsable de la unión de las partículas de polvo (Mantihal et al., 2020). El proceso se repite hasta formar la forma en 3D deseada.

Las ventajas que tiene son la rapidez del proceso y las altas capacidades para producir alimentos de repostería y confitería, ya que el azúcar es uno de los materiales más utilizados. Por el contrario, es un método solo aplicable a materiales en polvo, por lo que limita bastante el uso y la finalidad del método (Sun et al., 2015).

4.3.4. Inyección de tinta

Esta técnica, como bien dice el nombre, se basa en la inyección de ingredientes en forma de tinta, con una baja viscosidad. Es utilizada, principalmente para hacer decoraciones en repostería, y puede ser de dos formas distintas: inyección de tinta continua, en la que la tinta alimentaria, con la ayuda de productos conductores, es expulsada de forma ininterrumpida por las boquillas; y la inyección de tinta de gota a demanda, en la que el ingrediente es expulsado solamente cuando se necesita.

Las ventajas de este método son la alta precisión y resolución, la rapidez, y que es aplicable a un gran número de ingredientes, ya que tan solo necesita que estos tengan una baja viscosidad y una alta capacidad de fluidez.

Pero también cuenta con el inconveniente de que no es un método de fabricación de alimentos con una estructura tridimensional como tal, sino que solamente se utiliza para rellenar alimentos ya fabricados (Sun et al., 2015).

5. HISTORIA Y PRECEDENTES EN LA IMPRESIÓN EN 3D

5.1. La tecnología 3D: antecedentes

Para entender mejor el mundo de la tecnología 3D, tenemos que remontarnos a los inicios de la impresión en 3D. La primera idea de impresora de alimentos como tal, aparece a mediados de los años 60 en la película Star Trek (Sun et al., 2015). Pero, se podría decir que los años 80 fueron los inicios de la impresión en tres dimensiones, y es que, a principios de la década de los 80, se inventó la primera técnica de impresión 3D, con el nombre de *'Rapid Prototyping'*, basada en el método de adición por capas. El nombre de Chuck Hull está relacionado con la impresión en 3D, y es que, en 1983, fundó la empresa 3D Systems, y fue pionero en la impresión de un objeto en 3D con la técnica de *'estereolitografía'*, basada en el método de adición por capas. Un año más tarde, en 1984, este inventor estadounidense patentó el primer aparato que utilizaba este método. Dos años más tarde, en 1986, se patentó un nuevo método de impresión en 3D, la sintetización por láser, en la que los materiales se fundían mediante el calor aplicado por un rayo láser.

Como en casi todos los ámbitos de la ciencia, la mayoría de los avances tecnológicos surgen en las universidades y, en este caso, en Institute of Technology de Massachusetts surgió la idea de diseñar una máquina, similar a una impresora convencional, pero que fuese capaz de elaborar productos en tres dimensiones, o lo que es lo mismo, una impresora en 3D.

Era el año 1987, y este instituto norteamericano con el apoyo de 3D Systems, plasmaron la idea en la primera impresora capaz de imprimir objetos en 3 dimensiones, basada en proceso de adición por capas, con inyecciones de aglutinantes.

Esta impresora llegó a comercializarse, y fue pionera en un nuevo sistema de diseño y realización de materiales y productos, que en los años noventa empezó a expandirse, gracias al Institute of Technology de Massachusetts, quien vendió sus derechos de esta nueva técnica de impresión, a la que llamaron 3D Printing (Sher et al., 2015).

Posteriormente, se patentaron dos nuevos métodos de impresión: la deposición fundida, en 1988, y la fusión por haz de electrones, en 1993 (Baiano, 2020).

Los avances tecnológicos iban aumentando en cuanto a la impresión en 3 dimensiones, y a principios del siglo XXI se consiguieron imprimir los primeros órganos en 3D. A medida que avanzamos en el tiempo, se van mejorando aspectos técnicos y optimizando métodos de impresión, por lo que las impresoras son más asequibles económicamente y más sencillas de utilizar.

5.2. Primera impresión de alimentos en 2D

Después de la revolución de las impresoras capaces de imprimir objetos en 3 dimensiones, el objetivo de muchas empresas era poder hacer lo mismo, pero en lugar de imprimir objetos, la idea era poder imprimir alimentos en 3D. Para ello, en primer lugar, surgió la posibilidad de imprimir alimentos en 2 dimensiones, a modo de una imagen sobre una base ya preparada. Esto lo puso en práctica por primera vez un chef, Homaru Cantu, en un restaurante de Chicago, en el año 2005, cuando se imprimieron unas imágenes hechas a base de materiales comestibles, que se pusieron sobre unos rollos de sushi.

Con la idea de imprimir materiales comestibles en 2D plasmada, el siguiente objetivo pasar al siguiente nivel y poder imprimir los alimentos en 3D. Esto se hizo realidad dos años más tarde, en 2007 cuando dos empresarios, Windell Oskay y Leonore Edman, consiguieron materializar la idea de diseñar una impresora, a la que denominaron CandyFab400, capaz de imprimir

alimentos en 3 dimensiones mediante una técnica de sintetización por láser, en la que los materiales primarios son polvos, que son fundidos por una fuente de energía proveniente de rayos laser, que hacen que se unan estos materiales primarios, formando así el alimento final (Sher et al., 2015).

5.3. Llegada de la impresión en 3D a la I.A.

En el año 2001 se inventó un método para imprimir tartas, que curiosamente, es el alimento con el que se inventaron las primeras patentes de técnicas de impresión de alimentos en 3D. Sin embargo, esta idea se quedó en un prototipo, pero nunca llegó a hacerse realidad.

Esto fue un punto de inflexión en cuanto a la impresión en 3D, ya que, a partir de ese momento muchas universidades y grupos de investigación, dedicaron su empeño en mejorar el diseño de las impresoras, y descubrir nuevos métodos y procedimientos para poder ampliar el campo de impresión. Uno de los primeros alimentos con el que se empezó a trabajar es el chocolate, y es que en el año 2010 se lanzó una impresora que, con chocolate a alta temperatura, para mantenerlo en estado líquido, como materia prima, y a través de un extrusor, por el cual salía el chocolate fundido, a través del método “adición por capas”, donde posteriormente se dejaba solidificar el chocolate, siendo capaz de formar estructuras tridimensionales (figura 2). El chocolate es el alimento más utilizado y el que mejores características posee para poder ser impreso, pero con el tiempo, han aparecido técnicas e impresoras capaces de imprimir pasta, productos a base de azúcar y carne obtenida en laboratorios (Dick et al., 2019).

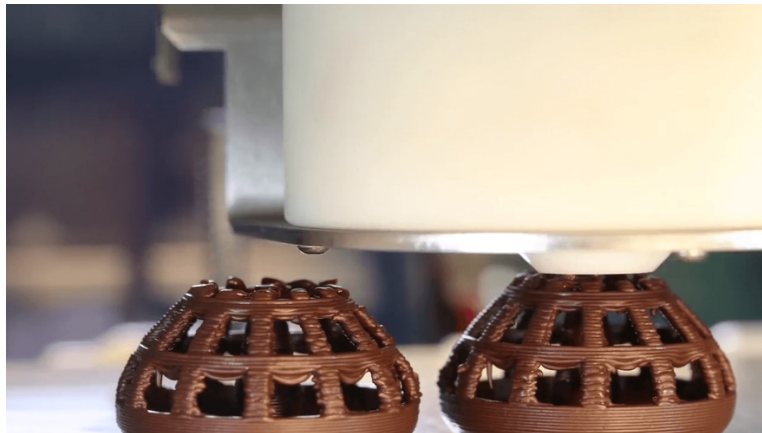


Figura 2. Figuras de chocolate creadas por la impresora CocolJet. Fuente: https://www.dpi-insights.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=185:3d-printing-food&Itemid=690

6. APLICACIONES Y UTILIDADES

6.1. Aplicaciones

Siempre que aparece una nueva tecnología es porque había una demanda de mercado, o una necesidad por parte de la población, y el caso de las impresoras de alimentos e 3D es un ejemplo más. Actualmente, uno de los mayores inconvenientes es el elevado precio que supone adquirir una maquina de este calibre, ya que, de momento, las necesidades de las personas no van hasta el punto de depender de una impresora en 3D para poder abastecerse, pero de eso hablaremos mas adelante.

Pero en el mundo de la industria alimentaria, cada vez va abriéndose un hueco más grande, por varios aspectos importantes que supone disponer de éstas.

En primer lugar, para las industrias alimentarias o un gran negocio de hostelería, el factor económico no es un inconveniente, ya que una empresa grande se supone que puede permitirse tener una impresora 3D de alimentos, ya que los beneficios que genera son suficientes para amortizarla en poco tiempo. Además, supone un gran avance para facilitar la cadena de suministro, debido a la simplicidad y rapidez del proceso (Dankar et al., 2018).

La impresión en 3D también generará un beneficio medioambiental (Dankar et al., 2018), ya que, será capaz de crear alimentos sustitutos cárnicos, y poder así disminuir la cantidad de explotaciones animales que, aparte de ofrecer un mayor bienestar animal, permitirá reducir la contaminación proveniente de los gases generados por los animales, que según la FAO, actualmente representan un 14,5% de las emisiones causantes del efecto invernadero.

Otra ventaja que nos ofrece es la capacidad de diseñar alimentos a medida, pudiendo integrar nutrientes, con las características personalizadas y con las proporciones de macro y microelementos deseadas, lo que nos permitirá crear dietas personalizadas y saludables (Dankar et al., 2018) con bajos contenidos en grasas y azúcares. También es posible diseñar alimentos con unas propiedades aptas para aquellas personas que tienen dificultades de masticación, ya que con las impresoras 3D es posible diseñar alimentos con diferentes texturas (Díaz et al., 2022). Así pues, una impresora puede ser considerada una herramienta para personalizar una dieta (Zhao et al., 2021).

También es posible crear análogos de carne, mediante el cultivo celular (figura 3), obteniendo alimentos cárnicos a través de tejidos, sin proceder directamente del animal (Dick et al., 2019).

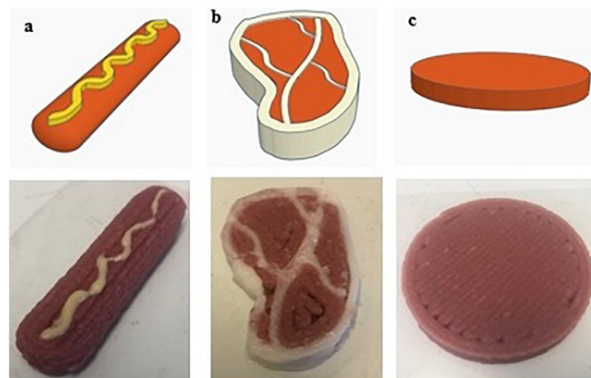


Figura 3. *Diseño de alimentos en 3D de: a) salchicha, b) bistec, c) hamburguesa. Fuente: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.005>*

En la figura anterior (figura 3) podemos observar tres alimentos obtenidos mediante este método, y se puede observar que visualmente son casi idénticos a los obtenidos de forma convencional, pero con la posibilidad de añadirle nutrientes, y de crear las formas deseadas.

Del mismo modo, también pueden ser alimentos dirigidos a misiones espaciales duraderas, ya que éstas necesitan llevar el mínimo de alimentos posibles, y que ocupen un espacio mínimo con lo que se podrían crear alimentos de dimensiones reducidas y una larga vida útil, con las características nutricionales óptimas para pasar un largo periodo de tiempo (Lupton, 2017).

6.2. Tipos de impresoras de alimentos en 3D

Desde que en 2005 se consiguiera imprimir una imagen en dos dimensiones, sobre un papel comestible, un gran número de empresas, de la mano de universidades, iniciaron estudios para conseguir diseñar una impresora capaz de crear alimentos en tres dimensiones. Desde entonces, muchos han sido los avances y las impresoras que se han lanzado al mercado, unas con más éxito que otras, y cada una con una especialidad distinta, pero todas ellas con la misma función: la impresión de alimentos en 3D.

- FOODINI: de todas las impresoras, esta es la más conocida (Mejía-Vásquez et al., 2021), creada por la empresa Natural Machines, es capaz de imprimir una gran variedad de alimentos, de varias texturas diferentes, que se pueden manejar desde otro dispositivo mediante wifi, gracias a un software que tiene (figura 4).

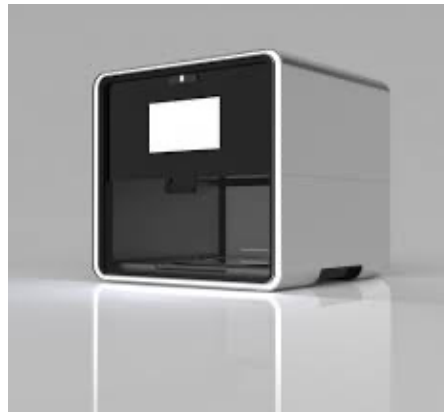


Figura 4. Impresora 3D Foodini, de la empresa Natural Machines. Fuente: <https://www.impresoras3d.com/foodini-impresora-3d-de-comida-es-ya-una-realidad-de-espana/>

- BARILLA: esta impresora, creada por la empresa italiana de la que recibe el nombre, está especializada en la impresión de pasta fresca (Mejía-Vásquez et al., 2021), y tiene la capacidad de imprimir diferentes tipos de pasta, y darle un gran número de formas distintas, lo que la convierte en una herramienta puntera (figura 5).



Figura 5. Impresora 3D Barilla, de la empresa homóloga. Fuente: <https://www.hwlibre.com/barilla-nos-habla-las-capacidades-impresora-3d-comida/>

- CHEFJET: esta impresora está creada por la empresa 3D Systems, la misma que diseñó la primera impresora en 3D en el año 1987. Ésta está especializada en la repostería (Mejía-Vásquez et al., 2021), siendo capaz de crear, de forma sencilla e intuitiva, una gran variedad de dulces y figuras de chocolate (figura 6).



Figura 6. Impresora 3D ChefJet, de la empresa 3D Systems. Fuente: <http://imprimalia3d.com/services/chefjet>

- COCOJET: es una impresora similar a la de ChefJet, solamente que ésta es exclusiva para la impresión de chocolates (Mejía-Vásquez et al., 2021) de una gran calidad, ya que fue creada por la empresa 3D Systems en colaboración con una de las mejores empresas de chocolatería, Hershey's Company (figura 7).



Figura 7. Impresora 3D CocoJet, de la empresa 3D Systems. Fuente: <http://pichicola.net/cocojet-3d-imprime-piezas-de-chocolate-en-3d/>

- DOVETAILED: esta impresora es, por el momento, la única que es capaz de imprimir frutas en 3D, aunque no con la forma de la fruta, sino en pequeñas burbujas mediante una técnica de esferificación, que con el zumo de la fruta en cuestión y la adición de un gelificante como el alginato de sodio, permite crear la fruta que deseas, en forma de esfera pequeña (Mejía-Vásquez et al., 2021) (figura 8).

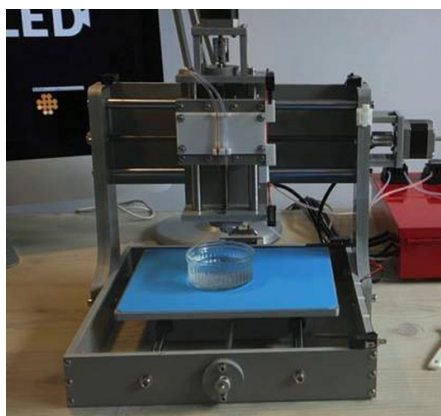


Figura 8. Impresora 3D Dovetailed, capaz de imprimir frutas en 3D. Fuente: https://elpais.com/tecnologia/2014/06/03/actualidad/1401786156_020211

Otras impresoras, aunque menos conocidas, pero que también están en el mercado son las siguientes (tabla 1) (Baiano, 2020):

Nombre de la impresora 3D
Choc Creator V2.0 Plus
Commercial Art Pancakes Printer F5
Fab@Home Model 3
Focus
Mycusini
OiaoKe
Pancakebot 2.0
RoVaPaste
VX

Tabla 1. Tabla con el nombre de otras impresoras 3D de alimentos. Fuente: propia

7. FUTURO DE LA IMPRESIÓN DE ALIMENTOS EN 3D

Está claro que la impresión de alimentos en 3 dimensiones está en crecimiento, y actualmente hay muchos estudios de investigación y desarrollo para mejorar técnicas y procesos actuales, para hacer de la impresión en 3D una herramienta básica y que esté al alcance de mucha gente, es decir, que en un futuro no muy lejano sea otro electrodoméstico más en el hogar de las personas.

Como es normal, cuando aparece una nueva maquina en el mercado, aunque actualmente no está al alcance de la mayoría de la población, existe una desinformación al respecto, y uno de los objetivos a corto plazo que las industrias alimentarias deberían tener es ofrecer información, a través de cursos de formación en las empresas para las personas que vayan a utilizar una impresora, y posteriormente, cuando sea una herramienta más conocida, ofrecer esta información al resto de personas interesadas en la impresión de alimentos en 3D: que es, como funciona, sus utilidades, etcétera (Jiang et al., 2019).

Otro de los aspectos a mejorar de cara a un futuro es la problemática que tienen algunos extrusores y boquillas que se quedan atascados debido a la falta de una limpieza óptima, por lo que un aumento del rendimiento de los sistemas de limpieza de boquillas y extrusores mejoraría

también el proceso de impresión. Para ello, hay que buscar materiales más ergonómicos y con formas lisas, sin formar esquinas, para que la limpieza sea mas fácil y rápida (Jiang et al., 2019).

Actualmente, el producto más utilizado como materia prima en la impresión en 3D es el chocolate, debido a sus buenas características y su maleabilidad a la hora de formar estructuras tridimensionales. Aun así, la cantidad de materias primas sigue siendo insuficiente para tener nuevos mercados, por lo que el numero de alimentos impresos es aún bastante limitado. Sin embargo, los equipos de I+D de las grandes empresas de la impresión de alimentos en 3D están en busca de nuevas formulaciones que puedan dar con nuevas materias primas con óptimas propiedades para poder obtener nuevos alimentos en tres dimensiones, y así disponer de un mercado más amplio. Aún así, con el chocolate y el azúcar, los productos más utilizados, el mundo de la repostería tiene un gran aliado en la impresión de alimentos en 3D.

Otros productos en los que se está investigando y que pueden ser de gran utilidad en la impresión 3D son algas o insectos, que son alimentos que no son muy aceptados por la sociedad, pero que mediante la impresión 3D pueden ser transformados, formando parte de otros alimentos, pero conservando las características nutricionales, ya que son muy nutritivos (Donald, 2021). Esto puede ser un factor importante, sobretodo para los niños, ya que suelen tener más problema de ingerir alimentos estéticamente feos o que contienen verduras (Prakash et al., 2019).

Con la impresión de alimentos en 3D, al tener la posibilidad de diseñar alimentos con multitud de formas y de integrar alimentos, puede suponer un avance para que los niños tengan una alimentación variada y divertida. (Yang et al., 2017)

Por último, es necesario implementar campañas publicitarias para informar a los consumidores, los cuales, la mayoría siguen viendo este método de fabricación de alimentos, como algo futurista y poco fiable, para concienciarlos de que los alimentos son totalmente seguros y mantienen la calidad, y que, además, ofrece multitud de beneficios que no son viables mediante el método actual (Jiang et al., 2019). Desde la posibilidad de crear recetas hasta la reducción del hambre y de la contaminación generada por los métodos actuales de obtención de alimentos, como lo son las grandes explotaciones ganaderas.

Esto, junto con el problema de que no existe mucha legislación al respecto, es una traba que con el paso del tiempo y el incremento de los estudios y de los conocimientos acerca de la impresión de alimentos en 3D, supondrá que esta técnica sea indispensable y cotidiana.

8. ASPECTOS LEGALES RELATIVOS A LA IMPRESIÓN DE ALIMENTOS EN 3D

Actualmente, no existe ninguna ley específica que, como tal, regule el uso de las impresoras de alimentos en 3D. Sin embargo, al ser una máquina considerada como un robot, el Parlamento Europeo aprobó un texto, la Resolución del Parlamento Europeo, de 16 de febrero de 2017, con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica, en el que se recogen unas recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica, referentes al uso de aparatos robóticos y la inteligencia artificial, en aspectos de derechos de propiedad intelectual y normalización del uso de este tipo de máquinas.

Sin embargo, hay una serie de leyes y normativas que, pese a que no sean exclusivas para el uso de impresoras en 3D, si que están recogidas en el BOE y son aplicables al uso de las impresoras y de los procesos de fabricación. El Real Decreto 280/2021, de 20 de abril, por el que se establece el Curso de especialización en Fabricación aditiva y se fijan los aspectos básicos del currículo, se

refiere a la implantación de cursos de formación para la fabricación de objetos en impresoras 3D, que, aunque no nombra que puedan ser procesos de fabricación de alimentos, si que sería aplicable por utilizar maquinaria de creación de objetos por adición de capas.

En primer lugar, una de las características principales de una impresora de alimentos en 3D es la capacidad de reproducir una amplia variedad de alimentos, que en muchos casos pueden ser ilegales, ya sea por contener sustancias prohibidas, o por tener una patente registrada (Baiano, 2020). En el caso de fabricar un alimento que tenga registrados unos derechos de autor, se estaría infringiendo el Real Decreto Legislativo 1/1996 de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia, con las correspondientes sanciones que conlleva su incumplimiento.

Otro aspecto que se debería tener en cuenta en un futuro, es la regulación del uso de ciertos productos químicos en la fabricación de nuevos alimentos (Baiano, 2020). Este es un tema de gran importancia, ya que se están realizando estudios para diseñar nuevos alimentos a partir de ciertos compuestos químicos, y en un futuro una gran parte de los alimentos que se consumirán, podrían contener materiales químicos o haber estado en contacto con ellos en algún proceso de fabricación.

Por otra parte, atendiendo al aspecto innovador que tiene la impresión en 3D, muchos de los alimentos que se fabrican tienen la condición de “nuevos alimentos” (Baiano, 2020). El Reglamento (UE) 2015/2283 el Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) no 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) no 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) no 1852/2011 de la Comisión. Este Reglamento es relativo a los nuevos alimentos y recoge, entre otros aspectos, las características que deben tener éstos. Como el resto de los alimentos, tienen que ser seguros, es decir, no contener ninguna sustancia tóxica, tener un control microbiológico donde no existan microorganismos patógenos, informar al consumidor de la presencia de alérgenos, y ceñirse a la normativa de etiquetado (Baiano, 2020), que está consolidada en el BOE en el Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los nuevos productos alimenticios. Por tanto, estos alimentos tienen que ceñirse a la Ley 17/2011, de 5 de julio, correspondiente a la seguridad alimentaria y nutrición.

Este aspecto es muy importante, ya que no existen normativas de etiquetado específica para los alimentos impresos en 3D. El etiquetado es un factor necesario para informar al consumidor todas las características del producto, y en este caso, los alimentos en 3D deberían tener un etiquetado específico, refiriéndose a que han sido impresos mediante tecnología 3D, y también para evitar fraudes, ya que con este método es posible reproducir alimentos que ya existen.

9. SEGURIDAD DE LOS ALIMENTOS EN 3D

En primer lugar, hay que recalcar que, como ocurre con los aspectos legales, al tratarse de un modo de fabricación relativamente nuevo y en continuo proceso de investigación y mejoras, de la seguridad alimentaria no se sabe mucho, salvo algunos aspectos fundamentales, que son obvios.

La seguridad de los alimentos en 3 dimensiones depende del alimento en cuestión, de los materiales de la impresora y de los procesos de impresión (Baiano, 2020).

Los alimentos que van a ser sometidos al proceso de impresión tienen que pasar los debidos controles para garantizar que son seguros, como cualquier alimento, para poder ser ingerido sin causar ningún problema de salud.

Por otra parte, hay que tener en cuenta los materiales de los que están hechos las cápsulas, boquillas, extrusores y bases, que son los que van a estar en contacto con los alimentos. Estos objetos deben ser de unos materiales de unas propiedades determinadas, ya que no deben ni absorber partículas del alimento, ni deben de transmitir partículas del propio material al alimento, es decir, deben ser materiales herméticos. Éstos, tendrán que ser de materiales resistentes, anticorrosivos y no tóxicos, así como tener unas formas adecuadas para facilitar los procesos de limpieza. El material del que están hechos la mayoría de las piezas, y el más adecuado es el acero inoxidable (Baiano, 2020).

Éste es un aspecto fundamental para garantizar la seguridad de los alimentos, mantener una limpieza diaria de las maquinarias, y que estén situadas en sitios adecuados, con ventilación, para aumentar la higiene tanto de la maquinaria, como de los alimentos.

Un aspecto al que se refiere la impresión de alimentos en 3D es a la seguridad de los alimentos, en cuanto a que éstos sean totalmente saludables. Al poder elaborar alimentos a medida, se pueden fabricar alimentos que, manteniendo unas buenas características organolépticas, sean más saludables al tratarse de alimentos bajos en azúcares y en grasas (Lupton, 2017).

Por último, hay que tener en cuenta los procesos a los que son sometidos los alimentos, sobretudo los cambios de temperatura, ya que muchos son calentados antes de pasar por los extrusores para facilitar su flujo, y posteriormente, una vez están depositados por capas, son enfriados para aumentar la resistencia y poder mantener la estructura tridimensional. Estos cambios de temperatura son idóneos para el crecimiento microbiano, y hay que tenerlo en cuenta para tener un alimento inocuo, libre de cepas microbianas que puedan acarrear problemas microbiológicos al consumidor.

En resumen, los alimentos fabricados por impresoras en 3D tienen una alta seguridad, ya que existen muchos controles para garantizar la seguridad de éstos. De igual modo, la calidad de los alimentos creados por impresión en 3D, es igual que la de los alimentos fabricados convencionalmente o que los obtenidos de forma tradicional, incluso teniendo la posibilidad de ser más saludables que los anteriormente mencionados.

10. COMPORTAMIENTO DEL CONSUMIDOR

10.1. Enfoque general: pros y contras

En primer lugar, hay que considerar que la fabricación de alimentos mediante impresión 3D es algo relativamente nuevo y desconocido para la gran mayoría de las personas. Siempre que hay algo nuevo, hay personas a las que les resulta curioso y les parece atractivo, y otras a las que les ocurre justo lo contrario, que por desconocimiento tienen dudas de la seguridad de estos alimentos, de la procedencia de éstos, de los procesos, y de que un alimento pueda ser fabricado por un robot.

Mayoritariamente, aquellos a los que les resulta atractiva esta forma de crear alimentos, son personas jóvenes, con más conocimientos sobre nuevas tecnologías y que ven en la impresión en tres dimensiones una herramienta básica en un futuro no muy lejano. La gente joven, generalmente, suele tener más información sobre los beneficios de llevar una dieta específica, y la impresión 3D puede diseñar alimentos a medida, con las características nutricionales que se desee (Baiano, 2020).

Otro beneficio de las personas que confían en el método de la impresión en 3D es la rapidez y la comodidad que ofrece, ya que actualmente, se dispone de menos tiempo para cocinar y elaborar recetas, y la gente opta por métodos alternativos más rápidos, por los que la impresión 3D les parece un avance muy importante. Lo mismo ocurre con las personas que piensan que muchos de los alimentos obtenidos de forma convencional suponen un riesgo medioambiental, y que con la impresión en 3D esto no ocurre, por lo que están a favor del uso de esta nueva tecnología.

En cambio, con las personas de mayor edad ocurre justo lo contrario. El desconocimiento acerca de las nuevas tecnologías en general, y menos de una tecnología sobre algo tan importante como es la alimentación, les hace pensar como algo futurista y poco accesible, además de ofrecer dudas respecto de la seguridad y la calidad de los alimentos fabricados. Por eso, estas personas, prefieren los alimentos obtenidos de forma convencional.

Las características sensoriales de los alimentos son muy importantes como bien es sabido, hasta tal punto que la aceptabilidad de un alimento depende, en gran medida, del aspecto visual de éste. Esto ya ocurre con los alimentos convencionales y, por supuesto, ocurre en los alimentos en 3D. Es por eso que, en la mayoría de las encuestas realizadas, existe un cierto rechazo de primeras, en cuanto a las formas extrañas que se les puede dar a los alimentos en 3D.

Otro aspecto que considerar es que muchos ingredientes que se usan para realizar el alimento final son totalmente desconocidos, y hay quien piensa que son ingredientes no comestibles. Los medios de comunicación tienen también un papel fundamental en cuanto a la expansión de la impresión de alimentos en 3 dimensiones. Éstos son muy útiles para informar a los consumidores de los beneficios que genera este método de fabricación de alimentos.

10.2. Encuesta

A lo largo de los últimos años se han realizado un gran número de encuestas, cada una con un número de participantes distinto, y con unas preguntas variadas, para conocer la opinión de la población respecto al uso de la tecnología en 3 dimensiones en la industria alimentaria, casi todas con una visión similar por parte del encuestado, en este caso, de los consumidores.

Para conocer la opinión de los consumidores, en este caso, se ha realizado una pequeña encuesta, con un total de 40 participantes, de diferentes rangos de edad, e incidiendo en distintos aspectos acerca de la impresión de alimentos en 3D. Aunque el tamaño de la muestra es pequeño, y no es extrapolable al total de la población, esta encuesta nos dará resultados significativos que si se pueden acercar a la realidad.

Atendiendo a la edad de los participantes, estos se han dividido entre 18 y 60 años, y mayores de 60, de los cuales 29 pertenecen al rango de edad más joven, y los 11 restantes son mayores de 60.

Los encuestados, de forma anónima, tenían que responder las siguientes 6 preguntas, con las correspondientes respuestas posibles:

- ¿A que rango de edad pertenece?
 - 18 – 60
 - >60
- ¿Cuánta información tiene acerca de la impresión de alimentos en 3D?
 - Ninguna
 - Poca
 - Bastante
- ¿Consumiría alimentos creados mediante impresión 3D?
 - Si
 - No
- ¿Cree que son seguros los alimentos en 3D?
 - Si
 - No
- ¿Le resulta curioso el uso de la tecnología 3D en la alimentación?
 - Si
 - No
- En un futuro, y a un precio asequible, ¿adquiriría una impresora de alimentos 3D?
 - Si
 - No

A continuación, se muestra la tabla con los resultados obtenidos (tabla 2), donde S significa respuesta “si”, y N significa la respuesta “no”.

PARTICIPANTE	EDAD	INFORMACION	CONSUMIRIA	SEGURIDAD	CURIOSIDAD	COMPRARIA
1	>60	NINGUNA	S	S	N	N
2	>60	NINGUNA	N	N	N	S
3	>60	NINGUNA	S	S	N	N
4	>60	NINGUNA	S	S	N	N
5	>60	NINGUNA	N	N	N	N
6	>60	NINGUNA	N	N	N	N
7	>60	NINGUNA	N	N	N	N
8	>60	NINGUNA	N	N	N	N
9	>60	POCA	S	S	N	N
10	>60	POCA	N	N	N	N
11	>60	NINGUNA	S	S	S	S
12	18 - 60	BASTANTE	S	S	S	S
13	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
14	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
15	18 - 60	POCA	S	S	S	S
16	18 - 60	POCA	S	S	N	N
17	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	N
18	18 - 60	NINGUNA	N	S	N	N
19	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
20	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
21	18 - 60	POCA	S	S	S	S
22	18 - 60	NINGUNA	S	S	N	S
23	18 - 60	POCA	S	S	S	S
24	18 - 60	NINGUNA	S	S	N	S
25	18 - 60	NINGUNA	S	S	N	N
26	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
27	18 - 60	POCA	S	N	N	S
28	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
29	18 - 60	NINGUNA	S	S	N	N
30	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
31	18 - 60	POCA	S	S	N	S
32	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
33	18 - 60	POCA	S	S	S	S
34	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
35	18 - 60	POCA	S	S	N	N
36	18 - 60	POCA	S	S	N	S
37	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
38	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
39	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S
40	18 - 60	NINGUNA	S	S	S	S

Tabla 2. Resultados de la encuesta realizada. *Fuente: propia*

En la tabla anterior podemos observar varios resultados significativos, que nos llevan a las siguientes conclusiones:

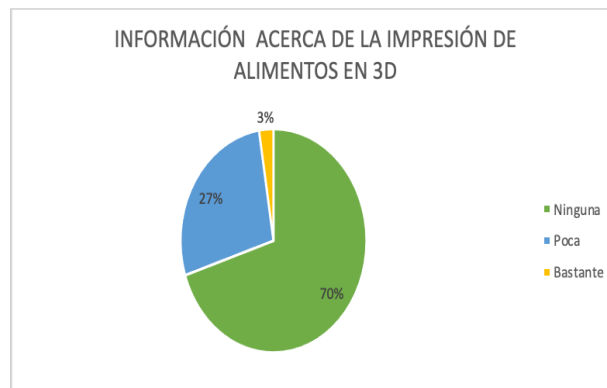


Figura 9 Gráfico de la información acerca de la impresión de alimentos en 3D para el total de los encuestados. Fuente: propia

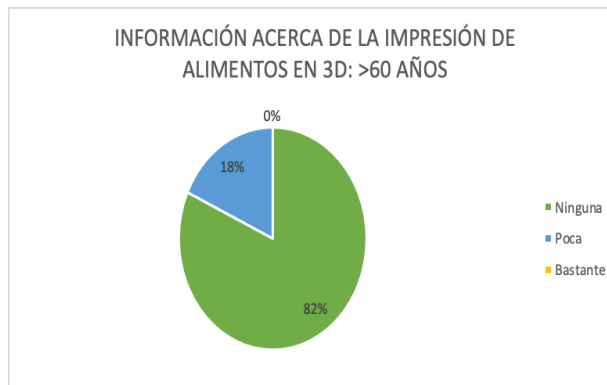


Figura 10. Gráfico de la información acerca de la impresión de alimentos en 3D para los encuestados mayores de 60 años. Fuente: propia

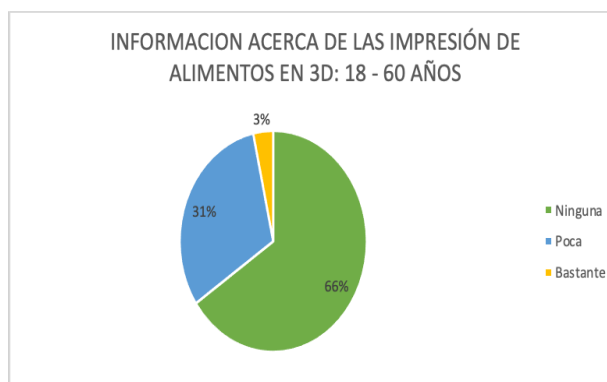


Figura 11. Gráfico de la información acerca de la impresión de alimentos en 3D para los encuestados entre 18 y 60 años. Fuente: propia

En cuanto a la información que se tiene al respecto de la impresión en 3D, independientemente de la edad, un 70% de los encuestados no tiene ninguna información al respecto (figura 9). Entre los menores de 60 años (figura 11), el porcentaje es del 65%, mientras que, en mayores de 60 (figura 10), el porcentaje aumenta hasta el 81%. Si sumamos las personas que tienen poca información, casi el 100% de los encuestados tienen poca o ninguna información. Por lo tanto, hay una falta de información al total de la población, tanto a los jóvenes como a los mayores.

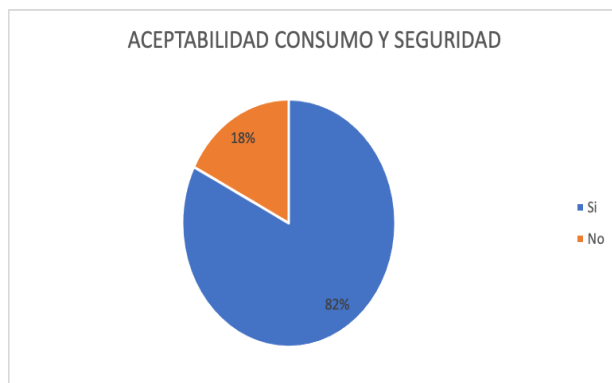


Figura 12 Gráfico de la aceptabilidad del consumo y la seguridad de los alimentos impresos en 3D para el total de los encuestados. Fuente: propia

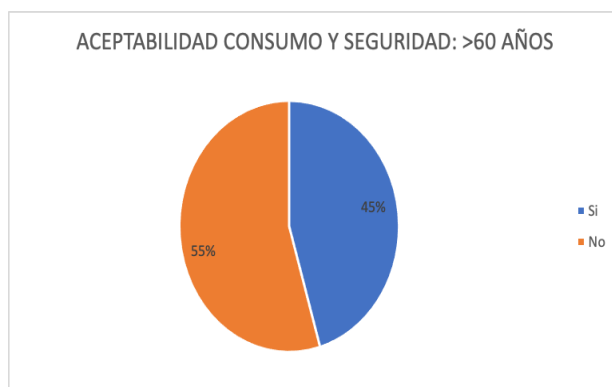


Figura 13. Gráfico de la aceptabilidad del consumo y la seguridad de los alimentos impresos en 3D para los encuestados mayores de 60 años. Fuente: propia



Figura 14. Gráfico de la aceptabilidad del consumo y la seguridad de los alimentos impresos en 3D para los encuestados entre 18 y 60 años. Fuente: propia

Los resultados acerca de si consideran seguros los alimentos impresos en 3D y si consumirían son iguales. Para el total de los encuestados (figura 12), pese a tener poca o ninguna información al respecto, el 82,5% consideran que son alimentos seguros, como los obtenidos de forma convencional, y no tendrían ningún problema en consumir este tipo de alimentos. En cambio, el factor de la edad si que es relevante en este apartado. Para los menores de 60 años (figura 14), un 96,5% de los encuestados, es decir, todos menos uno de ellos, lo consideran alimentos seguros y si los consumirían, mientras que para los mayores de 60 años (figura 13), este porcentaje se reduce, hasta el punto que mas de la mitad, el 54,5% tiene dudas acerca de la seguridad de estos alimentos, y no estarían seguros de consumirlos.

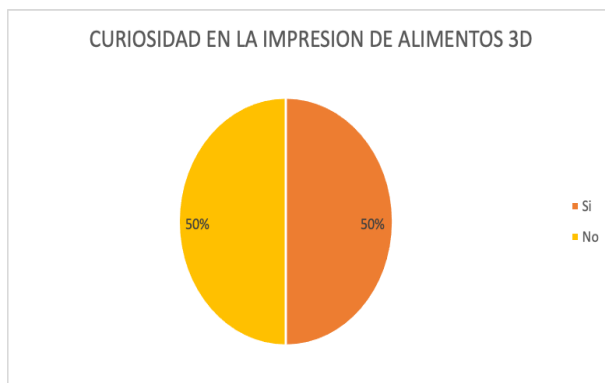


Figura 15. Gráfico de la curiosidad en los alimentos impresos en 3D para el total de los encuestados. Fuente: propia

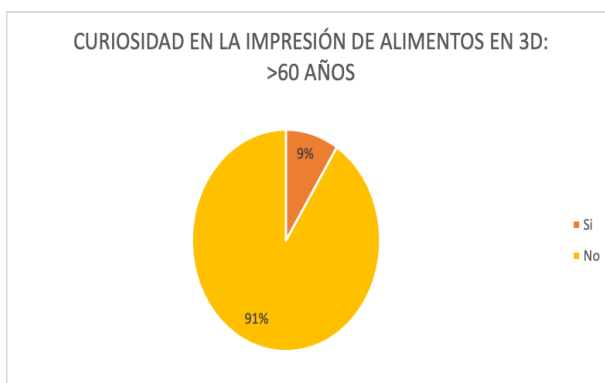


Figura 16. Gráfico de la curiosidad en los alimentos impresos en 3D para los encuestados mayores de 60 años. Fuente: propia

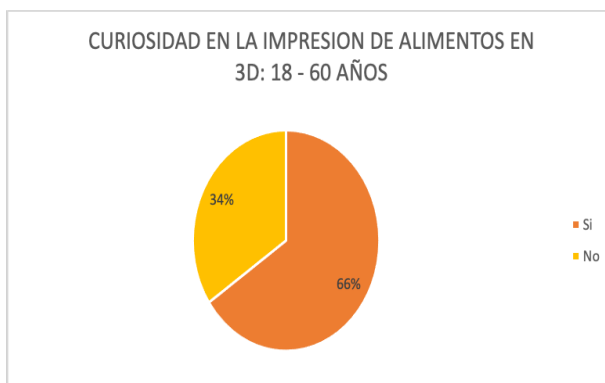


Figura 17. Gráfico de la curiosidad en los alimentos impresos en 3D para los encuestados entre 18 y 60 años. Fuente: propia

En el aspecto relativo a la curiosidad que despierta la impresión de alimentos en 3D, en líneas generales, 1 de cada 2 encuestados tenía interés en este tema, mientras que el 50% de los encuestados no lo tenía (figura 15). Atendiendo al rango de edad, los resultados son bien distintos: mientras que en los mayores de 60 años (figura 16), tan solo el 9% de los encuestados estaba interesado en la impresión de alimentos en 3D, en las personas más jóvenes (figura 17) el porcentaje de interesados en este tema aumentaba hasta el 66%.

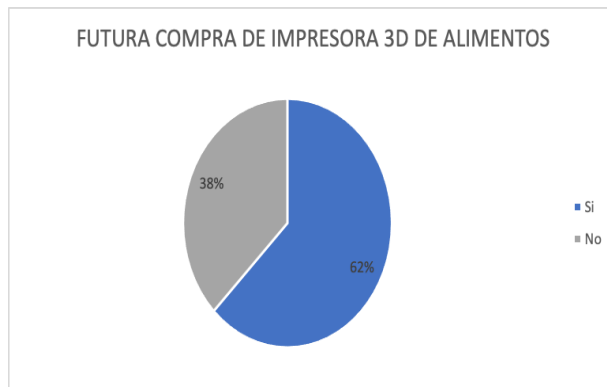


Figura 18. Gráfico de la futura intención de compra de impresora 3D de alimentos para el total de los encuestados. Fuente: propia

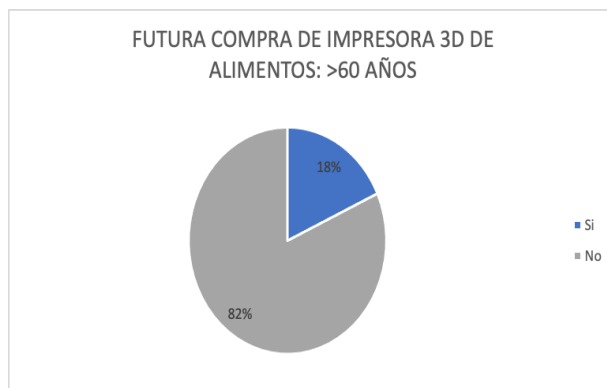


Figura 19. Gráfico de la futura intención de compra de impresora 3D de alimentos para los encuestados mayores de 60 años. Fuente: propia

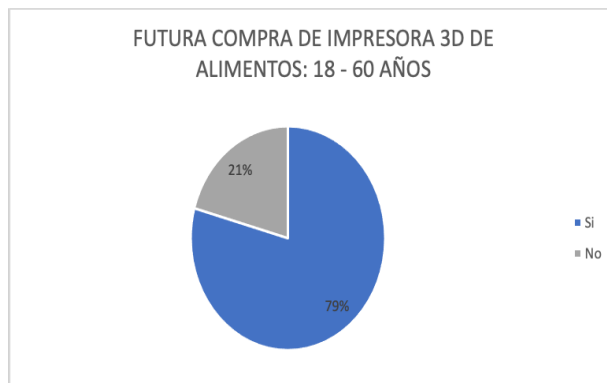


Figura 20. Gráfico de la futura intención de compra de impresora 3D de alimentos para los encuestados entre 18 y 60 años. Fuente: propia

Por último, en los datos obtenidos acerca de la intencionalidad de compra de una impresora 3D, en un futuro, y con un precio asequible, a modo de electrodoméstico doméstico, los resultados son claros. Para el total de los encuestados (figura 18), una ligera mayoría de ellos, el 62%, si que estaría dispuesto a adquirir una impresora 3D de alimentos, como una herramienta básica para la obtención de alimentos y el diseño de recetas. Para la gente mayor de 60 años (figura 19), tan solo el 18% de los encuestados tendría la intención de comprar una, mientras que entre las personas menores de 60 años (figura 20), ocurre justo lo contrario, el 79% si estaría dispuesto a adquirir una impresora 3D.

En resumen, actualmente, con muy poca información al respecto, a medida que se avanza en la edad, con una relación menor con las nuevas tecnologías y adaptados en la forma de obtención de alimentos convencional, se va perdiendo interés en el tema de la impresión de alimentos en 3 dimensiones, así como genera dudas de la seguridad y la calidad de los alimentos obtenidos mediante esta tecnología. En cambio, en las personas más jóvenes, con un mayor conocimiento de las nuevas tecnologías y una mayor predisposición a aprender nuevas cosas, el interés por la tecnología de la impresión de alimentos en 3D es mayor, además de presentar mayores niveles de confianza en la seguridad y la calidad de estos alimentos.

11. CONCLUSIONES

Lo que está claro, es que actualmente no es comparable la forma de producir alimentos mediante impresoras 3D que, mediante la forma convencional, ya que no es todavía viable. En parte, porque aún está en fase de investigación, y no hay suficientes impresoras ni suficiente materia prima para abastecer a un gran número de población. Pero poco a poco y con los avances tecnológicos existentes, la impresión de alimentos en 3D logrará hacerse un hueco muy importante en la industria alimentaria, hasta tal punto de que todos tendremos la posibilidad de tener una en casa para uso cotidiano, al igual que ocurre con otros electrodomésticos como un refrigerador o un microondas.

También está claro que aún falta mucho por hacer, partiendo de la base de que se necesita informar a la población de los aspectos básicos de la impresión de alimentos en 3D. Estas labores de propaganda ayudarán a crecer esta tecnología, tanto por parte de los consumidores, como por parte de aquellos operarios que se vayan a dedicar a utilizar las impresoras en el ámbito industrial. Si se dan a conocer todas las ventajas que ofrece la impresión de alimentos en 3D, la población tendrá más confianza en este nuevo método, ya que, de momento, aun hay mucha gente que opina que los alimentos fabricados con la tecnología 3D no son tan seguros ni tienen tanta calidad como los fabricados actualmente de forma convencional.

Pero con el problema de superpoblación que tenemos y que va aumentando a medida que pasan los años, con el riesgo de agotamiento de recursos y la falta de abastecimiento que esto supondrá, será un reto muy importante para la industria alimentaria acabar con el hambre mundial, cumpliendo con el objetivo de desarrollo sostenible de “hambre cero”. Eso, junto con la posibilidad de crear dietas a medida, con las características nutricionales deseadas, y sobretodo, de fácil y rápida fabricación, que son dos aspectos fundamentales en la forma de vida de hoy en día, hará que la impresión de alimentos en 3D sea un factor indispensable para la alimentación de un futuro no muy lejano.

12. BIBLIOGRAFÍA

BAIANO, A. (2020). 3D Printed Foods: A Comprehensive Review on Technologies, Nutritional Value, Safety, Consumer Attitude, Regulatory Framework, and Economic and Sustainability Issues. *Food Reviews International*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1762091>

CARVAJAL-LARENAS, F. E. (2016). *The future of food in 2025. A global perspective.* - <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1616/1269>

- DANKAR, I., HADDARAH, A., OMAR, F. E. L., SEPULCRE, F., & PUJOLÀ, M. (2018). 3D printing technology: The new era for food customization and elaboration. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 231–242. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.018>
- DIAÑEZ, I., MARTÍNEZ, I., FRANCO, J. M., BRITO-DE LA FUENTE, E., & GALLEGOS, C. (2022). *Advances in 3D printing of food and nutritional products*. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2021.12.003>
- DICK, A., BHANDARI, B., & PRAKASH, S. (2019). 3D printing of meat. *Meat Science*, 153, 35–44. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.005>
- DONALD STEWART. (2021). Alimentos del futuro, ¿que podremos comer? *MEC--EDUPAZ*. <http://mec-edupaz.unam.mx/index.php/mecedupaz/article/view/76928/68416>
- FAO (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.fao.org/sustainable-development-goals/goals/goal-2/es/>
- JIANG, H., ZHENG, L., ZOU, Y., TONG, Z., HAN, S., & WANG, S. (2019). 3D food printing: main components selection by considering rheological properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(14), 2335–2347. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1514363>
- LUPTON, D. (2017). ‘Download to delicious’: Promissory themes and sociotechnical imaginaries in coverage of 3D printed food in online news sources. *Futures*, 93, 44–53. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.08.001>
- MANTIHAL, S., KOBUN, R., & LEE, B.-B. (2020). 3D food printing of as the new way of preparing food: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100260. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878450X20301372?via=ihub>
- MEJÍA-VÁSQUEZ, H.-D., & HERNÁNDEZ-SANDOVAL, G.-R. (2021). Desarrollo de un sistema de alimentos impresos 3D a partir de ingredientes nutritivos en polvo micro y nanoencapsulados. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 8(1), 64–79. <https://doi.org/10.23850/24220582.3749>
- PRAKASH, S., BHANDARI, B. R., GODOI, F. C., & ZHANG, M. (2019). Future Outlook of 3D Food Printing. In *Fundamentals of 3D Food Printing and Applications* (pp. 373–381). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814564-7.00013-4>
- SHER, D., & TITO RIGAU, J. (2015). La impresión de alimentos en 3D. *Elisava Temes de Disseny*, 31, 104–117.
- SUN, J., PENG, Z., YAN, L., FUH, J., & HONG, G. S. (2015). 3D food printing—An innovative way of mass customization in food fabrication. *International Journal of Bioprinting*. <https://doi.org/10.18063/IJB.2015.01.006>
- SUN, J., ZHOU, W., HUANG, D., FUH, J. Y. H., & HONG, G. S. (2015). An Overview of 3D Printing Technologies for Food Fabrication. *Food and Bioprocess Technology*, 8(8), 1605–1615. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1528-6>
- SUN, J., ZHOU, W., YAN, L., HUANG, D., & LIN, L. (2018). Extrusion-based food printing for digitalized food design and nutrition control. *Journal of Food Engineering*, 220, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.02.028>

YANG, F., ZHANG, M., & BHANDARI, B. (2017). Recent development in 3D food printing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(14), 3145–3153. <https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1094732>

ZHANG, J. Y., PANDYA, J. K., MCCLEMENTS, D. J., LU, J., & KINCHLA, A. J. (2021). Advancements in 3D food printing: a comprehensive overview of properties and opportunities. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1878103>

ZHAO, L., ZHANG, M., CHITRAKAR, B., & ADHIKARI, B. (2021). Recent advances in functional 3D printing of foods: a review of functions of ingredients and internal structures. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(21), 3489–3503. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1799327>

13. REFERENCIAS LEGISLATIVAS

ESPAÑA, 2021. Real Decreto 280/2021, de 20 de abril, por el que se establece el Curso de especialización en Fabricación aditiva y se fijan los aspectos básicos del currículo, se refiere a la implantación de cursos de formación para la fabricación de objetos en impresoras 3D. Boletín Oficial del Estado, núm. 128, de 29 de mayo de 2021, pp. 65266-65301. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2021/04/20/280>

UNIÓN EUROPEA, 2017. Resolución del Parlamento Europeo, de 16 de febrero de 2017, con recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica, en el que se recogen unas recomendaciones destinadas a la Comisión sobre normas de Derecho civil sobre robótica. Disponible en: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-8-2017-0051_ES.html#title2

UNIÓN EUROPEA, 2015. Reglamento (UE) 2015/2283 el Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de noviembre de 2015 relativo a los nuevos alimentos, por el que se modifica el Reglamento (UE) no 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo y se derogan el Reglamento (CE) no 258/97 del Parlamento Europeo y del Consejo y el Reglamento (CE) no 1852/2011 de la Comisión. Diario Oficial de la Unión Europea, L 327/1, de 11 de diciembre de 2015. Disponible en: <http://data.europa.eu/eli/reg/2015/2283/oj>

ESPAÑA, 1999. Real Decreto 1334/1999, de 31 de julio, por el que se aprueba la Norma general de etiquetado, presentación y publicidad de los nuevos productos alimenticios. Boletín Oficial del Estado, núm. 202, de 24 de agosto de 1999, pp. 31410-31418. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rd/1999/07/31/1334>

ESPAÑA, 1996. Real Decreto Legislativo 1/1996 de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia. Boletín Oficial del Estado, núm. 97, de 22 de abril de 1996. Disponible en: <https://www.boe.es/eli/es/rdlg/1996/04/12/1/con>