

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA AGRONÒMICA I DEL MEDI NATURAL



**EVALUACIÓN DE FORMULACIONES ALIMENTARIAS PARA SU
IMPRESIÓN EN 3D**

TRABAJO FIN DE GRADO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

ALUMNO: JOSÉ MARCED ADRIÁ

DIRECTOR ACADÉMICO: JAVIER MARTÍNEZ MONZÓ

CODIRECTORA: PURIFICACIÓN GARCÍA SEGOVIA

Curso Académico: 2015-2016

VALENCIA, JULIO DE 2015

RESUMEN

La impresión en 3d es una tecnología en auge mediante la cual podemos imprimir en estado físico y a la escala que se desee casi cualquier tipo de diseño virtual en 3d.

El objetivo de este proyecto ha sido el de desarrollar la impresión 3d de alimentos, de manera que fuese posible crear figuras hechas enteramente con materiales alimentarios capaces de sostenerse y con un nivel de detalle elevado.

Para ello se utilizan distintas tecnologías según el tipo de material con el que se trabaje. Al trabajar con impresión alimentaria se decidió por una impresora de extrusión con el fin de poder trabajar con fluidos, y se eligió como material de estudio puré de patata.

Para conseguirlo se buscó entre distintas casas comerciales para encontrar una impresora 3d de extrusión y se eligió el modelo Paste Extruder. Una vez montado el modelo se empezaron las pruebas con distintas mezclas alimentarias, resultando la mejor la de puré de patatas.

En una primera etapa se desarrollaron distintas formulaciones de puré de patata para decidir cuál era la más adecuada.

En la siguiente etapa se procedió a la formulación, elaboración y posterior valoración de las características fisicoquímicas

Por ultimo diferentes fórmulas de puré de patatas se desarrollaron para decidir cuál era la más apropiada. Las diferentes mezclas fueron impresas para encontrar aquellas con las mejores capacidades de impresión.

Palabras Clave: alimentos, impresión 3D, extrusión

ABSTRACT

3D printing it's an increasing technology by which we can print physically and at the desired scale almost any type of virtual 3D design.

The objective of this project was to develop 3d food printing, so it would be possible to create figures made entirely with materials capable of sustaining, and with a high level of detail.

For this purpose different technologies are used depending on the type of material with which they work. When working with food print was decided by a printer extrusion in order to work with fluids, and was chosen as study material mashed potato.

To accomplish it, different 3D printer houses were searched, in order to find a 3D extrusion printer, and model Paste Extruder was chosen. Once assembled the model tests with different food mixtures began, resulting the best results on mashed potatoes.

Finally different formulations of mashed potato were developed to decide which was the most appropriate. And the different mixtures were test-printed in order to find the ones with best printing capacities

RESUMEN

L' impressió en 3d és una tecnologia en auge, mitjançant la qual, podem imprimir en estat físic i a l'escala que es desitja la majoria dels tipus de disseny virtual en 3d.

L'objectiu d'aquest projecte ha estat el desenvolupar l'impressió 3d d'aliments, per tal d'aconseguir figures, fetes completament amb materials alimentaris, capaços de sostindre's i amb un nivell de detall elevat.

Per això s'utilitzen distintes tecnologies segons el tipus de material amb què es treballa. Al treballar amb impressió alimentària es va decidir per una impressora d'extrusió a fi de poder treballar amb fluids, i es va triar com a material d'estudi, puré de creïlla.

Per a aconseguir-ho, vam contactar amb distintes cases comercials per trobar una impressora 3d d'extrusió, vam escollir el model Paste Extruder. Una vegada muntat el model, començarem les proves amb distintes mescles alimentàries, resultant la millor, el puré de creïlles.

En una primera etapa es van desenrotllar distintes formulacions de puré de creïlla per tal d'escollir la més adequada. En la següent etapa procedirem a la formulació, elaboració i posterior valoració de les característiques fisicoquímiques.

Per últim, es van comparar les diferents fórmules de puré de creïlles, per decidir la més apropiada. Les diferents mescles van ser impreses per trobar aquelles amb les millors capacitats d'impressió.

ÍNDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS	5
I. INTRODUCCIÓN	
I.1 DEFINICIÓN Y ORIGEN	
I.2 INGREDIENTES	
I.3 EL ENTORNO	
I.4 PRODUCTO.....	
II. OBJETIVOS.....	
II.1. OBJETIVO GENERAL	
II.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	
III. MATERIALES Y MÉTODOS	
III.1. PLAN DE TRABAJO	
III.2. INGREDIENTES.....	
III.3. PROCESO DE ELABORACIÓN	
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
IV.1 PRUEBAS PREVIAS	
IV.1.1 MASAS CON GELIFICANTES.....	
IV.2 MONTAJE Y ADAPTACION DEL EQUIPO A LAS CONDICIONES DE TRABAJO	
IV.2.2 PARÁMETROS DE REGULACIÓN Y CONDICIONES DE USO	
IV.3 PRUEBAS CON PURÉ DE PATATA	
IV.3.1 FORMULA BASE DEL PURÉ	
IV.3.2 FORMULAS CON COLORANTES NATURALES.....	
IV.3.3 PRUEBAS CON MASA DE GALLETA.....	
V. Conclusiones	
VI. Referencias Bibliográficas	

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS:

Figura 1- Diagrama de la creación de un compuesto alimentario en 3D

Figura 2 – Impresora Foodini

Figura 3 – Impresión de una masa panaria mediante la impresora Foodini

Figura 4 – Vista del pan impreso

Figura 5 – Impresión de hamburguesas con Foodini

Figura 6 – Previsiones por año de venta de impresoras en unidades

Figura 7 – Previsiones de venta en el año 2015, porcentaje de venta de impresoras por menos de 1000 euros respecto a por más de 1000 euros.

Figura 8 – Previsiones de venta en el año 2019, porcentaje de venta de impresoras por menos de 1000 euros respecto a por más de 1000 euros

Figura 9 – Dibujo del cabezal de la impresora de extrusión

Figura 10 – Dibujo de la impresora completa

Figura 11 – Fotografía de la impresora

Figura 12 – Pantalla inicial de la impresora

Figura 13 – Menú principal

Figura 14 – Comando auto home

Figura 15 – Comando Move Axis “mover eje

Figura 16 – Pantalla con las distintas posibilidades de movimiento

Figura 17 – Pantalla con la elección de las opciones de temperatura

Figura 18 – Pantalla con el comando: Print from SD

Figura 19 - Distintas figuras de impresión con las que se ha trabajado

Figura 20 – Figura Starvase impresa al 100%

Figura 21 – Ejemplo de impresión de la figura square

Figura 22 – Ejemplo de impresión de la figura Bulbasaur

Figura 23 - *Tetraselmis* (color verde)

Figura 24 - *Espirulina* (color azul)

Figura 25 - *Café soluble* (color marrón)

Figura 26 - *Frosting de frambuesa* (color rosa)

Tabla 1 – Especificaciones de uso de diversos gelificantes

Tabla 2 - Formulaciones realizadas con gelificantes:

Tabla 3 - Formulaciones realizadas con puré:

INTRODUCCIÓN

1.1. DEFINICIÓN DE IMPRESIÓN 3D

A diferencia de la fabricación de alimentos, impresión alimentos robótica basada en tres dimensiones (3D) integra la impresión en 3D y gastronomía digital para revolucionar la fabricación de alimentos personalizando la forma, color, sabor, textura e incluso la nutrición.

Por lo tanto, los productos alimenticios pueden ser diseñados y fabricados para satisfacer las necesidades individuales a través de controlar la cantidad de material de impresión y el contenido de la nutrición.

Esencialmente, la impresión 3D proporciona una comida solución de ingeniería para el diseño personalizado de alimentos y control de la nutrición personalizada, una herramienta de creación de prototipos para facilitar el desarrollo de nuevos productos alimenticios y una máquina potencial de reconfigurar una cadena de suministro de alimentos a medida.

Dibujos hechos con helado en las galletas y chocolates, tarjetas de presentación hechas galletas y logotipos pintados sobre alimentos han creado un sector increíble en el mercado de regalo personal. Estos alimentos hasta el momento se han diseñado y hecho por artesanos especialmente entrenados, y por ello son necesarios más tiempo para el diseño y fabricación, y también un coste más alto, lo cual ha provocado que aun no hayan sido ampliamente adoptados por el público.

Además, los ingredientes de los alimentos y sus efectos sobre el metabolismo y la salud varían entre los individuos. A mejorar el estado de salud individual, el concepto de nutrición personalizada que tiene como objetivo adaptar y fabricar dieta específicamente basado en la condición de salud individual ha impulsado significativamente interés público.

Tradicionales procesos de preparación de alimentos, incluso con procesamiento avanzado tecnologías no pueden satisfacer tales demandas (Zoran y Coelho 2011). Tridimensional de Alimentos (3D) Impresión, también conocido como alimenticio en capas Fábricas (Wegrzyn et al. 2012), puede ser una de las maneras posibles para salvar esta brecha. Se trata de un proceso de construcción robótica controlada digitalmente que se puede acumular complejo capa productos alimenticios 3D por capa (Huang et al. 2013).

Se ha iniciado una revolución en la cocina por precisamente mezclar, depositar y cocinar capas de ingredientes, de modo que los usuarios pueden experimentar fácilmente y rápidamente con diferentes combinaciones de materiales. Con esta tecnología, la comida puede ser diseñada y fabricada para satisfacer las necesidades de estado de salud y la actividad física de cada individuo mediante el control de la cantidad de material de impresión y el contenido nutricional.

Los diseños de concepto de impresora de alimentos se introdujeron al público en general más de Hace 10 años. Nanotek Instruments Inc. patentó un método de creación de prototipos y la fabricación rápida para producir objetos 3D de alimentos

(Yang et al., 2001), como una tarta de cumpleaños diseñada por el cliente; sin embargo, ningún prototipo físico fue construido. Nico Klaber (Electrolux 2009) salió con un Diseño de concepto moléculaire en Electrolux Design Lab 2009, que podría imprimir múltiples materiales para personalizar comida con un pequeño brazo robótico.

Philips Design (2008) propuso la creación de un producto alimenticio de diseño personalizado usando cartuchos de alimentos, y programa interactivo de interfaz para seleccionar ingredientes, cantidades, formas, texturas y otras propiedades. Se han llevado a cabo algunos proyectos de impresión (Cohen et al 2009; Hao et al 2010. Lipton et al. 2009).

Estereolitografía

Consiste en la aplicación de un láser ultravioleta a una resina sensible a la luz contenida en un cubo. El láser va solidificando la resina (sustancia de planta) en capas hasta que el objeto adquiere la forma deseada.

Impresión por láser

Consiste en la compactación del material con el que se quiere construir el objeto - material que se encontrará pulverizado a una temperatura próxima a la fundición- a través de la aplicación de un láser.

Impresión por inyección

Muy similar a la tecnología de impresión por láser, su diferencia con ésta es que, en lugar de usar un láser, el material se compactará mediante inyección de un aglomerante (Material capaz de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto, por efectos de tipo exclusivamente físico.) que es en este caso la tinta. Esta tecnología permite imprimir en color, ya que el aglomerante utilizado puede tener un color u otro.

Impresión por deposición de material fundido

Consiste en la expulsión por parte de la máquina de un material fundido sobre un espacio plano. El material deberá ser expelido en hilos minúsculos para poder solidificarse nada más caer a la superficie. El expulsor se irá moviendo para que el material sólido vaya tomando la forma de cada capa.

Impresoras 3D de Adición

En las que se va añadiendo el material a imprimir por capas

(También se llaman “de inyección de polímeros”)

Impresoras 3D de Compactación

En éstas, una masa de polvo se compacta en capas y dentro de este método se clasifican en 2 tipos: las que utilizan Tinta o las que utilizan Láser. Las primeras utilizan una tinta que aglomera el polvo para que sea compacto y esa tinta puede ser de diferentes colores para la impresión en diferentes colores. Las segundas utilizan un láser que le da energía al polvo haciendo que este polvo se polimerice y luego se sumerge en un líquido que hace que se solidifique.

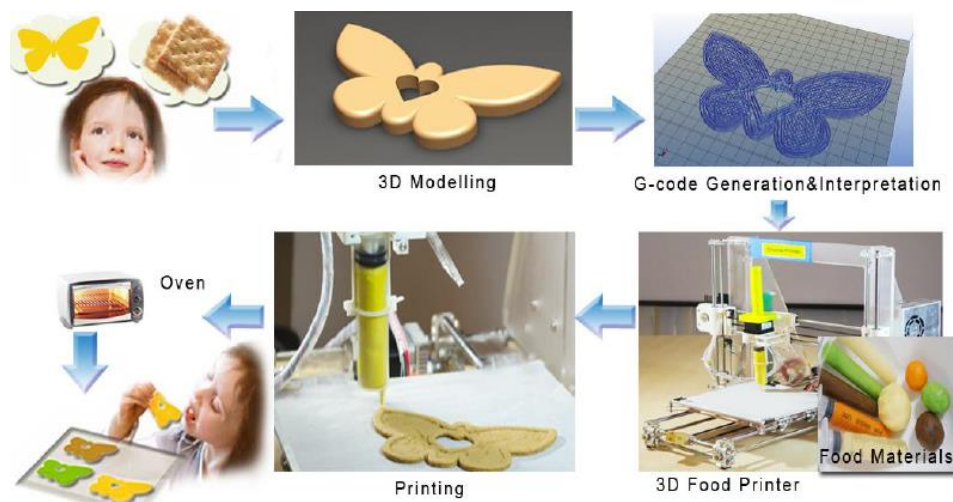


Figura 1- Diagrama de la creación de un compuesto alimentario en 3D

Tal y como se muestra en la figura, el proceso de impresión alimentaria actual comienza con el diseño de un virtual en 3D modelo. Cortando software traduce este modelo en capas individuales y finalmente genera máquina códigos para la impresión. Después de cargar los códigos en una impresora elegir una receta de comida preferida, solo habrá que darle a un botón para que la impresión de los alimentos comience.

SLIC3R

Slic3r es el programa que convierte un modelo 3d en instrucciones para que la impresora pueda imprimir. Convertirá esa imagen 3d en una ruta de líneas o “capas” las cuales estarán hechas del material que extruda la impresora. Con este programa podemos elegir un parámetro muy importante, la altura de capa.

La importancia de la altura de capa

La altura de capa es el espesor de cada capa, y es el paso a lo largo del eje vertical tomado antes de la extrusión de una nueva capa encima de la anterior. Hay varios factores que influyen en como de alto debe ser cada capa:

Resolución deseada - Una altura de capa baja debería dar lugar a impresiones con nervaduras o bandas menos notables, ya que cada capa es más pequeña. No solo la estética juega un papel aquí, sino también el tipo de modelo, por ejemplo, una parte mecánica puede no necesitar un acabado de una resolución tan alta, mientras que una pieza para una presentación puede hacerlo.

Velocidad de impresión - capas más cortas darán como resultado impresiones más suaves pero cada impresión tomará más tiempo, simplemente porque la extrusora debe trazar el patrón más veces. Una meta posteriormente será el de encontrar un equilibrio entre la altura de la capa, la velocidad de la impresora y la calidad de la impresión resultante.

Los perímetros definen el número mínimo de paredes verticales que una impresión tendrá. A menos que el modelo requiere paredes individuales de ancho por lo general se recomienda contar con un mínimo de dos perímetros ya que esto da algún tipo de seguro que si una sección del perímetro no se imprime correctamente, entonces el segundo perímetro ayudará a cubrir la misma.

GCODE

El G-code es el nombre que habitualmente recibe el lenguaje de programación más usado en Control numérico (CNC), el cual posee múltiples implementaciones. Usado principalmente en automatización, forma parte de la ingeniería asistida por computadora. Al G-code se le llama en ciertas ocasiones lenguaje de programación G. Es el lenguaje que utiliza el programa SLIC3R para convertir la imagen 3d en instrucciones de impresión.

En términos generales, G-code es un lenguaje mediante el cual las personas pueden decir a máquinas herramienta controladas por computadora qué hacer y cómo hacerlo. Esos "qué" y "cómo" están definidos mayormente por instrucciones sobre adonde moverse, como de rápido moverse y que trayectoria seguir.

Precursores en impresión de alimentos por extrusión

- FOODINI



Figura 2 – Impresora Foodini

Natural machines es la empresa que comercializa Foodini, la impresora en “3d” de alimentos más conocida hasta la fecha, capaz de extruir el contenido de sus cartuchos en 2d y en ligero 3d, pero sin posibilidad de crear estructuras altas. Se puede apreciar en las fotos que tampoco se consigue una capa fina y el nivel de detalle es bajo.

Cuando se vio la carencia en el mercado actual de dispositivos capaces de crear estructuras complejas en 3d con una mezcla alimentaria, se decidió dar un paso más allá y crear una.





Figura 3 – Impresión de una masa panaria mediante la impresora Foodini

Figura 4 – Vista del pan impreso

Figura 5 – Impresión de hamburguesas con Foodini

Desarrollo en la industria de impresoras 3D

En estas imágenes se puede observar como la mayoría de las máquinas actualmente se centran en el diseño 2d o en el ligero diseño 3d, pero sin posibilidad de crear estructuras complejas y con una altura considerable.

Consumo de impresoras 3D

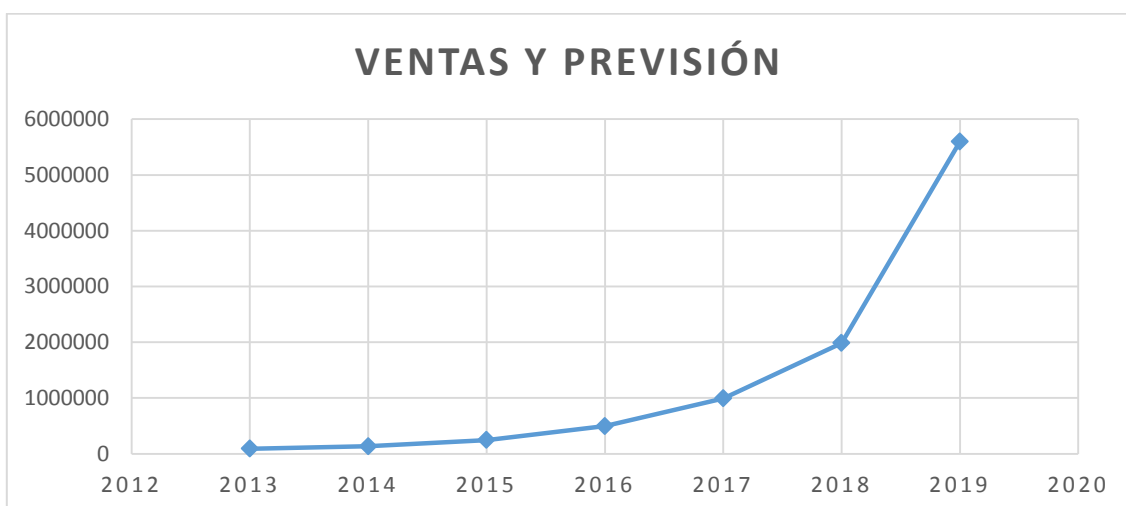


Figura 6 – Previsiones por año de venta de impresoras en unidades

Canalys, una página web de noticias y análisis en el tema de la electrónica, estima que cerca de 133.000 impresoras 3D fueron vendidas en todo el mundo en 2014, lo que representa una subida del 68 por ciento respecto al año anterior, mientras que la venta de impresoras 3D, materiales y servicios asociados generó unos ingresos de 3.300 millones de dólares, un 34 por ciento más que en 2013.

En el cuarto trimestre de 2014, los ingresos totales del mercado superaron los 1.000 millones de dólares por primera vez en un solo trimestre, y se suministraron 41.000 impresoras 3D, registrando una subida trimestral del 24 por ciento. A nivel regional, las Américas acapararon el 42 por ciento de las ventas, EMEA el 31 por ciento y APAC el 27 por ciento.

"La industria de la impresión en 3D fue en aumento en 2014", afirma el analista de investigación de Canalys, Joe Kempton. "Como esperábamos, la temporada navideña registró el crecimiento más significativo, sobre todo en el segmento de consumo, debido a que muchos usuarios adquirieron su primera impresora 3D. La combinación de la caída de precios, la disponibilidad de una gama de tecnologías más amplia y la mejora de las velocidades de impresión, ayudó a impulsar esta demanda".

Aproximadamente, tres cuartas partes de todas las impresoras 3D vendidas en el cuarto trimestre de 2014 tenían un precio por debajo de los 10.000 dólares. "Hubo grandes tasas de crecimiento positivas para los fabricantes de impresoras 3D de consumo dominantes, como MakerBot y Ultimaker, pero también aumentos sustanciales en el volumen de ventas de los proveedores chinos, como XYZPrinting, que se han beneficiado del lanzamiento de impresoras 3D a un precio extraordinariamente bajo", señala Kempton.

"También vimos un crecimiento increíblemente saludable en el segmento de impresoras 3D corporativo", asegura la vicepresidenta de análisis, Rachel Lashford. "Muchas empresas de impresión en 3D han comenzado a aumentar su gasto en investigación y desarrollo para prepararse para la entrada de HP en el mercado en 2016. Pero también hemos visto a compañías de tecnología más tradicionales encontrar su propósito en el mercado, como Intel, que se ha convertido en un jugador importante con el abastecimiento del procesador i7 para la impresora Multi Jet Fusion de HP, y con la aplicación de sus cámaras 3D RealSense en smartphones y tablets".

Las ventas mundiales de **impresoras 3D** alcanzarán las 496.475 unidades en 2016, un 103 por ciento más comparado con las 244.533 unidades que se suministrarán este año. Según **Gartner**, se prevé que las ventas de **impresoras 3D** se duplicarán cada año entre 2016 y 2019, año en el que se espera que el volumen de unidades suministradas a nivel mundial supere los 5,6 millones.

"Las mejoras de calidad y rendimiento introducidas a través de todas las tecnologías de **impresión 3D** están impulsando la demanda tanto en la empresa como entre los consumidores", señala Pete Basiliere, vicepresidente de investigación de **Gartner**. "El mercado de las impresoras 3D continúa su transformación desde un nicho de mercado a un mercado global de empresas y consumidores".

Siete tecnologías constituyen el mercado de impresión 3D, siendo las de **tecnología de extrusión** las que liderarán el mercado en 2015 con 232.336 unidades vendidas,

cifra que aumentará a 5,5 millones de unidades en 2019 (el 97,5 por ciento del total), en gran parte debido a la creciente disponibilidad de impresoras de extrusión asequibles de gama baja. Los principales motivos que impulsan la demanda de impresoras 3D de consumos valorados en menos de 2.500 dólares no son las compras del hogar, sino la adquisición de dispositivos de bajo coste en las escuelas y universidades.

Los precios medios de venta varían según la tecnología y el mercado, siendo las impresoras de modelado por deposición por energía dirigida las de mayor precio, seguidas por las impresoras de fusión de lecho de polvo.

“Las innovaciones en términos de calidad y rendimiento alrededor de las tecnologías de impresión 3D están impulsando la demanda tanto de los consumidores como de las empresas” destaca Pete Basiliere, vicepresidente de investigación en Gartner.

“El mercado de impresión 3D está en continua transformación pasando de un mercado de nicho a un mercado global para empresas y usuarios de consumo”.

Rango de precios de las impresoras

El precio es otro factor que influirá en el crecimiento de este mercado. La consultora destaca dos franjas, las de menos de 1.000 dólares y las que tienen un coste entre 1.001 y 2.500 dólares. Estas dos franjas serán las que lideren el mercado de extrusión. Las ventas de impresoras 3D a un precio inferior a los 1.000 dólares representarán el 25,5% del total del mercado este año, porcentaje que se incrementará hasta el 40,7% en 2019. La venta de impresoras 3D por debajo de los 2.500 dólares se verá impulsado por el comportamiento de segmento de educación.

Gráficas de previsión de venta de impresoras por precio:

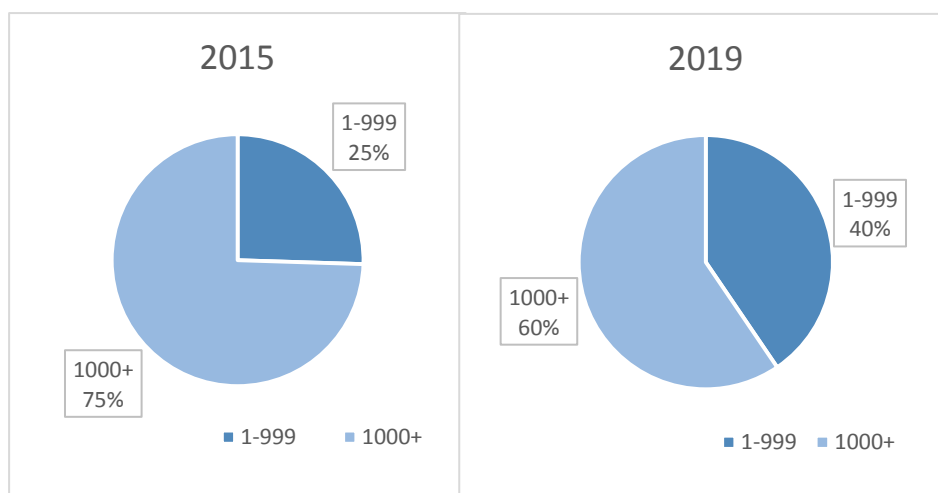


Figura 7 – Previsiones de venta en el año 2015, porcentaje de venta de impresoras por menos de 1000 euros respecto a por más de 1000 euros.

Figura 8 – Previsiones de venta en el año 2019, porcentaje de venta de impresoras por menos de 1000 euros respecto a por más de 1000 euros

Ingredientes

Los **ingredientes** que compusieron las mezclas de puré de patata fueron los siguientes: copos de patata deshidratados, gasa vegetal crisco, leche semidesnatada y agua.

- Copos de patata: patata deshidratada.
- Crisco: una grasa vegetal Crisco consiste en una mezcla de aceite de soja, aceite de semilla de algodón completamente hidrogenado y otro parcialmente hidrogenado de semillas de algodón y soja. Según la información nutricional del producto que publica en su etiqueta, una ración de 12 g de Crisco contiene 3 g de grasa saturada, 0 g de grasas trans, 6 g de grasa poliinsaturada, y 2,5 g de grasa monosaturada.
- Leche semidesnatada :leche con un porcentaje intermedio de grasa.
- Agua: para los experimentos se utilizó agua destilada proveniente del laboratorio.

Estos son los **gelificantes** que se utilizaron en las primeras partes del estudio, y que finalmente fueron descartados debido a los problemas para mantener la temperatura en la boquilla de la impresora.

- Gellan : la Goma gellan es una goma vegetal en forma de polisacárido soluble en agua que se obtiene de la fermentación aeróbica de la glucosa mediante la bacteria *sphingomonas elodea*.
 - Distribuidor: Sosa
- Kappa: se extrae de un tipo de algas rojas (de los géneros Chondrus y Eucheuma mayoritariamente). Se trata de un carragenato, nombre derivado de la localidad irlandesa de Carrageen, donde se emplean estas algas desde hace más de 600 años. A mediados del siglo xx este “musgo irlandés” comenzó a producirse industrialmente como gelificante. Kappa proporciona un gel de textura firme y quebradiza.
 - Distribuidor: Sosa

Tabla 1 – Especificaciones de uso de diversos gelificantes

PRODUCTO	AGAR	KAPPA	IOTA	GELLAN	METIL
DOSIFICACIÓN	Gel blando: 2-4 gr. / L. Gel duro: 5-10 gr. / L.	Gel blando: 2 gr. / L. Gel duro: 15 gr. / L.	Gel blando: 3 gr. / L.	Gel blando: 5 gr. / L. Gel duro: 13 gr. / L.	Gel blando: 7 gr. / L. Acción pegamento: 30 gr. / l.
HIDRATACIÓN	A partir de 80°C	A partir de 80°C	A partir de 80°C	A partir de 80°C	En frío a 3°C
TEMPERATURA DE GELIFICACIÓN	43°C*	48°C *	36/38°C *	70°C *	45-50°C *
RESISTENCIA TÉRMICA	70°C*	70°C *	60/70°C *	70/80°C *	50/60°C*
RESISTENCIA A LA CONGELACIÓN	NO	NO	SI	NO	----
TIPO DE GELIFICACIÓN	Termorreversible	Termorreversible	Termorreversible	Termorreversible	Termorreversible
TEXTURA FINAL (Elasticidad / Efecto Sinéresis)	Firme, quebradiza, de corte limpio y con tendencia a la sinéresis.	Gel firme, Quebradizo con tendencia a la sinéresis.	Flexible, viscosa que vuelve a gelificar después de la agitación.	Flexible y firme.	Firme, elástica.
TRANSPARENCIA	Gel traslúcido pero no transparente.	Gel transparente.	Gel traslúcido pero no transparente.	Gel transparente / Amarillento.	Transparente.
APLICACIONES	Gelatinas frías y calientes.	Gelatinas lácteas, ámbar, áspic, recubrimientos.	Gelatinas lácteas, gelatinas bebibles.	Gelatinas frías y calientes para moldear.	Gelatinas en caliente. En frío es líquido.

*Según Dureza del Gel

El entorno

Existen multitud de organizaciones trabajando en impresión 3d de alimentos, centrándose estas sobretodo en la impresión de azúcares y en la impresión 2d (mostrar todos los ejemplos y explicarlos) Introducir una grafica con como han ido evolucionando la cantidad de impresoras 3d con el paso de los años.

La impresión 3d de alimentos tiene su entorno en la innovación culinaria, dándole a los chefs una nueva herramienta para desarrollar su creatividad en cocina, también puede

utilizarse para dar a papillas la forma de alimentos, lo cual ayudaría a aumentar su apetecibilidad para personas mayores, debido a que muchas de estas personas no pueden comer alimentos sólidos pero los alimentos en forma de papilla no tienen mucho atractivo. El convertir estas papillas en alimentos con formas que fuesen parecidas al del alimento original ayudaría a estas personas a aceptar estos alimentos.

También se puede utilizar la impresión 3D de alimentos en el ámbito familiar, ayudando a los niños que no quieren comer un alimento en concreto, imprimiendo purés de verduras en formas de sus personajes de dibujos favoritos etc.

II. OBJETIVOS

II.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este proyecto es crear una mezcla alimentaria capaz de imprimir correctamente figuras complejas en formato 3D, centrándose en imprimir a la máxima altura posible

II.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer los parámetros de funcionamiento del equipo (puesta a punto):

La prioridad y parámetro que a la larga más importancia ha tenido en la impresión ha sido tanto el entender a la impresora en sí, como entender a la perfección los distintos comandos que la impresora tenía y que efecto tenían en la impresión de la masa.

- Impresión de estructuras 3D altas:

Se propuso como figura objeto una figura en 3D compleja, denominada “*starvase*”. Una figura en forma de estrella de 5 puntas que va cambiando el número de puntas conforme la figura va subiendo, con paredes finas y un interior hueco.

- Caracterización fisicoquímica de las masas:

Con el fin de obtener las características de los fluidos que serán capaces de imprimirse correctamente

III. MATERIALES Y MÉTODOS

III.1. PLAN DE TRABAJO

Para el desarrollo de las diferentes formulaciones se ha seguido el siguiente plan de trabajo:

Búsqueda online de los hallazgos obtenidos hasta el momento en materia de impresión 3d, descubriéndose que hasta ahora tan solo se habían realizado figuras en 2D, y que las figuras que se habían conseguido en 3d solamente eran con azúcar.

“*Desing thinking*” sobre la mejor manera de construir una impresora 3d que pudiese ser utilizada por el público, este desing thinking se terminó aparcando debido a que se decidió trabajar con una impresora proveniente de una marca comercial.

Primer screening con distintos materiales alimentarios, con el fin de elegir los que tuviesen potencial para la impresión, se empezó con distintos gelificantes, pero pronto se descubrió que no servían para la impresión debido a la gran cantidad de grumos que se formaban y a la imposibilidad de controlar correctamente la temperatura en la boquilla de la impresora.

Segundo screening para elegir entre dos o mas elementos para utilizar en la mezcla ej. Aceite o crisco. En este ejemplo se decidió utilizar el crisco debido a que aportaba un mayor espesor a la mezcla

Tercer screening probando diversas formulaciones muy diferentes entre si para elegir con cual trabajar, se empezó desde 0 y se fue eligiendo por resultados visuales de impresión.

Cuarto screening en el cual se modifican levemente las características del producto para ver si la impresión mejora. En esta parte se iban probando las distintas mezclas en la impresora y se analizaba como se imprimían.

III.3 EL EQUIPO

Modelo: BCN3D+ Paste extruder

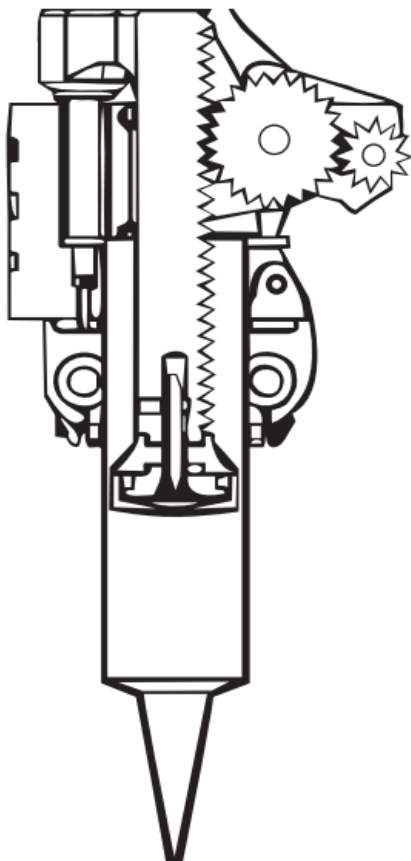


Figura 9 – Dibujo del cabezal de la impresora de extrusión

Paste Extruder es un extrusor de pastas basado en la tecnología PDL (Paste Deposition Layer). Esta tecnología permite fabricar piezas por medio de la deposición de material a través de una jeringa. Se extruye el material empujando un émbolo con un motor paso a paso a través de un tren de engranajes reductor. Se parte de un modelo digital que se secciona en capas con un software de laminado digital. El cabezal realiza los movimientos necesarios para depositar el material de una capa, luego realiza un desplazamiento vertical y empieza la siguiente capa. El proceso se repite hasta realizar la pieza completa.

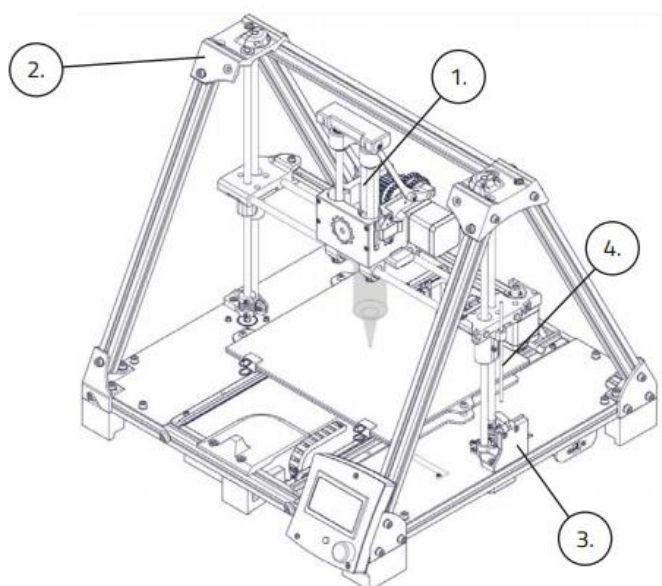


Figura 10 – Dibujo de la impresora completa

III.4. PROCESO DE ELABORACIÓN

Para realizar los geles se calentó agua hasta una temperatura de 60 grados utilizando el roner, se le incorporo el gelificante y se removió mientras se mantenía caliente. Aun estando caliente se metió en la jeringa y se intentó extruir, sin resultados favorables debido a que se formaban grumos de gelificante en la jeringa que obstruían la boquilla.

Para los purés primero se incorporaron los elementos líquidos: agua y leche, se calentaron en el microondas y se incorporó el crisco, que al estar en contacto con los líquidos calientes se derretía, y por ultimo se añadían los copos de patata y se removía en caliente hasta conseguir la textura deseada.

Cuando el puré estaba hecho se dejaba enfriar a temperatura ambiente y con la ayuda de una manga pastelera se introducía en la jeringa que se metía en la impresora 3D.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV.I Pruebas previas

Se realizaron pruebas previas con masas de gelificante, con el fin de elegir el mejor método para calentar las masas y como poder ejercer un control sobre la temperatura.

Se probó la capacidad gelificante de los distintos productos, y las concentraciones de uso de los mismos. Se prepararon varias masas sin mediciones a modo de prueba.

IV.I.I Masas con gelificantes

Estos fueron los resultados obtenidos con los distintos gelificantes

Tabla 2 - Formulaciones realizadas con gelificantes:

gellan	kappa	chocolate	agua	total	% gellan	% kappa	% chocolate	% agua
0,5	1	1	37,5	40	1,25	2,50	2,50	93,75
0,2	1,3	1	37,5	40	0,50	3,25	2,50	93,75
0,75	1	2	36,25	40	1,88	2,50	5,00	90,63
2	0,5	2,1	35,4	40	5,00	1,25	5,25	88,50
0	0,5	1	38,5	40	0,00	1,25	2,50	96,25
0	1	1	38	40	0,00	2,50	2,50	95,00
0	2	1	37	40	0,00	5,00	2,50	92,50
0	1,2	1	37,8	40	0,00	3,00	2,50	94,50

IV.II Montaje y adaptación del equipo a las condiciones de trabajo

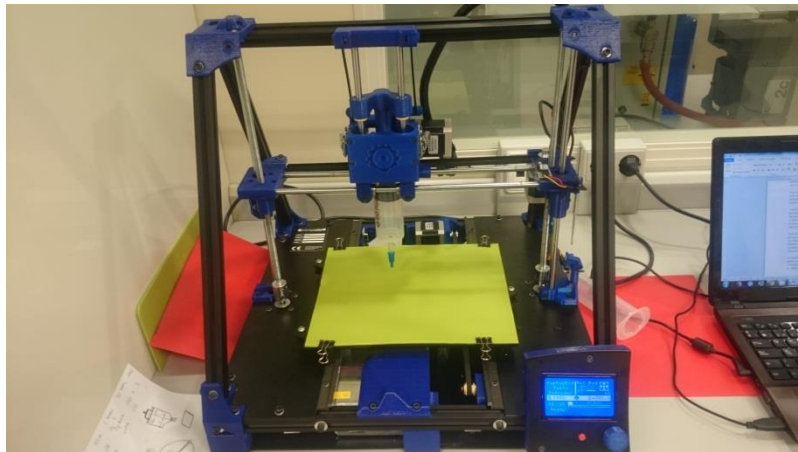


Figura 11 – Fotografía de la impresora



Figura 12 – Pantalla inicial de la impresora



Figura 13 – Menú principal

En estas dos imágenes podemos ver la pantalla de inicio con todos los parámetros que controla la impresora, incluido el calor que no se ha usado. En la imagen se puede visualizar preparada para imprimir.

Auto home:**Figura 14 – Comando auto home**

Se utiliza para poner la impresora en el punto (0,0,0), una vez en este punto se puede regular la altura de la boquilla para adaptarla a nuestras necesidades, generalmente debe estar menos de un milímetro por encima de la base, de manera que estén prácticamente rozando (foto). Este comando es muy importante para la impresión debido a que la distancia entre la boquilla y el suelo es crucial para la impresión, pudiendo diferenciar entre un 25% de impresión y un 100% debido a la diferencia de un milímetro en la altura de la boquilla

Debido a que no se utiliza temperatura, no se han usado los comandos preheat bed, el cual se usa para calentar la base de la impresora, ni cooldown.

Move axis:



Figura 15 – Comando Move Axis “mover eje”

Con este comando se puede mover la boquilla en los distintos ejes, para ello tan solo hay que elegir un eje en la primera pantalla y a continuación elegir la escala de movimiento. Se puede mover a diferentes escalas, desde 1 centímetro por giro de la rueda a 0,1 milímetros por giro



Figura 16 – Pantalla con las distintas posibilidades de movimiento

No se ha usado este comando ya que lleva aplicado el instrumento extrusor, algunos comandos están ideados para la impresión de plásticos en 3D, los cuales requieren el calentamiento del hilo de plástico para que este funda y pueda ser impreso. En este proyecto no se ha dado el caso.

El apartado temperatura también es usado solamente en la impresión de plásticos. Con él se puede regular la temperatura que se quiere que tenga el plástico. Los distintos parámetros que pueden modificarse dentro del apartado de temperatura.



Figura 17 – Pantalla con la elección de las opciones de temperatura

Print from SD:

El apartado para imprimir, este comando te da acceso al contenido de la tarjeta sd acoplada, para desde allí elegir el diseño que se desea imprimir. De las distintas carpetas dentro de la tarjeta SD elegimos la de gcode, que es la que contiene los modelos que ya están preparados y optimizados para imprimir en formato de extrusor de alimentos.



Figura 18 – Pantalla con el comando: Print from SD

Dentro de la carpeta gcode se probaron los siguientes elementos: star.gcode, star-vase.gcode, square_18oct.gcode y bulbasaur.gcode.



Figura 19 - Distintas figuras de impresión con las que se ha trabajado

-Star → Una figura de una estrella maciza

-Starvase → La que más se ha utilizado en los experimentos, una estrella hueca de paredes finas que cambia la cantidad de puntas de su estrella conforme avanza la figura.

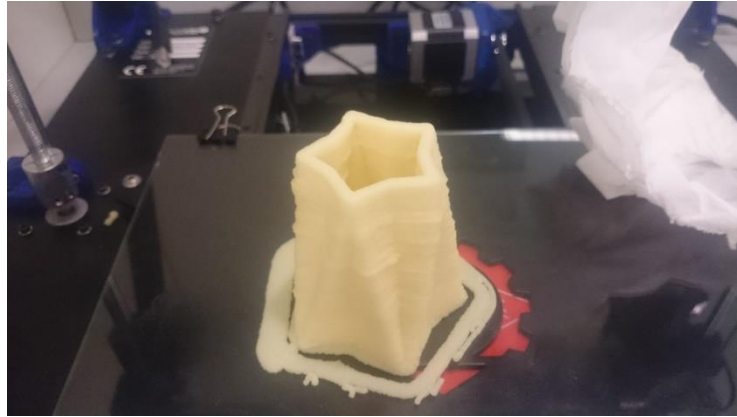


Figura 20 – Figura Starvase impresa al 100%

-Square: es una figura más sencilla que el starvase, una torre hueca con paredes más gruesas

Esta figura fue buscada en internet y convertida a formato gcode:

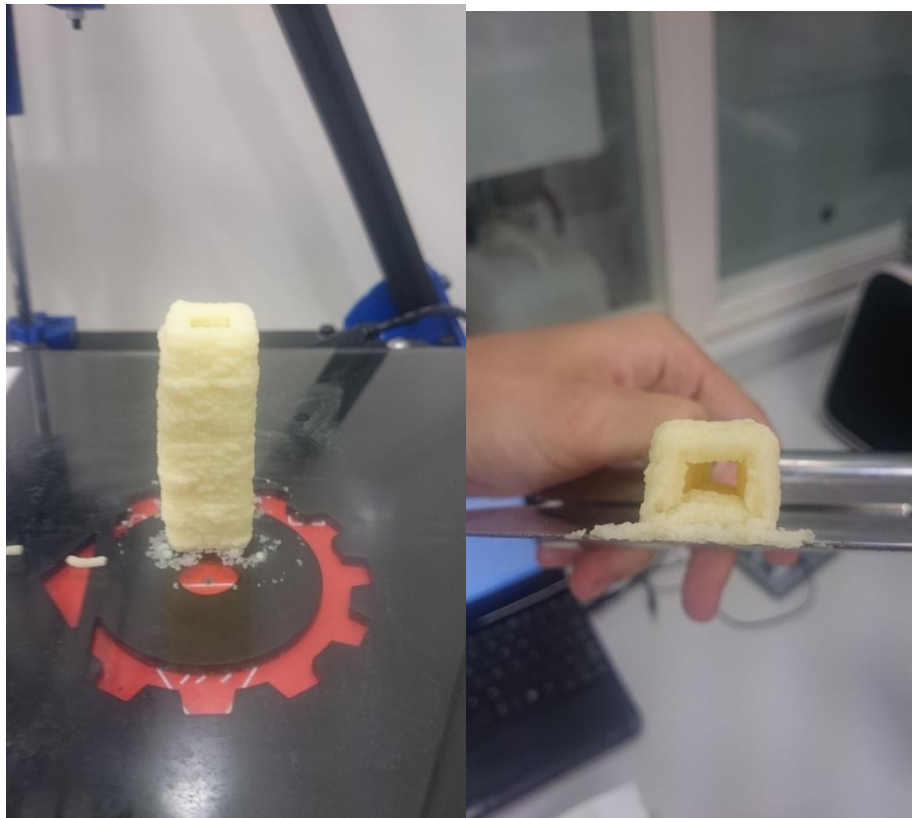


Figura 21 – Ejemplo de impresión de la figura square

-Bulbasaur: una figura con la forma del conocido Pokémon, el interior se crea en forma de malla para ahorrar masa. Aun así no se ha podido recrear al 100% de impresión debido a la gran cantidad de masa que necesita, más de la que actualmente cabe en la jeringa. Esto es lo máximo que se ha conseguido crear:

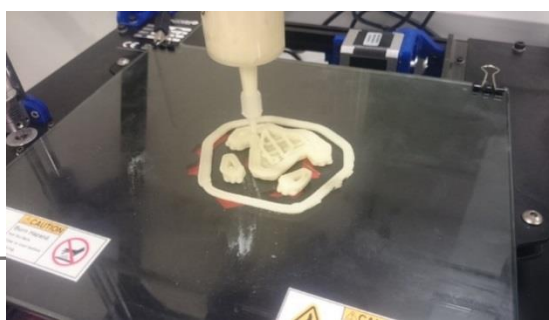
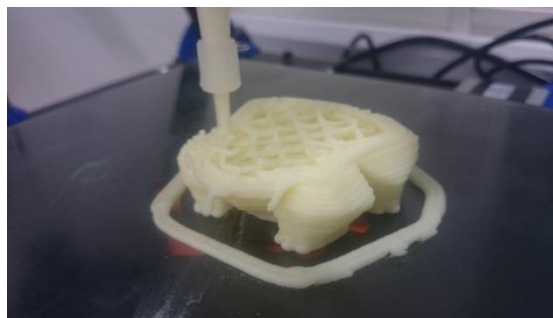


Figura 22 – Ejemplo de impresión de la figura Bulbasaur



4.3 Pruebas con puré de patata

Se decidió usar puré de patata como ingrediente base para formar las masas de impresión 3d, ya que este producto tenía unas características reológicas que facilitarían la impresión del mismo, y era muy fácil cambiar la consistencia del producto y hacerlo más o menos fluido simplemente añadiéndole agua.

4.3.1 Fórmula base del puré

Se probaron distintas formulaciones de puré de patatas, y finalmente tras imprimir estructuras con todas ellas se decidió que la última era la que mejores resultados de impresión daba.

Tabla 3 - Formulaciones realizadas con puré:

leche	agua	puré	grasa	conc. Grasa	conc. Leche	conc. Agua	conc. Pure	total
64	64	23,6	0	0,0	42,2	42,2	15,6	152
60	60	26,4	5	3,3	39,6	39,6	17,4	151
57	95,2	23,4	15	7,9	29,9	49,9	12,3	191
95	60	23	15	7,8	49,2	31,1	11,9	193
92	55	27	25	12,6	46,2	27,6	13,6	199
80	70	32	30	15,1	14,2	37,7	33,0	212

Se descubrió que aumentando el porcentaje de grasa en la mezcla, mejoraban sus cualidades para extruir y para mantener la estructura.

4.3.2 Formulas con colorantes naturales

Para mejorar la aceptabilidad que las mezclas tenían y que estas fuesen más vistosas, aparte de mejorar su composición nutricional gracias a los ácidos grasos beneficiosos que las microalgas contienen, se decidió introducir dos tipos distintos de microalgas a la mezcla, las cuales les otorgarían colores vistosos. Estas microalgas y colorantes naturales fueron:

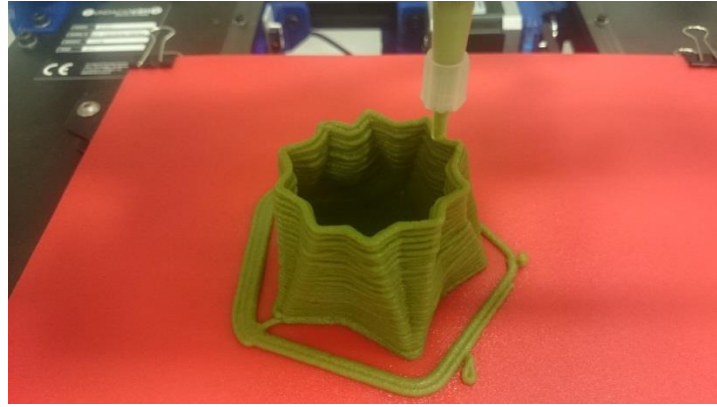


Figura 23 - *Tetraselmis* (color verde)

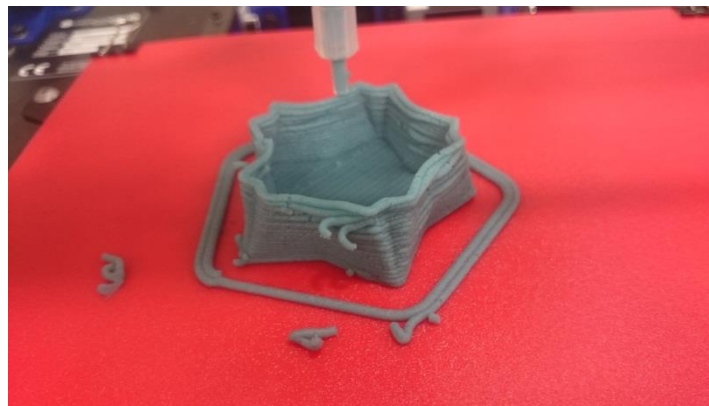


Figura 24 - *Espirulina* (color azul)



Figura 25 - *Café soluble* (color marrón)

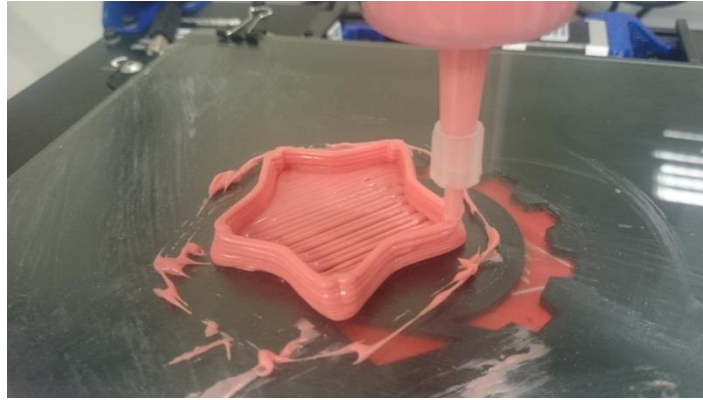


Figura 26 - Frosting de frambuesa (color rosa)

V. Conclusiones

Este proyecto se basaba en un objetivo: Conseguir imprimir figuras en 3d con mezclas alimentarias, aunque solo se trabajó con puré de patatas a la hora de imprimir, las determinaciones de reología que se han hecho a las distintas mezclas facilitan el hecho de que en el futuro a la hora de querer imprimir con una mezcla alimentaria distinta, tan solo se tenga que leer las determinaciones reológicas que se han desarrollado e intentar obtener una reología similar con la nueva mezcla alimentaria para así tener un punto de partida fiable desde el cual comenzar el nuevo experimento.

Las determinaciones obtenidas por el texturómetro pueden ser muy dispares, sobretodo tratándose de una mezcla alimentaria como es el puré mezclado a mano, en el que por mucho que se ponga empeño siempre habrán pequeños grumos, que aparte debe de ser rellenado en una boquilla, por lo que se producen pequeñas burbujas de aire que afectan a los resultados del experimento. Por ello se realizaron diversas repeticiones dentro de la misma mezcla y distintas replicas para rebajar la importancia estadística de la parte de no hacer perfectamente el puré, con ello se obtiene unos resultados muy acordes a la media ideal.

Se fueron desarrollando distintas mezclas con el fin de conseguir una capaz de imprimir al 100% la figura starvase. La mezcla se fue perfeccionando conforme se veían las carencias a la hora de imprimir de cada una de las mezclas hasta que se llegó a la que conseguía imprimir la figura en su totalidad, llegado a este punto resultaba difícil discernir si otra mezcla era mejor que esta puesto que se había conseguido el máximo de rendimiento esperado y no había método para decidir si había una mejora en la calidad de la masa o no.

La impresión 3d de alimentos es una tecnología que se encuentra actualmente en auge, y este trabajo no es más que una base para que futuros estudiantes lo sigan y desarrollen nuevos productos y mejores los existentes.

El fin de este proyecto era de comenzar el primer escalón de lo que otros estudiantes ampliaran, con la esperanza de que el Politécnico se convierta en un centro puntero en este campo.

Chocolate: Se presenta como uno de los materiales más difíciles de imprimir debido a la necesidad de temperatura requerida para fluir, pero sobretodo, a los complicados procesos de cristalización que tienen lugar. Se requiere un proceso previo de atemperado consistente en un ciclo de temperaturas que dependen de la composición del chocolate en cuestión. Siempre se debe imprimir en un ambiente refrigerado para garantizar la solidificación del chocolate.

BIBLIOGRAFÍA

- An Overview of 3D Printing Technologies for Food Fabrication –
Jie Sun, Weibiao Zhou, Dejian Huang, Jerry Y. H. Fuh & Geok Soon Hong

-Imágenes de foodini –

Google imágenes, Xataka y el Facebook de Foodini

-Imágenes de la impresora 3D Paste Extruder –

Obtenidas del manual de la impresora

-Imágenes de las mezclas y la pantalla de la impresora –

Realizadas con cámara durante el desarrollo de la experimentación

-Manual del programa Slicer –

<http://manual.slic3r.org/simple-mode/simple-mode>

-Información sobre los distintos tipos de impresión en 3D -

<http://www.xataka.com/perifericos/estas-son-las-tecnologias-de-impresion-3d-que-hay-sobre-la-mesa-y-lo-que-puedes-esperar-de-ellas>

-Información sobre las previsiones de consumo de impresoras 3D en el futuro-

<http://www.dealerworld.es/mercado-en-cifras/las-ventas-de-impresoras-3d-se-duplicaran-en-2016>

<http://www.dealerworld.es/mercado-en-cifras/las-ventas-de-impresoras-3d-crecieron-un-68-por-ciento-en-2014>

<http://www.ituser.es/en-cifras/2015/09/las-ventas-de-impresoras-3d-superaran-las-490000-unidades-en-2016>