

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

**ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS**

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKO*

**DESARROLLO DE UN NUEVO PRODUCTO DE CAFÉ SOLUBLE
CON BETAGLUCANO**

presentado por

ÁLVARO ANTONIO MAESTRE PÉREZ *(e)k*

aurkeztua

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN TECNOLOGÍA Y CALIDAD EN LAS
INDUSTRIAS AGROALIMENTARIAS**

Septiembre de 2019

Agradecimientos

“Quiero agradecer en primer lugar a mis directoras de proyecto.

En primer lugar, a Reme por su inmensa paciencia conmigo (pero inmensa, inmensa) y por todo lo que me ha ayudado en esta aventura de proyecto.

Aunque siga cometiendo fallos de novato, he aprendido mucho y me vendrá muy bien en el futuro. Sobre todo, a pensar bien las cosas antes de hacerlas.

A Ramo, por ayudarme aún estado de baja.

También a todos l@s docentes que transitaban por el laboratorio y que me han ayudado en una u otra cosa, incluyendo a Gus y a Juanjo (que les hemos dejado las reservas vacías).

Agradecer a mi madre y mi padre por toda la comprensión de lo que un trabajo por el estilo supone y a mi hermana, más que agradecer le deseo que haga lo que le guste en el futuro.

Mis colegas, que entre una cosa y otra casi no nos vemos el pelo. Y a innovación sabrosa, sobre todo a mi compañera de proyectos y locuras por el emprendimiento, que nos hizo crecer como profesionales.

Agradecer también al aliento que me da mi querido Beti Gazte, Siñar Zubi y l@s chavalic@s, que dan luz en momentos de tinieblas y permiten olvidarse por un momento de todo y ser niño

Y no me puedo olvidar de mis compañeros de Máster. Aprender hemos aprendido mucho, sí, pero lo hemos disfrutado y hemos hecho piña lo que lo convierte en un año inolvidable y un precioso lazo para esta etapa de mi vida que está a punto de acabar.

Para el futuro, sólo deseo una cosa: ser feliz”

Firmado: Álvaro Antonio Maestre Pérez

Tabla de contenido

1.	Introducción	5
1.1	Alimentos funcionales.....	5
1.1.1	¿Qué son?.....	5
1.1.2	Los alimentos funcionales y las enfermedades cardiovasculares	5
1.1.3	Regulación de las declaraciones de propiedades saludables.....	6
1.2	Los betaglucanos	6
1.2.1	Tipos de betaglucanos.....	7
1.2.2	Declaraciones de propiedades saludables del compuesto	8
1.2.3	Extracción	9
1.2.4	Usos del betaglucano	10
1.3	El café	11
1.3.1	Características	11
1.3.2	Procesado	11
1.3.3	El café soluble.....	12
1.4	Objetivo	15
2.	Materiales y métodos	15
2.1	Materia prima	15
2.2	Puesta a punto del procedimiento de obtención del café soluble	15
2.2.1	Infusión.....	16
2.2.2	Adición/disolución de betaglucano.....	16
2.2.3	Espumado.....	18
2.2.4	Crioconcentración	19
2.2.5	Congelado y triturado	19
2.2.6	Liofilización	20
2.2.7	Molido	22
2.2.8	Ajuste de proporciones de café y betaglucano.....	22
2.3	Pruebas físicas del compuesto	23
2.3.1	Humedad	23
2.3.2	Densidad aparente	24
2.3.3	Densidad real y porosidad.....	24
2.3.4	Higroscopicidad	25
2.3.5	Estabilidad	25

2.3.6	Viscosidad.....	25
2.4	Encuestas.....	26
2.4.1	Creación de la encuesta	26
2.4.2	Análisis de los resultados.	27
3.	Resultados y discusión	28
3.1	Puesta a punto del procedimiento del café soluble.....	28
3.1.1	Infusión y humedad.....	28
3.1.2	Adición/disolución de betaglucano	29
3.1.3	Espumado.....	29
3.1.4	Crioconcentración	30
3.1.5	Congelado y triturado	30
3.1.6	Liofilización	30
3.1.7	Molido	32
3.1.8	Ajuste de proporciones de café y betaglucano	32
3.2	Pruebas físicas del café con betaglucano.....	33
3.2.1	Humedad	33
3.2.2	Densidad aparente	34
3.2.3	Densidad real y porosidad (Polvo)	35
3.2.4	Higroscopicidad	35
3.2.5	Estabilidad	36
3.2.6	Viscosidad.....	38
3.3	Encuestas.....	39
3.3.1	Interpretación de los datos	39
4.	Conclusiones.....	43
5.	Bibliografía	44
6.	Anexos.....	46

Índice de tablas:	Pág.
Tabla 1 Compuestos funcionales y problemas al que hacen frente (Calvo Bruzos et al., 2011)	6
Tabla 2 Tipos de Betaglucanos (Zhu et al., 2016) y (Pizarro C, Ronco M, & Gotteland R, 2014)	7
Tabla 3 Efectos para la salud de los betaglucanos según su procedencia (Pizarro C et al., 2014)	8
Tabla 4 Productos a los que se ha incorporado betaglucano (Zhu et al., 2016) y (Pizarro C et al., 2014)	10
Tabla 5. Pasos en diferentes métodos para la obtención de granos de café crudos (Alves et al., 2017)	12
Tabla 6: Proporciones y cantidades de café y agua empleadas en la infusión	16
Tabla 7 Cálculos de betaglucano necesario par a la prueba de escalado	18
Tabla 8 Codificación de las muestras para el ensayo de estabilidad de la disolución	18
Tabla 9 Cantidad de café espumado empleado en cada prueba de espumado	19
Tabla 10 Segunda tanda de muestras	20
Tabla 11 Pesos de muestras en la 4ª prueba	21
Tabla 12 Proporciones y equivalencias de cantidades para la realización de la cata	22
Tabla 13 Codificación de muestras para el ajuste de cantidad de café	23
Tabla 14 Resumen de realización de pruebas físicas	23
Tabla 15 Condiciones de medida de humedad	24
Tabla 16: Ficha técnica de la encuesta	27
Tabla 17 Resultados obtenidos en la primera prueba de infusión	28
Tabla 18 Humedad, solidos solubles y masa de café en la prueba de infusión.	32
Tabla 19 Ajuste de proporciones de café y betaglucanos	32
Tabla 20 Resultados de humedad de primera prueba de liofilizado	33
Tabla 21 Resultados de humedad de muestras líquidas.	33
Tabla 22 Resultados de humedad de prueba de escalado de liofilización en bandejas	33
Tabla 23 Resultados de humedad de prueba de incorporación de BG a distintas dosis y métodos	34
Tabla 24. Parámetros por muestra para el cálculo de la densidad aparente	34
Tabla 25. Densidad real y porosidad de las muestras.	35
Tabla 26 Resultados de higroscopicidad	35
Tabla 27 Estabilidad del café con betaglucanos previo a liofilizar.	36
Tabla 28 Estabilidad del café con betaglucanos tras liofilizar	37
Tabla 29 Viscosidad del polvo de café con betaglucano en disolución.	38
Tabla 30. Resumen de tendencias frente a afirmaciones relacionadas con el producto propuesto	43

Índice de figuras:	Pág.
Figura 1: Betaglucano β (1 / 3) con ramificaciones β (1 / 4) (Zhu et al., 2016)	8
Figura 2: Partes del fruto de café (Alves et al., 2017)	11
Figura 3: Resumen gráfico de las etapas de elaboración del café soluble (CAFESCA)	13
Figura 4: Esquema del proceso de liofilización	14
Figura 5 Determinación del tiempo de secado primario	31
Figura 6: Tortas de café con betaglucano liofilizadas: A) espumado y congelado B) en bandejas C) congelado y triturado	32
Figura 7. Evolución de la muestra D3 UT 60 en el Turbiscan, medido en incremento.	37
Figura 8. Precipitación de las muestras de café con betagluconos reconstituido tras la liofilización. (De izquierda a derecha: D3, D1,5, D1 y D0)	38
Figura 9 Resumen de datos sociodemográficos de los encuestados	39
Figura 10. Algunos gráficos referidos al consumo de café	41
Figura 11. Valoración de afirmaciones relacionadas con el producto propuesto	42

1. Introducción

1.1 Alimentos funcionales

1.1.1 ¿Qué son?

Aunque la definición de alimento funcional no viene recogida en reglamentos, el término se utiliza comúnmente para definir un alimento del cual se ha demostrado, de manera significativa, que afecta de forma beneficiosa al organismo en al menos una función de este. Esto hace que mejore el estado de salud y disminuya el riesgo de enfermedad siempre que se complemente con unos hábitos de vida saludable, además de aportar el valor nutritivo que ya se aporta de por sí. Los alimentos funcionales son alimentos cotidianos a los que se les ha añadido o eliminado un componente o simplemente se ha mejorado su disponibilidad, que pueden o suelen consumirse en cantidades consideradas normales, teniendo así el efecto deseado (Calvo Bruzos, Gómez Candela, & López Nomdedeu, 2011).

Por los beneficios que aportan, los alimentos funcionales resultan de gran interés para ciertos grupos poblacionales por las necesidades que suele traer consigo o bien porque se encuentren en situaciones de riesgo. Por un lado, los alimentos funcionales pueden tener el foco en enfermedades: enfermedades cardiovasculares, obesidad, diabetes, cáncer, enfermedades del aparato digestivo, del sistema nervioso u otras patologías. Por otro, pueden estar relacionados con diferentes etapas de la vida: la infancia, la mujer adulta y la menopausia o personas de edad avanzada.

1.1.2 Los alimentos funcionales y las enfermedades cardiovasculares

Según la Organización Mundial de la Salud las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la principal causa de muerte natural en todo el mundo. Aproximadamente una de cada tres de las muertes que se dan en el planeta es debida a esto (16,7 millones de personas) (Calvo Bruzos et al., 2011).

Los alimentos funcionales tienen diferentes frentes de actuación en cuanto a las enfermedades cardiovasculares en función de las características de sus compuestos. En la tabla 1, podemos ver compuestos y frente a qué son efectivos:

Tabla 1 Compuestos funcionales y problemas al que hacen frente (Calvo Bruzos et al., 2011)

Funciones	Compuestos bioactivos
Control de las dislipemias	Fibra, fitoesterol/fitoestanoles, ácidos grasos monoinsaturados, ácidos grasos polinsaturados, proteínas de soja, tocotrienoles, sustitutivos de la grasa.
Control de la hipertensión	Péptidos bioactivos, polifenoles (Flavonoides), ácidos grasos ω_3 (EPA y DHA)
Control de trombogénesis	Ácidos grasos ω_3 (EPA y DHA), algunos antioxidantes y ácido linoleico
Control de niveles de homocisteína	Vitaminas del grupo B (Vit B ₆ , B ₉ – Ác. Fólico y B ₁₂)
Capacidad antioxidante	Vitamina E, vitamina C, carotenoides, selenio y polifenoles

1.1.3 Regulación de las declaraciones de propiedades saludables

Existe una normativa acerca de declaraciones nutricionales y propiedades saludables que hace referencia a muchos de los compuestos bioactivos nombrados anteriormente. Dicha normativa es el Reglamento (CE) N° 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, del 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.

Este reglamento se complementa con el Reglamento (UE) N° 432/2012 de la Comisión de 16 de mayo de 2012 por el que se establece una lista de declaraciones autorizadas de propiedades saludables de los alimentos distintas de las relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y al desarrollo y la salud de los niños.

1.2 Los betaglucanos

Cómo se ha mencionado en el apartado 1.1.2, uno de los compuestos bioactivos que actúan para prevenir las enfermedades cardiovasculares es la fibra. Se pueden distinguir dos tipos de fibras:

- Fibra insoluble: apenas se degrada en el tracto digestivo, lo que hace que tenga efecto laxante, acortando el tiempo de tránsito intestinal e incrementando la masa fecal.
- Fibra soluble: se hidrata con facilidad y forma geles, haciendo que se retrase el tiempo de tránsito en el estómago e intestino delgado.

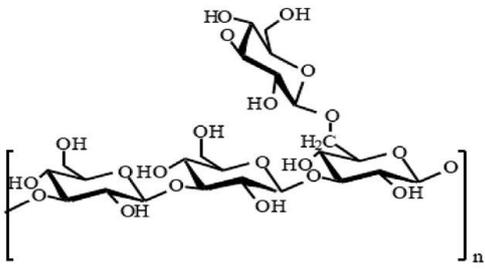
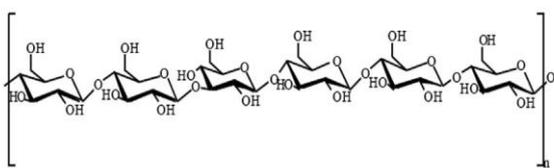
Los betaglucanos (BG) son polisacáridos de monómeros de D-glucosa que se unen por enlaces betaglicosídicos. Esto hace a los betaglucanos una fibra soluble (Zhu, Du, & Xu, 2016).

1.2.1 Tipos de betaglucanos

Los BG pueden encontrarse en variedad de fuentes naturales como pueden ser levaduras, hongos, bacterias, algas o cereales (Zhu et al., 2016).

En función de su procedencia, los BG tienen una estructura de mayor o menor complejidad y un peso molecular diferente, lo que hace que cada tipo de betaglucano tenga una actividad biológica diferente y por tanto unas propiedades específicas. (Zhu et al., 2016) En la tabla 2 podemos ver cada tipo de betaglucano según su procedencia y tipo de enlace molecular, acompañados por sus respectivas propiedades biológicas y su estructura molecular.

Tabla 2 Tipos de Betaglucanos (Zhu et al., 2016) y (Pizarro C, Ronco M, & Gotteland R, 2014)

Tipo en función de procedencia	Enlace(s) molecular(es)	Estructura
Bacteria	β -(1 \rightarrow 3)	
Hongos	β -(1 \rightarrow 3) y ramificaciones β -(1 \rightarrow 6) cortas	
Levadura	β -(1 \rightarrow 3) y ramificaciones β -(1 \rightarrow 6) largas	
Cereales (Avena y cebada)	β -(1 \rightarrow 3) y ramificaciones β -(1 \rightarrow 4)	

Los efectos de los betaglucanos dependen de la fuente de la que provengan, ya que su estructura molecular es diferente como se puede la tabla 2. En la tabla 3, se recogen los diferentes efectos que se le atribuye a cada uno de ellos.

Tabla 3 Efectos para la salud de los betaglucanos según su procedencia (Pizarro C et al., 2014)

Tipo en función de procedencia	Efectos en la salud
Cereales (Avena y cebada)	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de los niveles de colesterol en sangre* • Control del nivel glicémico en sangre* • Prebióticos, crecimiento de flora intestinal
Levaduras y hongos	<ul style="list-style-type: none"> • Modulación del sistema inmune • Previene promoción y progresión de ciertos tipos de cáncer (sinergia con anticuerpos y quimioterapia)

*Avaladas con evidencias suficientes por la EFSA en el Reglamento (UE) n ° 432/2012

En este caso, la materia prima de interés es el betaglucano procedente de cebada o avena, cuya estructura podemos ver ampliada en la figura 1.

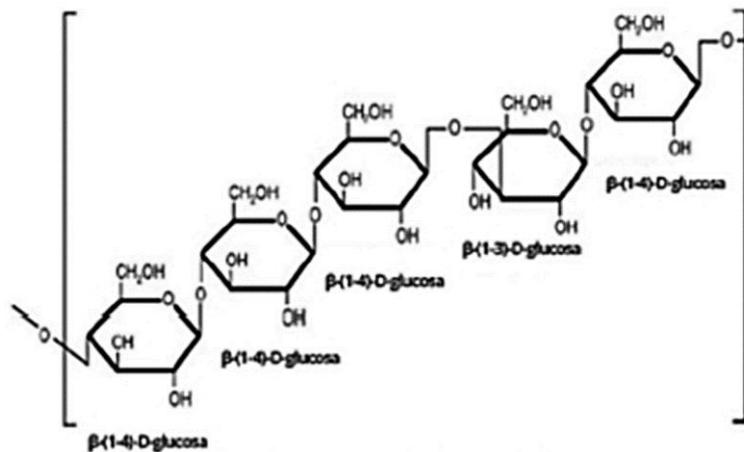


Figura 1: Betaglucano $\beta(1 / 3)$ con ramificaciones $\beta(1 / 4)$ (Zhu et al., 2016)

1.2.2 Declaraciones de propiedades saludables del compuesto

Según el Reglamento (UE) N° 432/2012 de la Comisión, de 16 de mayo de 2012, por el que se establece una lista de declaraciones autorizadas de propiedades saludables de los alimentos distintas de las relativas a la reducción del riesgo de enfermedad y al desarrollo y la salud de los niños:

Los betaglucanos contribuyen a mantener niveles normales de colesterol sanguíneo. Para ello se debe consumir 3 gramos diarios de Betaglucano procedente de avena o cebada.

Además, el consumo de betaglucanos procedentes de avena o cebada en una comida contribuye a reducir la subida de glucosa en sangre después de comer, solo

puede utilizarse respecto a alimentos que contienen un mínimo de 4 g de betaglucanos procedentes de avena o cebada por cada 30 g de hidratos de carbono presentes en una porción cuantificada como parte de la comida.

Estos datos han sido avalados por la EFSA, quienes relacionan estos efectos con una disminución en el riesgo de enfermedades coronarias (EFSA Panel on, 2011).

Para llegar a esto, se han realizado análisis clínicos en los que se estudia cómo afecta la ingesta del compuesto en el colesterol total, el colesterol de baja densidad y el nivel de glucosa en sangre: Uno de los estudios que ha abordado estos temas es el llevado a cabo por Tiwari y Cummins (2011). En él se realiza una búsqueda bibliográfica acerca del efecto de los betaglucanos en colesterol y glucosa en sangre y selecciona 30 de ellos para hacer el estudio.

De los resultados obtenidos en la revisión de Tiwari & Cummins (2011) se puede observar lo siguiente:

- Existe un descenso ($\cong -0,5\%$ de media) en los niveles de colesterol total en sangre comparando diferentes estudios.
- Existe un efecto en la reducción de colesterol LDL en sangre ($\cong -0,6\%$ de media).
- Además, existe un efecto en la reducción de los niveles de glucosa en sangre ($\cong -2,5\%$ de media)

1.2.3 Extracción

En los cereales, los betaglucanos se encuentran en mayor concentración en las paredes celulares del endospermo. Dentro de los cereales, aquellos en los que su contenido de betaglucanos (en g por 100 g de peso seco) es mayor son la cebada (2-20 g, con 65% hidrosoluble) y la avena (3-8g, con 82% hidrosoluble) (Pizarro C et al., 2014).

La extracción de betaglucano de cereales es un proceso complejo. Esto hace que sea comercialmente más caro con respecto al precedente de otros compuestos. Puede darse mediante extracción acelerada de solventes, asistida por ultrasonidos o asistida por microondas. La primera opción resulta la más interesante debido a que el rendimiento es mayor y es más la opción más viable medioambientalmente (Zhu et al., 2016).

Esta extracción se basa en los siguientes pasos (Limberger-Bayer et al., 2014):

- Disolución de betaglucano en agua a alta temperatura y en soluciones alcalinas.
- Separación de las proteínas por precipitación isoeléctrica
- Precipitación del betaglucano por sulfato de amonio, 2-propanol o etanol
- Se deseca
- Tras esto puede llevarse a cabo un proceso de purificación. Se ha llegado a alcanzar el 99% de pureza.

1.2.4 Usos del betaglucano

Tras la realización de estudios que analizan sus características reológicas, se ha demostrado que el betaglucano tiene gran potencial como espesante y estabilizante (Zhu et al., 2016). Esto, aunado a las propiedades de salud, hace cuanto menos interesante el empleo de la sustancia en la alimentación, aunando salud y tecnología de alimentos.

Comercialmente, el betaglucano se ha incluido en los productos que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4 Productos a los que se ha incorporado betaglucano (Zhu et al., 2016) y (Pizarro C et al., 2014)

Productos	Procedencia del betaglucano	Objetivo
Pan sin gluten	Levadura	Conseguir una respuesta sensorial aceptable
Productos de uso diario procedentes de leche	Avena	Reducir el colesterol y las calorías en el producto
Yogures	Avena	Hacer más rápida la proteólisis, menor proporción de péptidos largos y mayor de aminoácidos libres
Bebidas de frutas	Cebada	Control de la ingesta de comida y reducción de la ingesta energética
Salchichas prebióticas	Avena y cebada	Efecto notable en textura y propiedades sensoriales (Aglomerante)
Snacks	Cebada y hongos	Regular la respuesta glucémica
Galletas	Hongos	Sustituto a la harina de trigo
Panes y pastas	Cebada y avena	Mejorar estabilidad, resistencia a la deformación, elasticidad de la masa y volumen. Retención de humedad y remplazar el azúcar
Helados y yogures	Cebada y avena	Obtener producto bajo en grasa

Además de estos usos alimentarios, el betaglucano también se emplea en otros campos como en medicina, cosmética o alimentación animal (Zhu et al., 2016).

1.3 El café

1.3.1 Características

El café pertenece a la familia *Rubiaceae*. Las dos especies más usadas a nivel internacional son *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* Pierre, más conocidas como arábica y robusta.

Es una de las bebidas más consumidas en el mundo. De hecho, en España un 70% de las personas adultas consumen café a diario.

Según una revisión acerca de los riesgos y beneficios del consumo de café (Pourshahidi, Navarini, Petracco, & Strain, 2016), podemos destacar lo siguiente:

- El consumo de café es beneficioso o no tiene efecto para casi todos los tipos de cánceres, a excepción del cáncer de tracto urinario masculino, para el cual el consumo supondría un riesgo.
- Un exceso en el consumo de café (en torno a 8 tazas diarias) puede suponer un riesgo con relación a las enfermedades cardiovasculares
- El consumo de café produce un beneficio de cara los desórdenes de hígado y a la salud metabólica, como por ejemplo en la diabetes de tipo 2.
- Se ha observado un efecto nulo y en ocasiones un riesgo hacia los problemas gastrointestinales.

1.3.2 Procesado

El fruto de café, como se puede observar en la figura 2, está compuesto por las siguientes partes: la piel (epicarpio), la pulpa (o mesocarpio), el pergamino (endocarpio), la piel plateada (tegumento) y las semillas o granos de café (endospermo). Estas últimas son las que se emplean para producir el café (Alves, Rodrigues, Antónia Nunes, Vinha, & Oliveira, 2017).

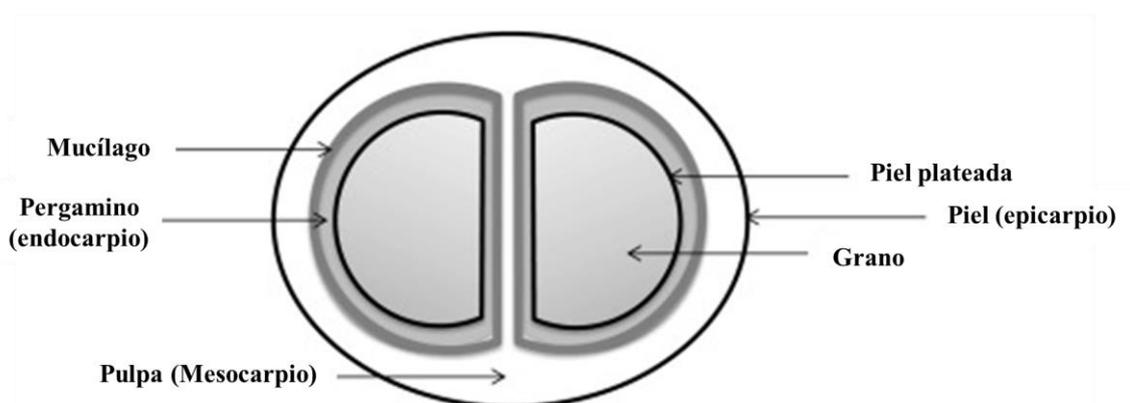


Figura 2: Partes del fruto de café (Alves et al., 2017)

Existen varios métodos para obtener los granos de café: El método seco, el método húmedo, el método semiseco y el método mecánico. Como se puede ver en la tabla 5, tras la cosecha cada método sigue pasos diferentes. El método seco es sobre todo empleado con la variedad robusta y el método húmedo es más empleado con la variedad arábica, obteniendo con este último un café de mayor calidad y valor económico.

Tabla 5. Pasos en diferentes métodos para la obtención de granos de café crudos
(Alves et al., 2017)

Método	Pasos
Seco	Secado y descascarillado
Húmedo	Lavado, despulpado, fermentación, lavado del pergamino de café, secado y descascarillado
Semiseco	Lavado, despulpado, secado y descascarillado
Mecánico	Lavado, despulpado, eliminación del mucílago por fricción, lavado del pergamino de café, secado y descascarillado

El siguiente paso es el tostado de café, siendo este un punto clave para la obtención de un café con las características organolépticas deseadas. Además del tostado natural, en el que solo participan el café y la fuente de calor, existe el tostado torrefacto, en el cual se añade azúcar a la tostadora caramelizándose y obteniendo un sabor más fuerte que el natural. En este paso se elimina también la piel plateada mediante un soplado de aire. Los granos obtenidos se pueden o bien envasar o bien realizar el molido en caso de que se vaya a comercializar de esta manera o vaya a emplearse para preparar café en capsulas o café soluble (Alves et al., 2017).

1.3.3 El café soluble

El café soluble o instantáneo se define según la ISO 3509:2005 como “el producto hidrosoluble en seco obtenido exclusivamente del café tostado por métodos físicos empleando agua como único agente de transporte”. Por otro lado, el Real Decreto 1676/2012, de 14 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad para el café, define el café soluble, café instantáneo, extracto de café o extracto de café soluble como “el producto concentrado obtenido por extracción de los granos de café tostados, utilizando solamente agua como medio de extracción, con exclusión de cualquier procedimiento de hidrólisis por adición de ácido o base. Además de las sustancias insolubles tecnológicamente inevitables y de los aceites insolubles procedentes del café, el extracto de café sólo deberá contener los componentes solubles y aromáticos del café”. Como requisito el café soluble no deberá tener un porcentaje de humedad superior al 5%, es decir, la concentración de sólidos solubles deberá ser \geq al 95%. En España el café soluble representa aproximadamente el 20 % de todo el café consumido (Alves et al., 2017).

Antiguamente, para poder realizar el secado, se añadía un 50% p/p de carbohidratos ya que a 100 °C y presión atmosférica no se conseguía un secado completo. No fue hasta los años 50 cuando se logró la obtención de café instantáneo con un 100% de pureza, ya que al infundir el café a 175 °C, se producía por sí mismo los carbohidratos necesarios para este secado (Clarke, 2003).

En cuanto al procesado, tras la selección, el tostado y el molido, se realiza la extracción (infusión), el secado y el envasado, además de manera optativa una concentración, un manejo separado de volátiles y un apelmazamiento. En la figura 3 puede verse los diferentes pasos de elaboración gráficamente.

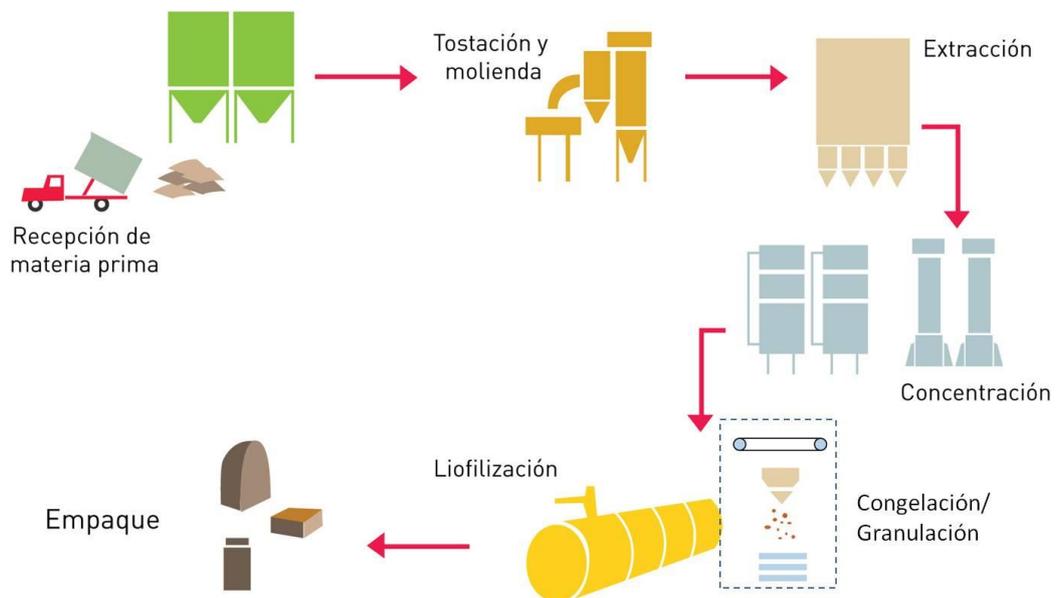


Figura 3: Resumen gráfico de las etapas de elaboración del café soluble (CAFESCA)

En cuanto a la extracción, lo más habitual es realizarla en percoladores en batería (de 5 a 8 columnas) obteniendo una concentración de 20-25%, bajo presión en todas las columnas salvo en la primera para que la temperatura alcance los 175 °C durante cortos periodos de tiempo.

Tras la extracción opcionalmente se realiza una concentración. La concentración puede darse por evaporación + centrifugado o por crioconcentración. El problema de la primera opción es la pérdida de volátiles orgánicos responsables en parte del flavor. En cuanto a la segunda opción, únicamente se alcanzan concentraciones del 38%.

En cuanto al secado existen tres opciones:

- Secado por evaporación, con la consiguiente pérdida de volátiles.

- Atomización: esta técnica fue patentada por primera vez en 1965. Es importante obtener gránulos de 300 μm para obtener la fluidez y densidad aparente deseada.
- Liofilización: el primer paso es congelar el extracto de café. Una vez congelado, se granula al tamaño en que se desee obtener el producto final. Aquellos gránulos de menor o mayor tamaño del rango deseado se recirculan. Los gránulos se tienen una media superior a 7 horas a alto vacío (0,4 torr = 0,0005 atm) aportando calor por radiación o conducción de forma controlada. Con esto se consigue eliminar el agua existente en el producto mediante sublimación sin dañar el producto (Clarke, 2003).
La liofilización consiste en una eliminación del agua del alimento mediante el empleo de congelación y posterior sublimación del agua, haciendo que se conserven mejor las propiedades sensoriales del producto y en este caso los volátiles. Esto se da porque se reduce la presión dentro del liofilizador, haciendo así que descienda la temperatura de evaporación del agua hasta equipararse a la de fusión al descender por debajo del punto triple del agua como se puede ver en la figura 4, consiguiendo pasar directamente de sólido a gas (sublimación del agua) al aumentar la temperatura.

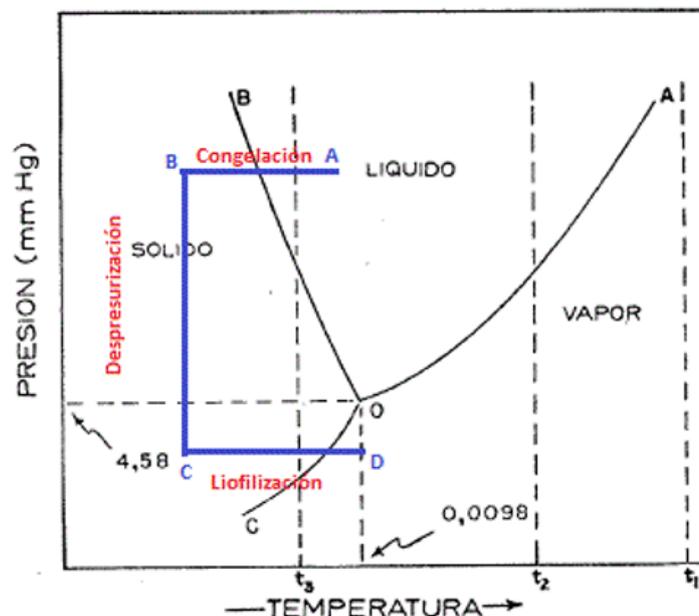


Figura 4: Esquema del proceso de liofilización

Normalmente, para una taza de café se disuelven 2 g de café soluble en 150-170 ml de agua. Además de la baja humedad del producto (< 5%), es importante que la densidad aparente esté entre 180 y 220 g/l (Clarke, 2003).

1.4 Objetivo

Vista la demanda actual de productos con propiedades saludables, se ha visto interesante incorporar betaglucanos a un producto de uso diario como es el café.

El presente trabajo fin de estudios tiene los siguientes objetivos:

- Conocer el interés por parte de los consumidores en un café soluble enriquecido con betaglucanos.
- El desarrollo del producto en cuestión y la optimización de este desarrollo
- La caracterización del producto

2. Materiales y métodos

2.1 Materia prima

Para las diferentes pruebas se emplearon 3 preparados de betaglucanos

- Solución de betaglucanos de cebada de 99% de pureza obtenida por la Universidad de Lérida y proporcionada a la UPNA en el marco de colaboración entre ambas universidades dentro del grupo de acción β -glucanos de Campus Íberus. El β -glucano se proporcionó en forma de suspensión de alrededor del 5 % p/v de β -glucano congelada. (posteriormente se analizará la humedad)
- Cápsulas Beta-Glucan 500 mg que tienen un 70% de pureza de betaglucano de avena comprada a la empresa Fair & Pure (Nidda, Alemania),
- Preparado de betaglucanos de cebada al 90% de pureza comprado a la empresa Xi'an Rongsheng Biotechnology co., ltd (Shaanxi, China)

En cuanto al café se emplearon 2 productos:

- Café molido Gold de la marca Bellarom (Murcia, España) para realizar todas las pruebas que no requieren consumo.
- Café *Organic* de la marca Café Saula (Barcelona, España) para realizar aquellas pruebas que requieren de consumo.

2.2 Puesta a punto del procedimiento de obtención del café soluble

Con el fin de desarrollar el método de producción óptimo a nivel laboratorio con los recursos disponibles se realizaron las siguientes pruebas

2.2.1 Infusión

Para preparar un café, las etiquetas de café molido recomiendan emplear 7-8 g de café molido por cada taza de 125 ml. El objetivo de las pruebas de infusión fue obtener un café más concentrado con el fin de que exista un ahorro en la posterior liofilización.

Para realizar la infusión se empleó un tanque de agua el cual puede regular la temperatura y la agitación.

Con el tanque lleno de agua hasta la marca de llenado, se introdujeron 2 tarros herméticos de cristal con la cantidad de agua en la cual se procedió a infusionar el café para calentar simultáneamente el agua del tanque y el del tarro evitando así el shock térmico. Una vez alcanzada la temperatura de trabajo, se sacaron los tarros, se les introduce el café, que previamente habían sido pesado. Se removieron y cerraron los tarros herméticamente. Se volvieron a introducir al tanque de agua y se mantuvieron 15 minutos a 95 °C y a 36 rpm de agitación.

Se realizaron pruebas con 3 proporciones diferentes de café y agua iniciales, en las cuales en un inicio se emplearon 625 ml de agua y se elaboraron dos tarros de cada proporción, como se ve en la tabla 6, con el fin de seleccionar la dosis más conveniente para el procesado.

Posteriormente, se aumentó la agitación a 50 rpm, la cantidad de café a 200 g y el volumen de agua a 1l en proporción (1:5).

Tabla 6: Proporciones y cantidades de café y agua empleadas en la infusión

	Proporción: peso de café /volumen de agua (g/ ml)	Peso de café (g)	Volumen de agua (ml)
1 ^a prueba	1:2,5	250	625
	1:5	125	625
	1:10	62,5	625
Prueba de escalado	1:5	200	1000

2.2.2 Adición/disolución de betaglucano

Como el betaglucano ayuda a mantener los niveles normales de colesterol en sangre si se toma una dosis diaria de 3 g, se probaron 3 dosis correspondientes a 1 g de betaglucano puro por taza de café (lo que equivaldría a 3 cafés diarios para el cumplimiento del reclamo nutricional), 1,5 g (se deberían tomar 2 tazas) y 3 g (se debería tomar una taza). Para conseguir la dosis de betaglucano deseada se tuvo en cuenta la pureza de la materia prima empleada en cada caso:

- Betaglucano de avena al 70% de pureza partir de capsulas

Al estar en capsulas, el primer paso fue abrir las capsulas y extraer su contenido. Teniendo en cuenta que el betaglucano a emplear para las pruebas tiene una pureza del 70 %.

Por cada 2 gramos de café había que añadir según la dosis:

$$X \text{ g de } BG_{70\%} = 1 \text{ g de } BG_{100\%} * \frac{1 \text{ g de } BG_{70\%}}{0,7 \text{ g de } BG_{100\%}} = 1,43 \text{ g de } BG_{70\%} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$X \text{ g de } BG_{70\%} = 1,5 \text{ g de } BG_{100\%} * \frac{1 \text{ g de } BG_{70\%}}{0,7 \text{ g de } BG_{100\%}} = 2,14 \text{ g de } BG_{70\%} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$X \text{ g de } BG_{70\%} = 3 \text{ g de } BG_{100\%} * \frac{1 \text{ g de } BG_{70\%}}{0,7 \text{ g de } BG_{100\%}} = 4,29 \text{ g de } BG_{70\%} \quad \text{Ecuación 3}$$

Este betaglucano se empleó para poner a punto el método de liofilización. Se hicieron pruebas con dosis de 0 g de $BG_{100\%}$, de 1 g de $BG_{100\%}$ y de 1,5 g de $BG_{100\%}$

- El betaglucano se incorporó al café empleando ultraturrax (5 min a 10000 rpm). Betaglucano de cebada al 99% de pureza disuelto y congelado (Universidad de Lérica)

En total se contó con dos botellas que conjuntamente sumaban 1,6 litros de betaglucano congelado en disolución. Descongelamos la muestra y homogeneizamos ambas botellas mediante el empleo del ultraturrax. Tras esto se obtuvo que su porcentaje de materia seca era 9,532%. Véase medida de humedad en el apartado 2.3.1. Con estos datos pudimos hacer los cálculos para que las muestras tengan las dosis buscadas de betaglucano puro:

$$g \text{ de } BG_{99\%} = g \text{ de } BG_{100\%} * \frac{100 \text{ g de } BG_{70\%}}{99 \text{ g de } BG_{100\%}} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$g \text{ de } BG_{Diluido} = g \text{ de } BG_{99\%} * \frac{100 \text{ g de } BG_{diluido}}{9,532 \text{ g de } BG_{99\%}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Con este betaglucano se hizo la prueba de escalado para 15 raciones. Para preparar las diferentes raciones (Muestras de las 3 dosis más una de control sin betaglucano) se necesitaron las siguientes cantidades:

Café: Teniendo en cuenta que para una dosis de café necesitamos 2 gramos de café soluble, que con un % de SS de 5,479 (se explicará posteriormente en el apartado de resultados) equivale a 36,95 ml de infusión de café (5:1). Para 15 raciones equivale a 554,25 ml y teniendo en cuenta que son 4 repeticiones, la cantidad de infusión de café necesaria fue de 2217 ml.

Betagluconos: Los cálculos se resumen en la tabla 7

Tabla 7 Cálculos de betaglucano necesario para la prueba de escalado

Dosis (g BG puro)	BG puro 15 dosis (g)	BG 99% (g)	BG diluido (ml)
1	15	15,15	158,95
1,5	22,5	22,73	238,43
3	45	45,45	476,86
			Total
			874,25

La infusión de café y el betaglucano en disolución se homogeneizaron mediante ultraturrax antes de ser añadidos a las bandejas del liofilizador.

- Betaglucano de cebada al 90% de pureza de Xi'an Rongsheng

Se hizo una prueba de solubilidad de betaglucano a las distintas dosis estudiadas con solubilización con agitador magnético (10 min a 1600 rpm), con ultraturrax (10 min a 10000 rpm) y con ultraturrax más ultrasonidos (UP400S, sonotrodo H7, 30 min al 100%).

Tras la congelación y el picado se llenaron las placas de aluminio con aproximadamente 50 g de muestra. Se hicieron 2 repeticiones por cada tipo diferente.

Las muestras que se prepararon se muestran en la tabla 8

Tabla 8 Codificación de las muestras para el ensayo de estabilidad de la disolución

	0 g de BG _{100%}	1 g de BG _{100%}	1,5 g de BG _{100%}	3 g de BG _{100%}
Sin ultraturrax ni ultrasonidos	D0 UT US ₁	D1 UT US ₁	D1,5 UT US ₁	D3 UT US ₁
	D0 UT US ₂	D1 UT US ₂	D1,5 UT US ₂	D3 UT US ₂
Con ultraturrax, sin ultrasonidos	D0 UT US ₁	D1 UT US ₁	D1,5 UT US ₁	D3 UT US ₁
	D0 UT US ₂	D1 UT US ₂	D1,5 UT US ₂	D3 UT US ₂
Con ultraturrax y ultrasonidos	D0 UT US ₁	D1 UT US ₁	D1,5 UT US ₁	D3 UT US ₁
	D0 UT US ₂	D1 UT US ₂	D1,5 UT US ₂	D3 UT US ₂

D=disolución; UT=ultraturrax; US=ultrasonidos

2.2.3 Espumado

Uno de los procesos que se realiza previo a liofilizar a nivel industrial es el espumado. Se realizaron las siguientes pruebas:

- Espumar con un espumador de leche de accionamiento magnético de la marca QUIGG. Se introducen 150 ml de muestra y se inicia un ciclo de agitación sin calor (Modo 4) cuya duración es de 2 minutos. Cada vez que depositamos muestra en la placa de aluminio, se procede a realizar otro ciclo de espumado.

- Agitación manual de 150 ml de café en una botella de cristal de 500 ml de capacidad durante dos minutos. Si se observa que empieza a desaparecer la espuma, se agita de nuevo.
- Adición de nitrógeno para generar espuma a 150 ml de café en una botella de cristal de 500 ml de capacidad.
- Café sin espumar.

Las muestras se dispusieron en placas de aluminio incrementando la cantidad progresivamente para posteriormente congelar y liofilizar y ver que método es el más adecuado, tal y como se ve en la tabla 9.

Tabla 9 Cantidad de café espumado empleado en cada prueba de espumado

Espumado con espumador [EE]		Espumado manual [EM]		Sin espumar [SE]	
Código	Masa (g)	Código	Masa (g)	Código	Masa (g)
EE1	3,87	EM1	5,15	SE1	3,90
EE2	5,77	EM2	7,89	SE2	6,91
EE3	9,12	EM3	11,18	SE3	9,42
EE4	12,07	EM4	15,99	SE4	13,68
EE5	15,02	EM5	17,67	SE5	16,37
EE6	18,12	EM6	20,83	SE6	19,26
EE7	24,02	EM7	24,10	SE7	22,74
EE8	27,22				
EE9	21,84				

2.2.4 Crioconcentración

Para aumentar la concentración de café sin dañar la calidad de este, se intentó realizar una crioconcentración.

Para ello se introdujo una muestra de café en una barqueta de plástico a $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y cada 10 minutos se revisaron los cristales de hielo que aparecieran. Posteriormente se introduciría en una centrifuga a temperaturas inferiores a la de refrigeración.

2.2.5 Congelado y triturado

En cuanto a la congelación se realizaron las siguientes variantes:

- Congelar el café tras el espumado, para mantener la espuma una vez introducido al liofilizador
- Congelar el café sin espumar
- Congelar el café en bolsas de hielo y luego picarlo para introducir el café ya granulado en el liofilizador, con el fin de obtener el café soluble granulado evitando el molido
- No congelar el café

2.2.6 Liofilización

Para los ensayos de liofilización se empleó el liofilizador LyoBeta 25 de la empresa Telstar.

En cuanto a las muestras introducidas en el liofilizador, hubo dos variantes.

- Por un lado, la disposición de las muestras; en placas de aluminio (con una capacidad total de 48 placas, 12 por bandeja) o en las mismas bandejas.
- La otra variante en cuanto a muestra es introducir la muestra congelada o sin congelar.

Introducción de muestras:

Para el primero de los ensayos (ensayo de espumado), se introdujo en placas de aluminio las cantidades que se muestran en la tabla 9.

Para el segundo ensayo (ensayo de introducción de betaglucanos), también se introdujeron las muestras en placas de aluminio tras ser espumadas (junto al betaglucano o no) y congeladas, en cantidades que se pueden observar en la tabla 10.

Tabla 10 Segunda tanda de muestras

Código	Peso (g)	Código	Peso (g)	Código	Peso (g)	Código	Peso (g)
B ₀ 1	5,12	B ₀ 7	16,5	B ₁ 1	4,58	B _{1,5} 1	4,75
B ₀ 2	5,3	B ₀ 8	16,7	B ₁ 2	7,85	B _{1,5} 2	8,61
B ₀ 3	7,92	B ₀ 9	19,99	B ₁ 3	12,79	B _{1,5} 3	12,02
B ₀ 4	8,02	B ₀ 10	21,9	B ₁ 4	16,05	B _{1,5} 4	16,21
B ₀ 5	12,63	B ₀ 11	26,09	B ₁ 5	20,31	B _{1,5} 5	20,83
B ₀ 6	13,08	B ₀ 12	30,38	B ₁ 6	23,99	B _{1,5} 6	24,37

Para realizar la prueba de liofilización se hicieron muestras con dosis de 0 g de BG_{100%}, de 1 g de BG_{100%} y de 1,5 g de BG_{100%}. Además, se introdujo una placa más con una cantidad considerable de café sin espumar ni congelar para introducir la sonda de temperatura representando la opción más desfavorable.

Para el tercer ensayo (ensayo de escalado), se introdujo en las mismas bandejas de liofilizado las cantidades que se muestran en la tabla 7.

Por último, en el cuarto ensayo (incorporación de betaglucano y picado previo del café congelado) se introducen 2 repeticiones por cada posible combinación entre dosis de betaglucano (incluido 0) y método de adición (Véase apartado 2.3.2). Al existir excedente, incluiremos una tercera repetición con menor cantidad. Las cantidades introducidas se observan en la tabla 11.

Tabla 11 Pesos de muestras en la 4ª prueba

Muestra	Peso(g)	Muestra	Peso(g)	Muestra	Peso(g)	Muestra	Peso(g)
D0 UT US ₁	50,1	D1 UT US ₁	51,1	D1,5 UT US ₁	50,3	D3 UT US ₁	50,1
D0 UT US ₂	50,3	D1 UT US ₂	50,2	D1,5 UT US ₂	50,2	D3 UT US ₂	50,9
D0 UT US ₃	32,0	D1 UT US ₃	44,9	D1,5 UT US ₃	33,8	D3 UT US ₃	12,0
D0 UT US ₁	50,1	D1 UT US ₁	50,3	D1,5 UT US ₁	50,0	D3 UT US ₁	50,6
D0 UT US ₂	50,1	D1 UT US ₂	50,6	D1,5 UT US ₂	50,9	D3 UT US ₂	50,2
D0 UT US ₃	24,2	D1 UT US ₃	31,4	D1,5 UT US ₃	33,0	D3 UT US ₃	16,9
D0 UT US ₁	50,2	D1 UT US ₁	50,8	D1,5 UT US ₁	50,2	D3 UT US ₁	50,0
D0 UT US ₂	50,2	D1 UT US ₂	50,6	D1,5 UT US ₂	50,2	D3 UT US ₂	52,1
D0 UT US ₃	24,4	D1 UT US ₃	33,8	D1,5 UT US ₃	39,8	D3 UT US ₃	18,7

En el caso de este estudio se probaron 2 conjuntos de parámetros diferentes:

El primero de ellos en base al artículo de (Ghirişan, Drăgan, & Miclaus, 2017) donde establecen:

- Temperatura de congelación – 50 °C (Se fijo en – 45 °C)
- Tiempo de congelación 1 h (No empieza hasta que la máquina ha llegado a la temperatura de congelación)
- Presión del secado primario 0,045 mbar
- Temperatura del secado primario de 20 °C
- Tiempo de secado primario de 6 horas

Con estas condiciones se introdujeron las muestras que aparecen en la tabla 9

Para la segunda prueba, las condiciones fueron las siguientes:

- Temperatura de congelación – 25 °C
- Tiempo de congelación 3 h
- Presión del secado primario 0,2 mbar
- Temperatura del secado primario de 10 °C
- Tiempo de secado primario de 12 horas
- Presión del secado secundaria: Máxima
- Temperatura del secado secundario de 20 °C
- Tiempo de secado secundario de 3 horas

En los equipos de liofilización las temperaturas más bajas se necesitan para aquellos productos que tienen azúcares. Como este no es el caso, se aumentó la temperatura de -50 a -25 °C. (Parzanese)

Un tiempo largo de secado primario permite predecir el tiempo que toma habitualmente la desecación primaria. Esta se puede dar por finalizada cuando se igualan la temperatura de producto y la temperatura de placas.

2.2.7 Molido

Tras realizar la liofilización, en el caso de las muestras que se ha realizado en las mismas bandejas de liofilización, se procede a un molido con un molinillo Super Junior “S” de la marca Moulinex® (Francia), pasando el polvo de café por un colador de cocina. En el caso de las muestras liofilizadas en placas de aluminio, al ser cantidades más pequeñas y evitar pérdidas, se introdujo el café liofilizado en bolsas de plástico y se molieron con un pequeño rodillo para homogeneizar la muestra de cara a realizar las pruebas físicas.

2.2.8 Ajuste de proporciones de café y betaglucano

Tras el molido, se hizo una prueba a nivel interno con diferentes cantidades de café para determinar cuál es sensorialmente aceptable.

Para ello se tuvo en cuenta que la dosis de café se disolvería en 150 ml. Para esta prueba, se empleó la cantidad equivalente a tomar 20 ml. La cantidad a añadir de muestra se refleja en la tabla 12.

Tabla 12 Proporciones y equivalencias de cantidades para la realización de la cata

Sin BG		Dosis 1 g de BG/2 g café		Dosis 1,5 g de BG/2 g café		Dosis 3 g de BG/2 g café	
Café/150ml	Eq a 20 ml	Café/150ml	Eq a 20 ml	Café/150ml	Eq a 20 ml	Café/150ml	Eq a 20 ml
2	0,267	3,00	0,400	3,50	0,467	5	0,667
2,25	0,300	3,38	0,450	3,94	0,525	5,63	0,750
2,5	0,333	3,75	0,500	4,38	0,583	6,25	0,833
3	0,400	4,50	0,600	5,25	0,700	7,50	1,000
3,5	0,467	5,25	0,700	6,13	0,817	8,75	1,167
4	0,533	6,00	0,800	7,00	0,933	10,00	1,333
5	0,667	7,50	1,000	8,75	1,167	12,50	1,667
6	0,800	9,00	1,200	10,50	1,400	15,00	2,000

Para la preparación de las muestras, se pesaron las cantidades de café liofilizado y se añadieron cada una a un vaso con 20 ml de agua caliente.

Tabla 13 Codificación de muestras para el ajuste de cantidad de café

Muestra	Peso (g)
A	0,2785
B	0,3161
C	0,3473
D	0,4108
E	0,4746
F	0,5378

2.3 Pruebas físicas del compuesto

En la tabla 14 podemos ver en qué etapas se realiza cada una de ellas

Tabla 14 Resumen de realización de pruebas físicas

		Tipo de café	Infusionado	Adición de BG	Espumado	Crioconcentrado	Congelado	Triturado	Liofilizado	Molido	Cata	Envasado
BG Avena	Gold		●									
	Gold		●						●			
	Gold		●									
BG Lérida	Ecológico		●						●			
BG Xian	Gold		●		●				●	●	●	

Etapas realizadas

Pruebas físicas:

- Humedad
- Higroscopicidad
- Viscosidad
- Densidad y porosidad
- Estabilidad de emulsión

2.3.1 Humedad

Para la medida de humedad se empleó una balanza de humedad ST-H50 (Gram Precision, España), basándonos en el método del artículo de Davidov-Pardo, Arozarena, & Marín-Arroyo (2013).

Por un lado, se utilizó para determinar el contenido de sólidos solubles en líquidos, tanto para saber la cantidad de materia seca de café en la infusión, como para determinar el porcentaje real de materia seca que había en el betaglucano en disolución.

Por otro lado, se empleó para comprobar la humedad del café en polvo tras el liofilizado, comprobando así si la liofilización se había realizado con éxito y si cumplía con la normativa del café (RD 1676/2012): máximo de 5% de humedad.

En cuanto a las condiciones se resumen en la tabla 15

Tabla 15 Condiciones de medida de humedad

Muestra	Infusión de café o betaglucanos diluidos	Café en polvo	
		Bandeja	Placa de aluminio
Temperatura (°C)	120	90	90
Peso aproximado (g)	4	4	0,5
Modo 1: Devuelve % Humedad = (100*M agua perdida/M total)			
Toma medida cada 10 segundos hasta tres medidas iguales			

2.3.2 Densidad aparente

La densidad aparente del polvo obtenido tras la liofilización y molido ($\rho_{aparente}$) se obtuvo por pesado de una probeta de 5 ml (precisión $0,1\text{ml}\pm 0,075$) sin muestra y con 1 gramo de muestra de café con betaglucano tras la liofilización y el molido, y la lectura del volumen ocupado tras 20 pequeños golpes para compactar la muestra (Krokida & Maroulis, 1997).

Para el cálculo necesitaremos pesar la probeta vacía ($M_{probeta}$), con el café ($M_{probeta + Café}$) y leer el volumen aparente ($V_{aparente}$):

$$\rho_{Aparente} = \frac{M_{Probeta+Café} - M_{Probeta}}{V_{Aparente}} \quad \text{Ecuación 6}$$

2.3.3 Densidad real y porosidad

Para la obtención de la densidad real (ρ_{real}) y el cálculo de la porosidad (ϵ) del polvo obtenido tras la liofilización y molido, se empleó el método de Atarés Huerta (2015) basado en la medida picnométrica. A diferencia de este método, se empleó, como en la obtención de la densidad aparente, 1 gramo de muestra. Se utilizó un picnómetro de 25 ml para sólidos y tolueno como líquido para el aforo del picnómetro.

Para el cálculo necesitaremos el peso del picnómetro (M_P), del picnómetro con la muestra (M_{P+C}), añadiendo además tolueno (M_{P+C+T}) y del picnómetro únicamente lleno con tolueno (M_{P+T}). Gracias al cálculo de la masa de tolueno desplazado (M_T desplazado), se consigue el volumen real de café (V_{real}) y con ello, la densidad real (ρ_{Real}) y la porosidad (ϵ) las calculamos con las siguientes formulas:

$$M_{T \text{ desplazado}} = M_{P+T} - [M_{P+C+T} - (M_{P+C} - M_P)] \quad \text{Ecuación 7}$$

$$V_{Real} = \frac{M_{T \text{ desplazado}}}{\rho_{Tolueno}} \quad \text{Ecuación 8}$$

$$\rho_{Real} = \frac{M_{P+C} - M_P}{V_{Real}} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$\varepsilon = \frac{\rho_{Real} - \rho_{Aparente}}{\rho_{Real}}$$

Ecuación 10

2.3.4 Higroscopicidad

La higroscopicidad del polvo obtenido tras la liofilización y molido, se determinó según el método seguido por Davidov *et al.* (2013). Con respecto al mismo, lo que varía es que colocaremos las muestras de café con betaglucano en placas Petri de 45 mm de diámetro. Se hicieron 2 repeticiones de cada tipo de muestra. Las variantes se pueden ver en la tabla 11

2.3.5 Estabilidad

Para medir la estabilidad de la disolución de café con betagluconos en agua antes de liofilizarlo, se empleó el equipo TurbiScan®

Para muestras previas a liofilizar comparamos las diferentes dosis (1, 1,5 y 3 gramos de betaglucano puro) en proporción con el porcentaje de solidos soluble de café en la infusión. También comparamos los modos de disolución del betaglucano en café: empleo de ultraturrax (10 min a 10000 rpm), empleo de ultraturrax (10 min a 10000 rpm) + ultrasonidos y empleo de ultrasonidos, todas ellas precedidas por una agitación con agitador magnético a 1600 rpm

Para introducir las muestras al TurbiScan®, se coloca la celda limpia en el soporte provisto, agitar suavemente (si es posible) el producto a analizar y se llena la celda con el producto hasta la altura del soporte, (alrededor de 20 ml, que corresponde a aproximadamente 42 mm). Se comprueba la calidad del menisco y se cierra la celda con la tapa, previamente preparada.

Se realizaron mediciones cada 30 segundos para ver la evolución de la muestra a lo largo del tiempo. Los análisis realizados han sido de 3 horas aproximadamente al desconocer la posible evolución de cada muestra.

En cuanto a las muestras disueltas de café con betagluconos tras la liofilización, se observó visualmente la estabilidad y mediante TurbiScan® las muestras de dosis 1 y 3 (mínima y máxima) incorporadas mediante ultrasonidos. Como lo interesante es que sea instantáneo, para su disolución, únicamente se añadió a agua (a 20 y a 60 °C) y se agitó con una cucharilla-espátula.

2.3.6 Viscosidad

Para la medida de la viscosidad, la preparación del polvo obtenido tras la liofilización será la misma que la mencionada para la determinación de la estabilidad en el apartado anterior. Se empleó un viscosímetro Viscostar L de la marca P-Selecta

(Barcelona, España). Emplearemos el rotor L1 y estableceremos 200 rpm de velocidad. Introducimos la muestra hasta cubrir el rotor e iniciamos la lectura.

2.4 Encuestas

2.4.1 Creación de la encuesta

La encuesta se creó mediante la herramienta Formularios de Google, permitiendo descargarla e imprimirla y su difusión digital. La encuesta pregunta acerca del consumo de café, hábitos de consumo general, salud, conocimiento del betaglucano e interés en la propuesta, tema medioambiental e información sociodemográfica del encuestado (Véase encuesta completa en el anexo I). Las encuestas se han realizado tanto mediante vía electrónica (email, WhatsApp), como mediante papel. En total 230 personas respondieron la encuesta.

Muestreo

La población objetivo la componen aquellas personas consumidoras de café, preferiblemente de Pamplona y la Cuenca.

En cuanto al muestreo, se realizó un muestreo aleatorio simple. En cuanto al tamaño de la muestra (n), cuanto mayor sea esta más fiable será, ya que su error, será más pequeño.

El error muestral podemos calcularlo empleando la ecuación 11:

$$n = \frac{K^2 \times P \times Q}{e^2} \quad \text{Ecuación 11}$$

Siendo:

n: tamaño muestral
e: error muestral
K: valor en función del nivel de confianza, tomando el valor del cuartil $t_{\alpha/2}$
P x Q = S^2 : Cuasivarianza muestral

En este caso para un nivel de confianza del 95% (K=2), siendo el tamaño muestral 230 encuestas y P y Q 0,5 cada uno, el error muestral obtenido es 6,59%.

La ficha técnica de la encuesta se puede observar en la tabla 16

Tabla 16: Ficha técnica de la encuesta

Características	
Universo	Consumidoras de café, preferiblemente de Pamplona y la Cuenca
Ámbito	Principalmente Pamplona y la Cuenca
Tamaño muestral	230 encuestas
Error muestral	6,59%
Nivel de confianza	95% (k=2)
Diseño de la muestra	Muestreo aleatorio simple
Fecha de trabajo de campo	Marzo 2019 - mayo 2019

2.4.2 Análisis de los resultados.

Primera fase: Tratamiento de datos y codificación

Una vez cerrado el plazo de respuesta, se descargaron los resultados en formato Excel. El primer paso para el tratamiento de los datos es detectar aquellas posibles irregularidades y valores nulos.

El siguiente paso fue realizar es la codificación, asignando un número a cada una de las posibles respuestas de una pregunta y así poder realizar el tratamiento de los datos con el programa estadístico. En los casos en que era necesario, creamos nuevas variables o agrupamos respuestas en categorías.

Una vez codificada, introducimos los datos al paquete estadístico SPSS, lo que nos permitió el tratamiento de estos. Antes del análisis de datos, se etiquetaron las diferentes variables, siendo el paso inverso a la codificación. y si es necesario se crean nuevas variables.

Segunda fase: Análisis de los datos

Para la interpretación de los datos, se realizaron análisis tanto univariantes como bivariantes con el fin de obtener un perfil de los encuestados frente al consumo de café i el interés por el producto propuesto. En los análisis univariantes se calculan frecuencias (para variables cualitativas), medias y desviaciones típicas (para variables cuantitativas).

Las técnicas bivariantes relacionan variables dos a dos. Las empleadas son principalmente la prueba de Chi-Cuadrado y, el Coeficiente de Pearson y el análisis de la. Estos análisis suelen servir como base para otros análisis más complejos, los llamados multivariantes. (Ansuátegui Garde, 2004)

Con las técnicas bivariantes se busca detectar si existen variables que guarden relación entre las diferentes respuestas del consumidor y observar si difiere su

comportamiento en función de sus características sociodemográficas o actitudes. Según la información que se quiera conseguir, se emplean unos u otros análisis:

- Prueba de Chi cuadrado: se emplea para ver si existen diferencias significativas entre unas frecuencias de respuesta y otras y si el hecho de que una respuesta sea escogida condiciona a otra variable, Ambas variables son cualitativas.
- Análisis de la varianza (ANOVA): estudia la influencia de una variable independiente o también llamada factor (variable cualitativa) sobre una variable dependiente (variable cuantitativa).
- Coeficiente de Correlación de Pearson: mide el grado en el que se asocian dos variables cuantitativas. Toma valores entre uno y menos uno. Si es positivo, si una variable es creciente, la otra también, pero en cambio, si es negativo, cuando una variable crece, la otra decrece.

3. Resultados y discusión

3.1 Puesta a punto del procedimiento del café soluble

Se han realizado pruebas de las diferentes fases del procesado de café soluble liofilizado con el fin de reproducir lo más posible en el laboratorio el proceso industrial, al que incorporamos además betaglucano. A continuación, se presentan los resultados de las distintas pruebas realizadas:

3.1.1 Infusión y humedad

Esta prueba se realiza con el fin de escoger entre diferentes proporciones de agua y café molido la opción más viable de cara a obtener una infusión de café concentrada con la que trabajar. En la tabla 17 se puede ver los resultados de rendimiento obtenido en la primera prueba de infusión.

Tabla 17 Resultados obtenidos en la primera prueba de infusión

Proporción: (café (g): agua (ml))	Volumen obtenido (ml)	Media de volumen obtenido (ml)	Rendimiento
1:2,5 A	150	170	27,20%
1:2,5 B	190		
1:5 A	355	355	56,80%
1:5 B	355		
1:10 A	505	495	79,20%
1:10 B	485		

En la tabla 18 se puede ver la cantidad de sólidos solubles y el cálculo de posible café soluble a obtener teniendo en cuenta el volumen obtenido en cada muestra

Tabla 18 Humedad, sólidos solubles y masa de café en la prueba de infusión.

Proporción: (café (g): agua (ml))	Humedad	Sólidos solubles	Gramos de café obtenidos
1:2,5 A	86,98%	13,02%	22,13
1:2,5 B			
1:5 A	94,59%	5,41%	19,22
1:5 B			
1:10 A	97,42%	2,58%	12,79
1:10 B			

Aunque con la proporción 1:2,5 se obtiene mayor cantidad de café por infusión, a esta infusión hay que añadir posteriormente betaglucanos. Los betaglucanos aumentan la viscosidad de la disolución, por tanto, para mejorar la disolución de estos en el café se escogió emplear la proporción 1:5 para facilitar los ensayos posteriores.

3.1.2 Adición/disolución de betaglucano

En este apartado existían dos parámetros, la dosis de betaglucano y el método de inclusión de éste al café. En cuanto a la dosis, en el caso de la mayor de ellas (3 gramos de betaglucano por 4 g de café), pasado un tiempo de los tratamientos de incorporación gelificaba, posiblemente por el descenso de la temperatura. De cara a la elaboración de un café, no es lo más adecuado, por lo que esta dosis se descartaría. Si bien, en un futuro podría emplearse esta dosis en otro tipo de productos de mayor consistencia como flanes, yogures o gelatinas debido a su poder espesante. Las dosis de 1 y 1,5 resultaron aceptables.

En cuanto al método de inclusión, si únicamente se realiza mediante el uso del agitador magnético (10 min a 1600 rpm) resulta insuficiente debido a la aparición de grumos, por lo que es necesario un tratamiento posterior. Tanto el empleo de ultraturrax (10 min a 10000 rpm) como el de ultrasonidos resultaron efectivos para la incorporación de betaglucanos con el inconveniente de formación de espuma al emplear el ultraturrax.

El efecto de los métodos de incorporación se comentará más en profundidad en el apartado de pruebas físicas.

3.1.3 Espumado

La adición de nitrógeno introduciéndolo mediante un fino tubo en el fondo de la botella resultó inefectivo debido a que generaba grandes burbujas que generaban grandes pérdidas de café al desbordarse, con lo cual esta opción quedó descartada.

La espuma que disponía de mayor estabilidad fue aquella obtenida en el espumador de leche mencionado.

De todas formas, se vio carente de sentido espumar debido a que al realizar la liofilización el café partiendo de estado líquido, esta se realizaba correctamente evitando tener que espumar, congelar y luego tener que conservar la cadena de frío hasta el liofilizador para que no se descongelen las muestras ni se pierda la espuma.

3.1.4 Crioconcentración

Al realizar esta prueba surgieron los siguientes problemas:

- Al crearse los cristales, no solo se congelaba el agua, sino que también se congelaba parte de las sustancias disueltas, luego existían pérdidas.
- La capacidad de la centrifuga era de seis botes de 50 ml, luego suponía un cuello de botella de cara al escalado.
- El tiempo en el cual la máquina descendía de temperatura era demasiado grande, luego en general es más viable descartar la opción de crioconcentrado con los medios que se cuentan.

Es por ello por lo que se decidió suprimir este paso del procedimiento

3.1.5 Congelado y triturado

Como se ha explicado en el apartado de espumado, espumar y congelar no aporta ventajas al procesado sino lo contrario.

Aunque pueda parecer un ahorro en tiempo el congelar para poder disminuir el tiempo de liofilización, lo que lleva más tiempo es llevar la máquina a la temperatura de congelación, no afectando apenas introducir la muestra líquida o congelada, ganando así el tiempo dedicado a la congelación de la muestra.

Por otro lado, en la prueba de congelado y triturado para obtener gránulos de café tras liofilizar las muestras, no resulto efectivo, pues no se obtuvieron gránulos de café soluble, sino una torta, por tanto, también se puede descartar esta opción evitando dos pasos del procedimiento

En conclusión, la opción más favorable es no congelar.

3.1.6 Liofilización

En la prueba con las primeras condiciones, condiciones ocurrió que, a mitad de ciclo de liofilización, posiblemente debido al cambio brusco de presión, las muestras explotaron, por lo que no se pudieron obtener registros de peso ni rendimiento.

Se vio que era necesario un cambio de condiciones para que no exploten las muestras en la cámara. Es por eso por lo que se estableció la segunda opción como la más óptima.

Como se ha comentado en el apartado 2.3.6 Liofilización, era posible predecir el tiempo más desfavorable en el que se realizaría la desecación primaria (cuando la temperatura de producto se equipare a la de fluido-desecación primaria). Observando las gráficas se podría ajustar el tiempo de desecación primaria a 8 h, como se puede ver en la figura 5

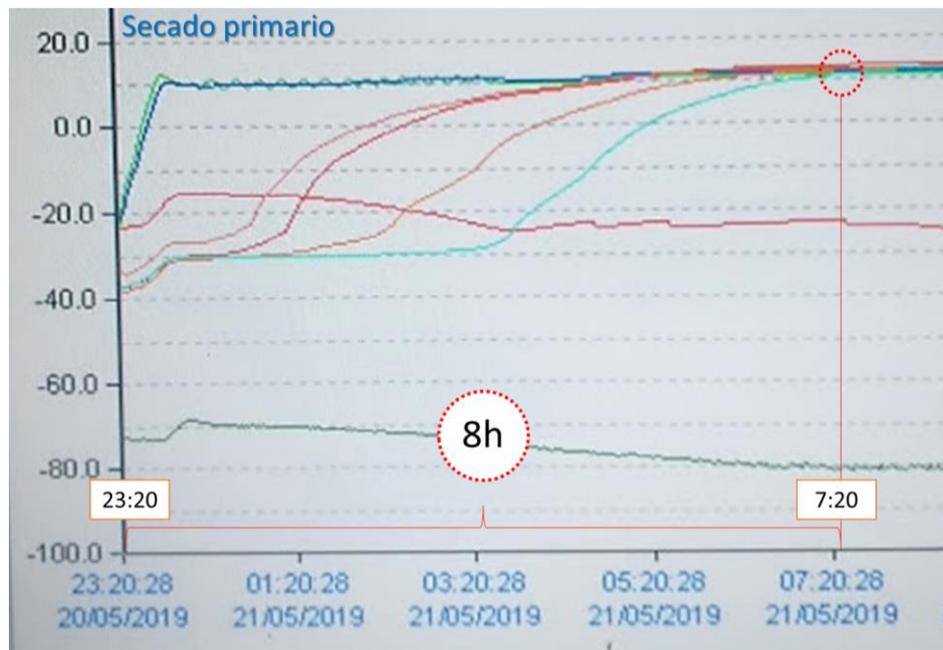


Figura 5 Determinación del tiempo de secado primario

Es por ello por lo que las condiciones más idóneas serían las siguientes:

- Temperatura de congelación – 25 °C
- Tiempo de congelación 3 h
- Presión del secado primario 0,2 mbar
- Temperatura del secado primario de 10 °C
- Tiempo de secado primario de 8 horas
- Presión del secado secundario: Máxima
- Temperatura del secado secundario de 20 °C
- Tiempo de secado secundario de 3 horas

El resultado de las diferentes pruebas de liofilización realizadas se puede observar en la figura 6.



Figura 6: Tortas de café con betaglucano liofilizadas: A) espumado y congelado
B) en bandejas C) congelado y triturado

3.1.7 Molido

En cuanto al molido para grandes cantidades de muestra se vio óptimo emplear el molinillo Super Junior “S”. Para pequeñas cantidades es preferible emplear un molido manual, debido a que si no las pérdidas de materia prima son muy grandes. El molido manual se descarta para grandes muestras por el requerimiento de tiempo que esto supondría.

3.1.8 Ajuste de proporciones de café y betaglucano

Haciendo referencia a la tabla 13, tras una prueba a nivel interno, se escogió como dosis más aceptable la muestra E, que equivale a la dosis de 4 g de café. Esto hace que haya que hacer un ajuste en las proporciones de café y betaglucano, tal y como se puede ver en la tabla 19.

Tabla 19 Ajuste de proporciones de café y betagluanos

	Total (g)	Cantidad de café (g)	Cantidad de betaglucano (g)	
			Pureza 90%	Pureza 100%
Sin BG	4,00	4	0,00	0
1 g BG/2g Café	6,22	4	2,22	2
1,5 g BG/2g Café	7,33	4	3,33	3
3 g BG/2g Café	10,67	4	6,67	6

↓ Ajuste ↓

	Cantidad de café (g)	Cantidad de betaglucano (g)		Total (g)
		Pureza 100%	Pureza 90%	
Sin BG	4	0	0,00	4,00
1 g BG/2g Café	4	1	1,11	5,11
1,5 g BG/2g Café	4	1,5	1,67	5,67
3 g BG/2g Café	4	3	3,33	7,33

3.2 Pruebas físicas del café con betaglucano

3.2.1 Humedad

Por un lado, se puede ver en la tabla 20 los resultados de humedad de muestras cuyo objetivo es conocer el porcentaje de sólidos solubles para calcular las cantidades de materia prima a emplear.

Tabla 20 Resultados de humedad de muestras líquidas.

Muestra	% Humedad	% Sólidos solubles
Infusión de café (2:5)	86,98	13,02
Infusión de café (1:5)	94,59	5,41
Infusión de café (1:10)	97,42	2,58
Betaglucanos de Lérida en disolución	90,468	9,532

Por otro lado, la humedad se empleó para comprobar el secado en la liofilización. En la tabla 21 podemos ver la humedad de la primera prueba en placas de aluminio. Para ello se cogió muestras representativas de cada tipo.

Tabla 21 Resultados de humedad de primera prueba de liofilizado

Muestra	Humedad %
Café líquido (Control)	3,032
BG ₀ 7	6,443
BG ₀ 10	5,570
BG ₀ 12	3,261
BG ₁ 5	4,676
BG _{1,5} 5	3,625

*En rojo, aquellas muestras que no cumplen con la norma

En la tabla 22 podemos ver la humedad de las muestras de la prueba de escalado en bandejas.

Tabla 22 Resultados de humedad de prueba de escalado de liofilización en bandejas

Muestra	Humedad %
Bandeja Dosis BG 0	2,820
Bandeja Dosis BG 1	2,197
Bandeja Dosis BG 1,5	2,861
Bandeja Dosis BG 3	4,044

En la tabla 23 podemos ver las humedades de las muestras liofilizadas en las que se probó los diferentes métodos de incorporación de betaglucanos a distintas dosis.

Tabla 23 Resultados de humedad de prueba de incorporación de BG a distintas dosis y métodos

Muestra	Humedad %	Muestra	Humedad %
D0 UT US	3,393	D1,5 UT US	2,584
D0 UT US	2,999	D1,5 UT US	4,271
D0 UT US	2,321	D1,5 UT US	2,976
D1 UT US	3,501	D3 UT US	3,747
D1 UT US	3,373	D3 UT US	4,143
D1 UT US	2,999	D3 UT US	2,559

3.2.2 Densidad aparente

En la tabla 24 se pueden observar los cálculos realizados para cada muestra según la ecuación 6 con el fin de hallar la densidad aparente

Tabla 24. Parámetros por muestra para el cálculo de la densidad aparente

Muestra	ρ aparente
D0 UT US	0,54 \pm 0,02 _a
D0 UT US	0,55 \pm 0,02 _a
D0 UT US	0,73 \pm 0,04 _a
D1 UT US	0,51 \pm 0,02 _{ab}
D1 UT US	0,55 \pm 0,02 _{ab}
D1 UT US	0,51 \pm 0,02 _{ab}
D1,5 UT US	0,45 \pm 0,02 _{ab}
D1,5 UT US	0,46 \pm 0,02 _{ab}
D1,5 UT US	0,47 \pm 0,02 _{ab}
D3 UT US	0,41 \pm 0,01 _b
D3 UT US	0,48 \pm 0,02 _b
D3 UT US	0,35 \pm 0,01 _b

*Letras diferentes indican diferencias significativas, con un p-valor inferior a 0,05 respecto a la prueba de Turkey

Se puede observar como conforme aumenta la dosis de betaglucano, la densidad aparente del polvo es menor. De hecho, se pueden distinguir entre 2 subgrupos, el a (D0, D1 y D1,5) y el b (D1, D1,5 y D3)

3.2.3 Densidad real y porosidad (Polvo)

En la tabla 25 se pueden observar los cálculos realizados para cada muestra según las ecuaciones 7,8 9 y 10 con el fin de hallar la densidad real (ρ real) y la porosidad (ϵ).

Tabla 25. Densidad real y porosidad de las muestras.

Muestra	ρ real	ϵ
D0 UT US	1,5919 \pm 0,0006	0,66 \pm 0,01 _a
D0 UT US	1,5096 \pm 0,0005	0,64 \pm 0,01 _a
D0 UT US	1,5488 \pm 0,0005	0,53 \pm 0,03 _a
D1 UT US	1,5360 \pm 0,0005	0,67 \pm 0,01 _{ab}
D1 UT US	1,5560 \pm 0,0005	0,65 \pm 0,01 _{ab}
D1 UT US	1,5720 \pm 0,0006	0,67 \pm 0,01 _{ab}
D1,5 UT US	1,5682 \pm 0,0005	0,71 \pm 0,01 _{ab}
D1,5 UT US	1,5692 \pm 0,0006	0,71 \pm 0,01 _{ab}
D1,5 UT US	1,4972 \pm 0,0005	0,68 \pm 0,01 _{ab}
D3 UT US	1,6702 \pm 0,0006	0,76 \pm 0,01 _b
D3 UT US	1,5511 \pm 0,0005	0,69 \pm 0,01 _b
D3 UT US	1,4545 \pm 0,0005	0,76 \pm 0,01 _b

En general, se puede observar como conforme aumenta la dosis de betaglucano, la porosidad del polvo es mayor. De hecho, se pueden distinguir entre 2 subgrupos, el a (D0, D1 y D1,5) y el b (D1, D1,5 y D3). En cuanto a la densidad real, no se aprecian diferencias significativas.

3.2.4 Higroscopicidad

Tabla 26 Resultados de higroscopicidad

Muestra	Higroscopicidad
D0 UT US	3 \pm 2%
D0 UT US	3 \pm 2%
D0 UT US	1 \pm 2%
D1 UT US	1 \pm 2%
D1 UT US	-1 \pm 2%
D1 UT US	0 \pm 2%
D1,5 UT US	3 \pm 2%
D1,5 UT US	3 \pm 2%
D1,5 UT US	1 \pm 2%
D3 UT US	1 \pm 2%
D3 UT US	2 \pm 2%
D3 UT US	1 \pm 2%

Además de los datos numéricos, en las muestras de dosis 0 de betaglucano, se había creado una especie de torta debido a la humedad, mientras en el resto de las muestras continuaba presentándose como polvo. La cantidad de agua ha sido tan pequeña que los valores son similares al error de medida.

3.2.5 Estabilidad

En cuanto a la disolución de café con betagluconos en agua antes de liofilizarlo, se midió la estabilidad con TurbiScan®, cuyos resultados se recogen en la tabla 27

Tabla 27 Estabilidad del café con betagluconos previo a liofilizar.

Muestra	Fenómeno que ocurre	TSI Máx. (3h)	Cinética de Desestabilización
D1 UT	Sedimenta	1	Estable. Incremento al principio.
D1,5 UT	Sedimenta	0,2	Estable. Crecimiento logarítmico.
D3 UT	Floculación o coalescencia, sobre todo en la parte superior	10	Crecimiento logarítmico, la más inestable
D1 US	Floculación o coalescencia	3	Incremento progresivo
D1,5 US	Floculación o coalescencia	6	Incremento muy rápido al principio, luego bastante estable
D3 US	Clarificación puntual a diferentes alturas	0,2	Muy estable
D1 UT + US	Cremado en la zona del menisco	0,36	Muy estable, leve crecimiento logarítmico
D1,5 UT + US	Floculación o coalescencia, sobre todo en la parte superior	7	Incremento al principio, luego más estable
D3 UT + US	Clarificación estratificada, sobre todo abajo	1,75	Bastante estable

El TSI es el índice de estabilidad del TurbiScan mide la cinética de desestabilización de las emulsiones; cuanto más alto es el TSI más inestable es la emulsión. Podemos observar que las muestras más estables son: D3 US, D1,5 UT, D1 UT+U y D1UT.,

Además, se obtuvieron las medidas de polvo liofilizado a dosis 1 y 3 disueltas a 20 °C y a dosis 3 a 60 °C:

Tabla 28 Estabilidad del café con betaglucanos tras liofilizar

Muestra	Fenómeno que ocurre	TSI Máx. (3h)	Cinética de Desestabilización
D1 US 20	Precipitación	9	Incremento logarítmico
D3 US 20	Precipitación	30	Incremento logarítmico, muy alto al principio.
D3 UT 60	Leve floculación o coalescencia	1,5	Incremento al principio, luego más estable

Podemos ver que la inestabilidad de la suspensión es mucho mayor en comparación a las muestras en las que se incorpora el betaglucano en frío, seguramente sea debido a que no se emplea ningún método para incorporarlo más que la agitación mecánica. En cuanto a la muestra que se solubiliza con temperatura alta, vemos como su TSI es más pequeño y por tanto la muestra es más estable, y como se puede apreciar en la figura 7 no hay signos de precipitación:

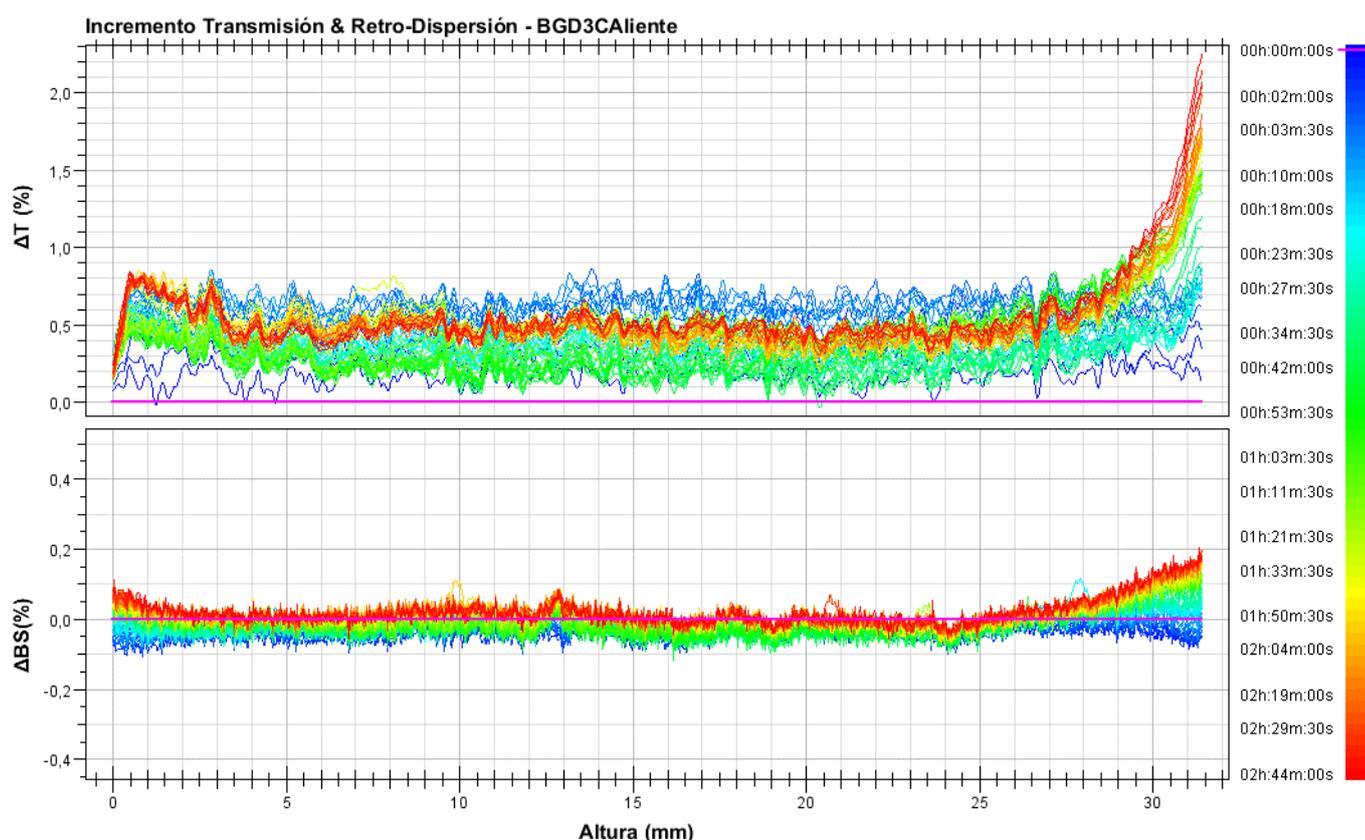


Figura 7. Evolución de la muestra D3 UT 60 en el Turbiscan, medido en incremento.

La precipitación de las muestras se puede observar muy claramente en la figura 8.



Figura 8. Precipitación de las muestras de café con betaglucanos reconstituido tras la liofilización. (De izquierda a derecha: D3, D1,5, D1 y D0)

Apenas 5 minutos después de la resuspensión del café con betaglucano, en frío, ya había precipitado en cada una de las muestras que contenían betaglucano y a mayor dosis, mayor cantidad de precipitado aparece, luego todo hace indicar que lo que precipita es el betaglucano.

En cuanto a las muestras que se resuspendieron en caliente, visualmente no se precipitados lo que se confirmó con una mayor estabilidad mediante la prueba del Turbiscan.

Por tanto, podemos concluir que el producto no debe reconstituirse en frío, sino en caliente (al menos a 60 °C)

3.2.6 Viscosidad

Los resultados de viscosidad de las disoluciones de polvo de café y betaglucano se recogen en la tabla 29

Tabla 29 Viscosidad del polvo de café con betaglucano en disolución.

Muestra	Viscosidad (mPa/s)
D0 UT US	4
D1 UT US	5
D1 UT US	5
D1 UT US	5
D1,5 UT US	6
D1,5 UT US	6
D1,5 UT US	6-7
D3 UT US	8
D3 UT US	7
D3 UT US	7

Se puede observar como al aumentar la dosis de betaglucano, aumenta también la viscosidad.

3.3 Encuestas

3.3.1 Interpretación de los datos

En total 230 personas respondieron a la encuesta. En la figura 9 podemos ver un resumen de las características sociodemográficas de los encuestados.

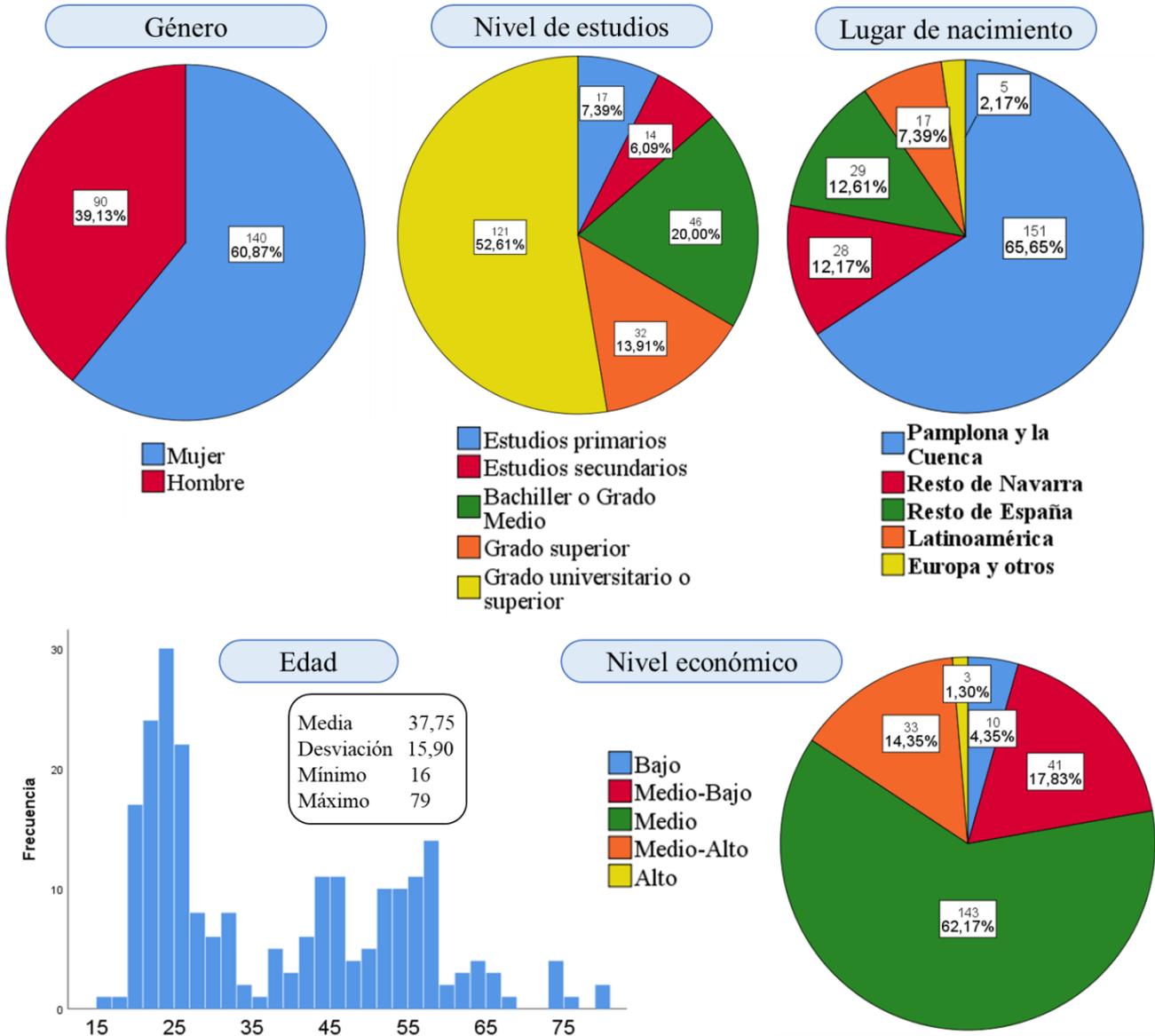


Figura 9 Resumen de datos sociodemográficos de los encuestados

En ella podemos ver como casi un 61% de la muestra fueron mujeres. En relación con el nivel de estudios, algo más de la mitad de los encuestados indicaron poseer estudios de carácter universitario, seguido de un 20% con estudios de bachiller o grado medio. En relación con la procedencia, la mayoría son de Pamplona o la Cuenca

(66%), siendo el 78% de los encuestados navarros. La edad de los encuestados está comprendida entre los 16 y los 79 años, siendo la media de edad 38 años. Se puede observar un gran pico de encuestados que tienen entre 21 y 24 años, otros dos picos más pequeños de 43 a 47 y de 52 a 57 años. Por último, hay que comentar que la gran mayoría consideran tener un nivel económico medio (62%), seguido de quien lo consideran medio-bajo (18%) y medio-alto (14%).

Consumo de café

- El 82,6% de los encuestados son consumidores de café. Hay que destacar que los consumidores de café tienen más edad de media (40) que los que no lo consumen (28).
- Gran parte de los encuestados consumen uno (27,8%), dos (29,4%) o más de 2 cafés al día (24,1%), como se puede ver en la figura 10. En las frecuencias de consumo más elevadas, es mayor la edad media (41-43 años) que en frecuencias menores (25-30 años)
- La mayoría de las personas consumen café en el momento de desayuno (75,3%), seguido del mediodía (48,4%), media mañana (37,9%), la tarde (32,6%) y solo el 7,9% de los consumidores de café lo hacen a la noche, como se puede ver en la figura 10.
- En cuanto al modo de preparación, la mayoría de la gente lo consume de cafetería o hecho en cafetera italiana (ambos 48,9%). A esto le sigue el café de máquina (27,4%), el de cápsulas (24,7%) y el soluble (20%). El producto estudiado es un café soluble, luego tiene gran interés el público que consume café soluble directamente o también se podría incorporar en las máquinas de vending. El consumo de café soluble se da en mayor proporción en aquellas personas que consumen café en el hogar (24,2%) que las que no lo hacen (2,7%).
- En cuando a con que se toma el café, la gran mayoría de las personas lo toman con leche (84,2%), un 30,5% de los encuestados lo toma con azúcar y un 18,4%, toma café sólo.
- El lugar de consumo por excelencia es el hogar (80,5%), seguido por bares, restaurantes y cafeterías (63,2%) y por último el lugar de trabajo o de estudio (46,3%).
- La razón principal de consumo de café es por su sabor (57,4%), aunque también se consume por mantenerse despierto (32,1%) y minoritariamente como acto social (6,3%) u otras razones. La gente que consume por sabor tiene mayor edad media (43 años) y quienes lo hacen como actividad social, menor (31 años).
- La mayoría de la gente (46,3%) paga entre 1 y 1,25 € por un café, como se puede ver en la figura 10. Esto supone que la mayor parte de los consumidores de café (36,8%) gasten entre 15 y 30 € al mes en café, seguidos por aquellos que gastan entre 15 y 30 € al mes (24,7%) y los que gastan menos de 5 € (19,5%). El resto gastan más de 30 € mensuales.

- El principal parámetro por el que se paga más por un café es por la calidad (74,2%), seguido por la comodidad (16,3%).
- Entre las personas que consumen café hay más gente preocupada por el colesterol en proporción que los que no lo consumen

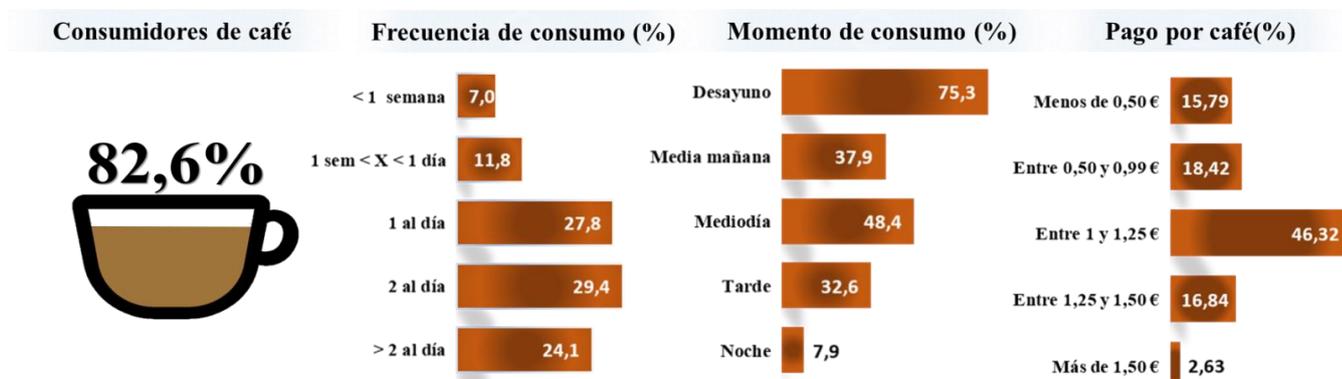


Figura 10. Algunos gráficos referidos al consumo de café

Hábitos saludables

- El 73,9% de los encuestados llegaron a pagar más por salud. En este caso son más en proporción las mujeres que lo han hecho (80,0%) que los hombres (64,4%).
- De aquellas personas que han pagado más por este tipo de productos, el 52,6% han llegado a pagar más de 1 €, seguido por quienes han pagado entre 50 cent-1€ (29,1%).
- El 21,7% de los encuestados están preocupados por su colesterol y el 21,3% por el de personas cercanas, siendo el principal motivo tener altos niveles (48,9%).
- En cuanto al uso de alimentos para prevenir/reducir el colesterol, únicamente el 2,2% de los encuestados los consume.

Producto de interés

Teniendo en cuenta que se evaluó el grado de acuerdo del 1 al 5 frente a las siguientes afirmaciones, la valoración se muestra en la figura 11



Figura 11. Valoración de afirmaciones relacionadas con el producto propuesto

En la tabla 30 se recogen la tendencia de valoración de estas afirmaciones en relación con otros parámetros de la encuesta.

De esta tabla se puede destacar que conforme aumenta la edad, menos interés existe en el producto y aunque lo necesiten no lo comprarían. Por el contrario, al aumentar la edad aumenta la posibilidad de ser el consumidor objetivo,

Como era de esperar, la gente que consume café compraría más el producto y es más consumidor objetivo que quienes no lo hacen.

A aquellas personas que prueban nuevos alimentos les parece interesante el producto y lo comprarían. Además, quienes no confían en nuevos alimentos, no lo comprarían, aunque lo necesitaran.

Por último, resaltar que quienes tienen interés en productos de salud, quienes son más exigentes con los alimentos y quienes comen de todo tienen más interés en el producto, lo comprarían para ellos y para personas cercanas y se sienten más consumidores objetivos.

Tabla 30. Resumen de tendencias frente a afirmaciones relacionadas con el producto propuesto

A más...	Me interesa el producto	No lo compraría, aun necesiéndolo	Consumiría el producto	Lo compraría para 3ºs	Soy consumidor objetivo
Consumo de café			+		+
Edad	-	+			+
Controlo ingesta de sal					+
Dieta vegetariana					+
Ejercicio con regularidad	+		+		+
No alimentos procesados			+	+	+
Como frutas y verduras					+
Moderación con carne roja	+				
Defensa de la naturaleza	-				
Reduzco el estrés				+	
Llevo vida ordenada				+	
Leo etiquetado	+				
Pruebo alimentos nuevos	+		+		
No confío en nuevos alimentos		+			
No pruebo comida desconocida	-				
Me gusta comida multicultural	+		+		
Comida étnica = Rara		+			+
Fuera de casa como nuevos alimentos	+		+		
Miedo a comer cosas nuevas					+
Interés por nuevos productos de salud	+		+	+	+
Exigente con alimentos	+		+	+	+
Como de todo	+		+	+	+
Pruebo restaurantes étnicos	+		+		

4. Conclusiones

En cuanto a la puesta a punto del procedimiento del café soluble al que se le incorpora betaglucanos de cereal se ha fijado el siguiente procedimiento:

- Infusión del café molido a proporción 1:5 (gramos de café molido: mililitros de agua).
- Incorporación del betaglucano de cereal, mediante el empleo de ultrasonidos (sonotrodo H7, 30 minutos al 100%). Por cada 4 gramos de sólidos solubles presentes en el café se añade en función de la dosis 1, 1,5 y 3 g de betaglucano al 100% de pureza.

- Liofilizado, con una fase de congelación a -25 °C durante 3 h, un secado primario a 0,2 mbar a 10 °C y un secado secundario a 20 °C y presión máxima. Resultó efectivo tanto para muestras dispuestas en placas de aluminio como para muestras en las mismas bandejas de liofilizado.
- Molido, en función de la cantidad de muestra se realiza mediante el uso de molinillo (grandes muestras) o molido manual en una pequeña bolsa (pequeña cantidad de muestra). Con esto se consigue un polvo homogéneo.

Respecto a la caracterización del producto:

- Las condiciones de liofilización establecidas son suficientes para obtener un producto con humedad menor a 5% cumpliendo con la normativa actual para el café soluble.
- El betaglucano modifica la densidad aparente, la densidad real y la porosidad. Conforme aumenta la dosis de betaglucano aumenta la porosidad y disminuye la densidad aparente.
- La viscosidad del café aumenta conforme mayor es la dosis de betaglucano
- Se determinó la estabilidad del polvo en suspensión, siendo esta más estable al disolverse a altas temperaturas (al menos 60 °C) y precipitando si se disuelve en frío.

Se realizó una encuesta con el fin de conocer el interés del producto y conocer las características del posible consumidor. De los resultados se puede destacar los siguiente:

- La mayoría de los encuestados (82,6%) consumen café, el 20 % de ellos soluble y el 27,4% en máquinas de vending, que serían los 2 posibles formatos de venta del producto.
- La mayoría de encuestados (73,9%) han llegado a pagar más por un producto dedicado a la salud.
- En general se piensa que el producto es interesante (4,01/5) y aunque conforme aumenta la edad, se consideran más cliente objetivo, el interés es mayor en conforme se es más joven.
- El producto lo compraría en mayor medida aquellas personas que compran nuevos productos y quienes están interesados en productos dedicados a la salud.

5. Bibliografía

432/2012, R. U. REGLAMENTO (UE) No 432/2012 DE LA COMISIÓN de 16 de mayo de 2012 por el que se establece una lista de declaraciones autorizadas de propiedades saludables de los alimentos distintas de las relativas a la reducción del

- riesgo de enfermedad y al desarrollo y (2017). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2012/432/2017-08-22>
- Alves, R. C., Rodrigues, F., Antónia Nunes, M., Vinha, A. F., & Oliveira, M. B. P. P. (2017). State of the art in coffee processing by-products. *Handbook of Coffee Processing By-Products*, 1-26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811290-8.00001-3>
- Atarés Huerta, L. M. (2015). Determinación de la porosidad. Recuperado de <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/52102>
- CAFESCA. (s. f.). CAFESCA | Nuestro Cafe | Proceso de producción. Recuperado 10 de septiembre de 2019, de <https://www.cafesca.com/Nuestro-Cafe/Proceso-de-produccion>
- Calvo Bruzos, S. C., Gómez Candela, C., & López Nomdedeu, C. (2011). *Nutrición, salud y alimentos funcionales*. Madrid, SPAIN: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/upnasp-ebooks/detail.action?docID=3198754>
- Clarke, R. J. (2003). COFFEE | Instant. En B. B. T.-E. of F. S. and N. (Second E. Caballero (Ed.) (pp. 1493-1498). Oxford: Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00270-4>
- Davidov-Pardo, G., Arozarena, I., & Marín-Arroyo, M. R. (2013). Optimization of a Wall Material Formulation to Microencapsulate a Grape Seed Extract Using a Mixture Design of Experiments. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 941-951. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0848-z>
- EFSA Panel on. (2011). Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to barley beta-glucans and lowering of blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. *EFSA Journal*, 9(12), 2470. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2470>
- Ghirişan, A., Drăgan, S., & Miclaus, V. (2017). Freeze-Drying Kinetics Approach of Soluble Coffee. Mass Transfer Parameters Estimation. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Chimia*, 62, 7-17. <https://doi.org/10.24193/subbchem.2017.1.01>
- ISO 3509:2005 - Coffee and coffee products -- Vocabulary. Recuperado de <https://www.iso.org/standard/34184.html>
- Krokida, M. K., & Maroulis, Z. B. (1997). EFFECT OF DRYING METHOD ON SHRINKAGE AND POROSITY. *Drying Technology*, 15(10), 2441-2458. <https://doi.org/10.1080/07373939708917369>
- Limberger-Bayer, V. M., de Francisco, A., Chan, A., Oro, T., Ogliari, P. J., & Barreto, P. L. M. (2014). Barley β -glucans extraction and partial characterization. *Food Chemistry*, 154, 84-89. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.12.104>
- Parzanese, M. (s. f.). Tecnologías para la Industria Alimentaria Liofilización de alimentos. Recuperado de http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_03_Liofilizados.pdf

- Pizarro C, S., Ronco M, A. M., & Gotteland R, M. (2014). β -glucanos: ¿qué tipos existen y cuáles son sus beneficios en la salud? . *Revista chilena de nutrición* . scielocl .
- Pourshahidi, L. K., Navarini, L., Petracco, M., & Strain, J. J. (2016). A Comprehensive Overview of the Risks and Benefits of Coffee Consumption. *COMPREHENSIVE REVIEWS IN FOOD SCIENCE AND FOOD SAFETY*, 15(4), 671-684. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12206>
- RD 1676/2012. Real Decreto 1676/2012, de 14 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad para el café, Pub. L. No. Real Decreto 1676/2012 (2012). España. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2012/12/14/1676/con>
- Reglamento (CE) n o 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 2006 , relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos, 404 OJ L § (2006). Recuperado de <http://data.europa.eu/eli/reg/2006/1924/oj/spa>
- Tiwari, U., & Cummins, E. (2011). Meta-analysis of the effect of β -glucan intake on blood cholesterol and glucose levels. *Nutrition*, 27(10), 1008-1016. <https://doi.org/10.1016/J.NUT.2010.11.006>
- Zhu, F., Du, B., & Xu, B. (2016). A critical review on production and industrial applications of beta-glucans. *Food Hydrocolloids*, 52, 275-288. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2015.07.003>

6. Anexos

Encuesta Cuore di Caffè

Esta encuesta le tomará de 5 a 10 minutos

*Obligatorio

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

INTRODUCCIÓN

Saludos. Somos estudiantes de la Universidad Pública de Navarra. Estamos realizando un estudio sobre el consumo del café y la preocupación por la salud. Sus datos serán usados con fines estadísticos y serán confidenciales. Si fuera tan amable de dedicarnos un poco de su tiempo estaríamos muy agradecidos.

HÁBITO DE CONSUMO DE CAFÉ

1. ¿Consumes café? *

Marca solo un óvalo.

- Sí *Pasa a la pregunta 2.*
- No *Pasa a la pregunta 12.*

HÁBITO DE CONSUMO CAFÉ

2. ¿Con qué frecuencia consumes café? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Menos de 1 vez por semana
- Más de 1 a la semana pero menos de 1 al día
- 1 al día
- 2 al día
- Más de 2 al día

3. ¿Cuándo tomas café? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Por la mañana/ Desayuno
- Almuerzo / Media mañana
- Después de la comida/ Medio día
- Merienda /Tarde
- Noche/ Después de la cena

4. ¿En que formato tomas el café? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Cafetera italiana
- Cafetera americana
- Cafetera de cafetería
- Café de máquina de vending
- Cápsulas
- Soluble
- Listo para tomar (Kaiku, Starbucks...)
- Otro: _____



Cafetera
Italiana



Cafetera
Americana



Cafetera de
cafetería



Máquina
de vending

5. ¿Cómo tomas el café habitualmente? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Sólo
- Con leche (cortado, semi, manchado, latte...)
- Capuchino (o con chocolate)
- Con azúcar
- Con edulcorante (sacarina, stevia, agabe ...)
- Con miel
- Bebidas vegetales (leche de soja, de almendra, de arroz....)
- Otro: _____

6. ¿Dónde consumes café? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Hogar
- Cafetería / Bar/ Restaurante
- Trabajo / Universidad/ máquina de vending
- Otro: _____

7. ¿Por qué razón principal consume café? **Marca solo un óvalo.*

- Para sentirme despierto/ despertarme
- Porque me gusta el sabor
- Actividad social
- Otro: _____

8. ¿Que marcas de café consume habitualmente? **Marca solo un óvalo.*

- Nestle (Nespresso, Nescafé, Dolce gusto, Bonka, L' OR (l' arome))
- Café de marca blanca (Día, Eroski, Carrefour...)
- Marcas locales (Baqué, Arrasate, Cafenasa ...)
- Moka/ lo que den en la cafetería/ máquina de vending.
- Ecologico/ biológico
- Gourmet
- Indiferente

9. ¿Cuanto pagas habitualmente por un café? **Marca solo un óvalo.*

- Menos de 0,50 €
- Entre 0,50 y 0,99 €
- Entre 1 y 1,25 €
- Entre 1,25 y 1,50 €
- Más de 1,50 €

10. ¿Cuánto gastas mensualmente en café? **Marca solo un óvalo.*

- Menos de 5€
- Entre 5 y 15 €
- Entre 15 y 30 €
- Entre 30 y 40 €
- Entre 40 y 50 €
- Más de 50 €

11. ¿Por qué motivo pagas más por un café? **Marca solo un óvalo.*

- Salud
- Calidad
- Marca
- Comodidad
- Otro: _____

HÁBITO DE CONSUMO

12. ¿Cuál/es de estos productos consumes habitualmente? *

Selecciona todos los que correspondan.

- Cacao soluble
- Té
- Sopa
- Yogures
- Gelatinas/flan

13. Indique su grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones en una escala de 1 a 5 (Siendo el 5 el mayor nivel de acuerdo y el 1 el menor) *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5
Estoy constantemente probando alimentos nuevos y diferentes	<input type="radio"/>				
No confío en los nuevos alimentos	<input type="radio"/>				
Si no conozco que es una comida, no la pruebo	<input type="radio"/>				
Me gustan comidas de diferentes culturas	<input type="radio"/>				
Las comidas étnicas me parecen demasiado raras para comerlas	<input type="radio"/>				
En comidas fuera de casa, trato de probar nuevos alimentos	<input type="radio"/>				
Tengo miedo de comer cosas que no comido antes	<input type="radio"/>				
Si compro nuevos productos es porque son saludables	<input type="radio"/>				
Soy muy exigente con los alimentos que ingiero	<input type="radio"/>				
Como casi de todo	<input type="radio"/>				
Me gusta probar nuevos restaurantes étnicos	<input type="radio"/>				

SALUD

14. ¿Evitas el consumo de algún producto por intolerancia/alergia alimentaria o estilo de vida? (Si es así cual) *

Selecciona todos los que correspondan.

- No
- Lactosa
- Gluten
- Frutos secos
- Fruta
- Soja
- Pescado/Marisco
- Productos cárnicos o pescado (vegetarian@)
- Productos provenientes de animales (veganism@)
- Otro: _____

15. ¿Has llegado a pagar más por un producto destinado a cuidar tu salud? **Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No

16. Si es así, ¿Hasta cuánto más?*Marca solo un óvalo.*

- Menos de 10 cent
- 10 - 20 cent
- 20 - 50 cent
- 50 cent - 1 euro
- Más de 1 euro

17. ¿Estás preocupad@ por tu colesterol o el de una persona cercana a ti? **Selecciona todos los que correspondan.*

- Sí, por mi colesterol (pasa a la pregunta 18)
- Sí, por el de una persona cercana (pasa a la pregunta 18)
- No (pasa a la pregunta 19)

18. ¿Cual es el motivo de esta preocupación?*Marca solo un óvalo.*

- Altos niveles de colesterol en sangre.
- Prevención de problemas cardiovasculares.
- Historial propio o familiar de cardiopatías.
- Otro: _____

19. ¿Haces algo para prevenir/combate tu colesterol? **Marca solo un óvalo.*

- No
- Deporte
- Dieta
- Complementos nutricionales
- Bebibles o galletas que previenen/reducen el colesterol

Betaglucano

20. ¿Conoces qué son los betaglucanos y sus efectos? **Marca solo un óvalo.*

- Sí
- No

Betaglucano

Los betaglucanos son una sustancia que está en cereales como la avena o la cebada. Tienen el efecto de ayudar a reducir el colesterol. Nosotros lo vamos a incorporar al café, ya que es un producto de uso diario.

21. Indica tu grado de acuerdo con las siguientes afirmaciones (Siendo el 5 el mayor nivel de acuerdo y el 1 el menor) *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5
Creo que el producto es interesante	<input type="radio"/>				
Aunque lo necesite, no lo compraría	<input type="radio"/>				
Consumiría el producto	<input type="radio"/>				
Comprarías el producto para una persona cercana	<input type="radio"/>				
Soy el consumidor objetivo de este producto	<input type="radio"/>				

Medioambiental

22. Indica el grado de importancia que tiene para ti.... (Siendo el 5 el mayor nivel de acuerdo y el 1 el menor) *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5
...el medio ambiente	<input type="radio"/>				
...que un producto que cuida de tu salud, sea amigable medioambientalmente	<input type="radio"/>				
...que los materiales del envase sean biodegradables	<input type="radio"/>				
... que el café sea orgánico	<input type="radio"/>				
...que la empresa de café sea de Navarra	<input type="radio"/>				

Encuestad@

23. Año de nacimiento *

24. Lugar de nacimiento. *

25. Genero *

Marca solo un óvalo.

- Mujer
- Hombre
- Otro: _____

26. Estudios *

Marca solo un óvalo.

- Sin estudios
- Estudios primarios
- Estudios secundarios
- Bachiller o Grado Medio
- Grado superior
- Grado universitario o superior

27. Nivel económico *

Marca solo un óvalo.

- Alto.
- Medio alto.
- Medio.
- Medio bajo.
- Bajo.

28. ¿Quieres comentarnos algo?

29. Este es un estudio en desarrollo y conforme evolucione probablemente surjan nuevas cuestiones, Agradeceríamos que nos deje alguna forma de contacto (por ejemplo el email/teléfono por si es necesario realizar otra encuesta)

Los datos no serán compartidos ni usados para otros fines

Con la tecnología de
 Google Forms