

INFORME TÉCNICO FINAL

PROGRAMA ASTURIAS

DATOS DE IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE I+D+i			
Referencia proyecto	IDI/2016/000206		
Acrónimo	COFIBRE		
Título del Proyecto	Revalorización de los subproductos y residuos, procedentes del destribo hortofrutícola, para la obtención de concentrados de fibra de alto valor añadido y alimentos funcionales fuente de fibra		
Periodo de Justificación	Desde :	01/01/2016	Hasta: 31/12/2017

En Noreña , a 19 de marzo de 2018

1. MEMORIA TÉCNICA

Explique **DETALLADAMENTE** las actividades realizadas, incluyendo la descripción de la metodología empleada, con referencia expresa a los hitos, tareas y plan de trabajo de la solicitud.

Hito 1. Destrío hortofrutícola: subproductos y residuos

Tarea 1.1. Estudio de las posibles fuente de destrío

Se realizó una búsqueda bibliográfica de las cantidades de destrío generadas a nivel nacional en relación a frutas, verduras y hortalizas.

La metodología de estimación de las cantidades de destrío generado se estudió en función del tipo de subproductos y residuos según la siguientes clasificación:

1. EXCEDENTES: consistente en las retiradas en virtud de la aplicación de la PAC (Política Agraria Común).
2. NO CONFORMES: productos agrícolas no aptos para comercialización por presentar defectos o alteraciones.
3. SUBPRODUCUTOS DE LA TRANSFORMACIÓN: materiales residuales generados en la industria de transformación de vegetales.

Para el desarrollo de la presente tarea se consultaron las siguientes fuentes de información:

- Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (2015). Anuario de Estadística del MAGRAMA.
- Anuario de Estadística Agroalimentaria del MAGRAMA (2015). Parte Tercera: Estadísticas Agrarias y Alimentación.
- MERCASA 2016. Alimentación en España. Producción, Industria y Consumo. Distribución y Consumo Nº 145, Edición 2015/2016.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2006). Guía de mejores Técnicas disponibles en España para el sector de transformados Vegetales.
- Cuantificación de materias primas de origen vegetal. Proyecto PSE PROBIOGAS, Desarrollo e sistemas sostenibles de producción y uso de biogás agroindustrial en España (2010).
- INE, Encuesta Anual de Productos, 2015.
- Reportajes e Informes sectoriales Alimarket 2015.
- Gobierno del Principado de Asturias. Consejería de Fomento. Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Plan estratégico de Residuos del Principado de Asturias 2014-2024.
- Consultas realizadas a productores hortofrutícolas representativos del sector (Kiwi, arándano y manzana).

A continuación se muestra la información recopilada de acuerdo a la metodología descrita anteriormente, centrando los resultados en las materias primas con potencial tecnológico en cuanto al posible contenido de fibra principalmente y de materias primas que también se cultivan y recolectan en

el territorio del Principado de Asturias.

GRUPO	DESTRÍO (t/año)
Excedente Hortalizas	733.173
Excedente frutas	424.065
No Conformes Hortalizas	146.491
No conformes Frutas	176.487
Subproductos Transformación Hortalizas	500.397
Subproductos Transformación frutas	610.789

Tabla 1: Cuantificación destrío a nivel nacional

	DESTRÍO HORTALIZAS (t/año)		
	RETIRADAS	NO CONFORMES	SUBPRODUCTOS TRANSFORMACIÓN
Pimiento	53.014	10.585	58.301
Lechuga	49.595	9.909	1.968
Cebolla	50.308	10.055	16.092
Zanahoria	23.925	4.773	7.645

Tabla 2: Cuantificación destrío mayoritario hortalizas a nivel nacional

	DESTRÍO FRUTAS (t/año)		
	RETIRADAS	NO CONFORMES	SUBPRODUCTOS TRANSFORMACIÓN
Kiwi	*1.075		
Arándano	**27.980		
Manzana	38.170	15.474	***17.100 ****(15.264)

Tabla 3: Cuantificación destrío mayoritario frutas a nivel nacional que también se producen en Asturias. */**/***(Datos globales). *****(Referidos a Magaya)

DESTRÍO FRUTAS PRINCIPAD ASTURIAS (t/año)		
RETIRADAS	NO CONFORMES	SUBPRODUCTOS TRANSFORMACIÓN

Kiwi	*350		
Arándano	**10		
Manzana	-	-	***12.230

Tabla 4: Cuantificación destrío frutas Asturias. */**(Datos globales). ***(Referidos a Magaya)

A la vista de la información recopilada en el desarrollo de la presente tarea, se concluye que el kiwi, el arándano, la manzana (magaya) y la zanahoria son fuentes de destrío interesantes a la hora de revalorizarlas y obtener un aprovechamiento tecnológico en materia de alimentación funcional.

La selección de las citadas fuentes de destrío como interesantes para su revalorización se fundamenta en los siguientes hechos:

- Las tres frutas seleccionadas, kiwi, arándano y manzana, están muy afianzadas en territorio del Principado de Asturias (kiwi, manzana, y arándano) y además están en constante auge de cultivo y comercialización (kiwi y arándano).
- Las tres frutas seleccionadas o bien poseen ya un sello de calidad diferenciada (Marca Alimentos del Paraíso para el kiwi y el Arándano y manzanas específicas para Sidra con D.O.P.) o están en trámites para obtener un sello de calidad diferenciada (posible IGP para el kiwi).
- El destrío de las tres frutas seleccionadas abarca como mínimo un 10 % del volumen de producción de cada fruta en Asturias.
- La hortaliza seleccionada, la zanahoria, es la que mayor aprovechamiento tiene de su destrío al ser el fruto entero debido simplemente al calibre y apariencia, ya que en el resto de los casos (lechuga, pimiento, cebolla) el calibre no es determinante y el aprovechamiento se circunscribe a corazones y piel en el pimiento, cascara lignificada en la cebolla y prácticamente nada en la lechuga.

Tarea 1.2. Caracterización bibliográfica

Las fuentes de destrío finalmente seleccionadas, se caracterización a nivel nutricional recurriendo a las tablas de composición de alimentos, consultando éstas de bases de datos oficiales de reconocido prestigio.

Para el desarrollo de la presente tarea se consultaron las siguientes fuentes de información:

- BEDCA (Base de Datos Española de Composición de Alimentos)
- Mataix et al., (1995), Tablas de composición de alimentos. Granada, España. Editorial Servicio de publicaciones de la Universidad de Granada. Campus Universitario de Cartuja.
- Roberto Rodríguez Madrera, Rosa Pando Bedriñana, Belén Suárez Valles. (2016). Enriquecimiento nutricional de la magaya con levaduras autóctonas. Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA. nº 17, pp. 46 - 50

VALOR	UNIDAD	MATRIZ			
		ARÁNDANO	KIWI	MAGAYA*	ZANAHORIA
Energía	Kcal	33/30	52/57	-	34/33
Grasa total	g	0,6/0,2	0,5/0,5	0,26	0,3/0,2
Proteína total	g	0,625/0,600	1,1/1,0	0,5	0,8/0,9
Hidratos de carbono	g	6,05/6,90	10,6/12,1	-	7,00/7,30
Fibra total	g	4,9/1,8	1,9/1,5	8,0	2,6/2,9
Fibra soluble	g	1,4/0,5	0,73/0,58	2,88	1,14/1,28
Fibra Insoluble	g	3,5/1,3	1,17/0,92	5,12	1,46/1,62
Vitamina A	µg	5,7/5,00	3/40	-/-	1346/1333
Vitamina D	µg	0/0	0/0	-/-	0/0
Vitamina E	mg	1,921/-	1,12/0,00	-/-	0,5/0,5
Riboflavina	mg	0,02/0,03	0,03/0,05	-/-	0,05/0,04
Tiamina	mg	0,02/0,03	0,01/0,02	-/-	0,1/0,5
Vitamina B-12	µg	0/0	0/0	-/-	0/0
Vitamina B-6	mg	0,06/0,05	0,15/0,00	-/-	0,20/0,15
Vitamina C	mg	22/17	59/94	-/-	7/6
Calcio	mg	10/12	25/32	-/-	42/41
Hierro	mg	0,74/0,50	0,4/0,6	-/-	0,3/0,7
Potasio	mg	78/3,0	290/314	-/-	286/260
Magnesio	mg	2,4/5,0	15/27	-/-	10/13
Fósforo	mg	13/88	35/35	-/-	16/37
Ioduro	µg	1/0	0,33/0,00	-/-	6,5/0,01
Selenio	µg	0,1/-	0,6/-	-/-	1,3/-
Zinc	mg	0,131/0,200	0,1/0,0	-/-	0,2/0,3

Tabla 5: Composición nutricional por 100 g

Fuente: BEDCA/José Mataix Verdú (ed.)/* Juan Carlos García Rubio. 2011. El cultivo del arándano en Asturias. España- Principado de Asturias. Revista SERIDA-Tecnología Agroalimentaria Nº 9. pp. 13-20

En este punto, comentar la dificultad hallada a la hora de encontrar datos bibliográficos relativos a la composición nutricional de la magaya; de ahí los valores de fibra total, fibra soluble, fibra insoluble, proteínas y grasas, únicamente encontrados.

Asimismo, se caracterizó bibliográficamente la capacidad antioxidante de las fuentes de destrío finalmente seleccionadas, haciendo referencia al contenido de polifenoles totales, con los siguientes resultados:

Para el desarrollo de la presente tarea se consultaron las siguientes fuentes de información:

- *CORFO-Chile*: Proyecto Innova 08CT11IUM-12
- *Juan Carlos García Rubio. 2011. El cultivo del arándano en Asturias. España-Principado de Asturias. Revista SERIDA-Tecnología Agroalimentaria Nº 9. pp. 13-20.
- D. Uurrea, V. Eim, C.Roselló, S.Simal. 2012. Modelos cinéticos de degradación de carotenoides, polifenoles y actividad antioxidante durante el secado convectivo de zanahoria (*Daucus carota* V. Nantesa). España-Palma de Mallorca. Vol 21, No 27 (2012), Revista Alimentos Hoy.

MATRIZ	UNIDADES	VALOR PROMEDIO
ARÁNDANO	mg ácido gálico/100 g	381,5*
KIWI	mg ácido gálico/100 g	172
MAGAYA	mg ácido gálico/100 g	95
ZANAHORIA	mg ácido gálico/100 g	135

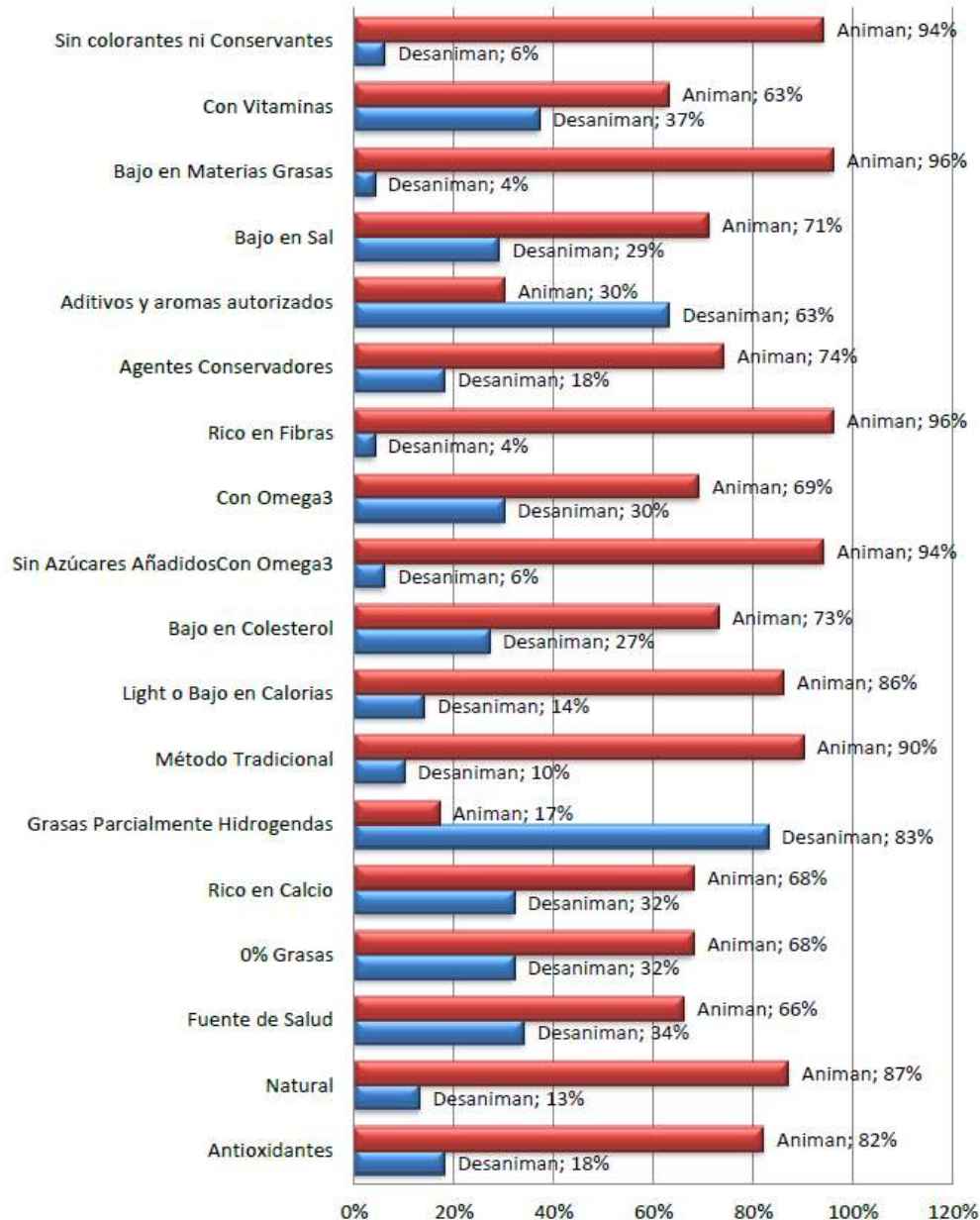
Tabla 6: Contenido total en polifenoles por 100 g de producto fresco

*Media de las 6 variedades cultivadas en Asturias (*Duke, Legacy, Bluecrop, Brigitta, Elliot y Liberty*)

Tarea 1.3. Posibles desarrollos de nuevos productos

En primer lugar se evaluó la percepción que tienen los consumidores españoles en relación a los alimentos funcionales y establecer las prioridades de compra de dichos alimentos en función de la alegación saludable y *slogan* a nivel publicitario y comercial.

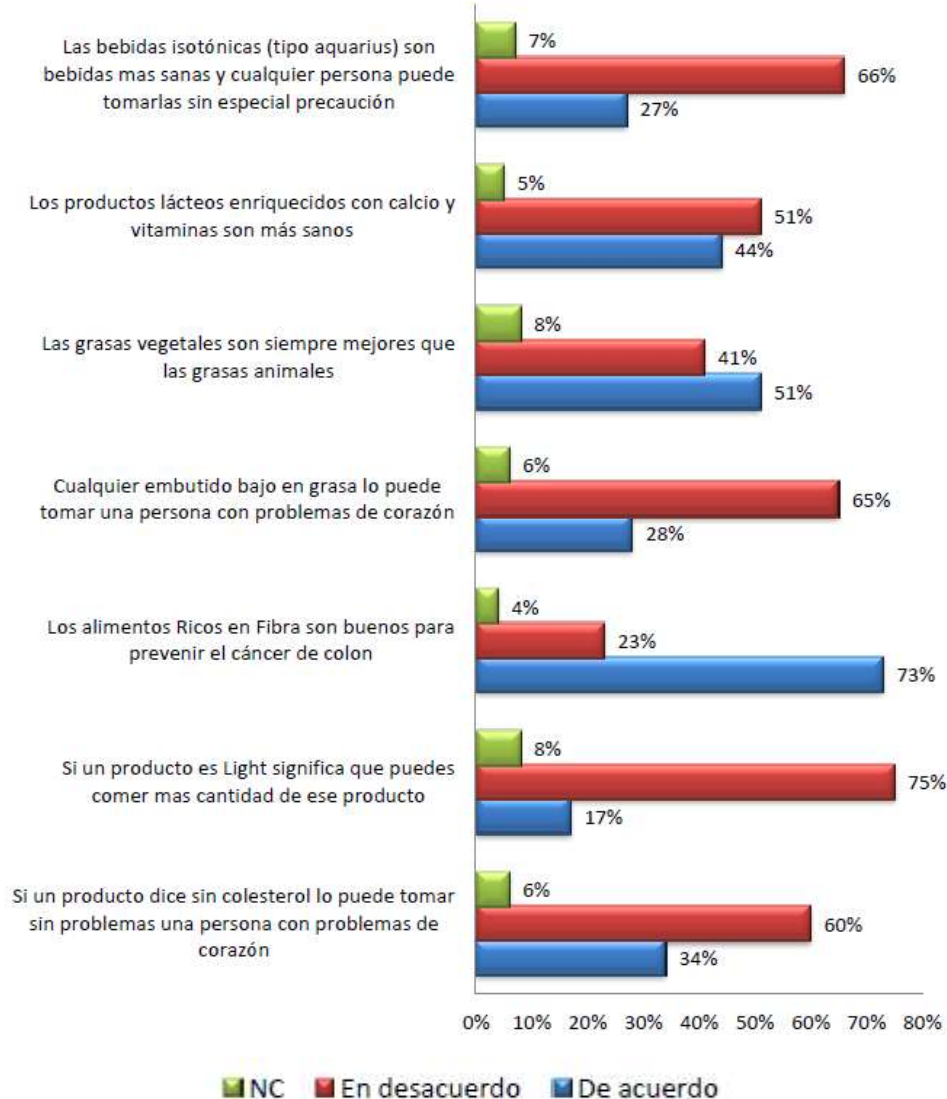
Tal y como muestra el Informe de 2015 de “Nuevos hábitos de compra y consumo de alimentos”, realizado a 750 participantes, por la Confederación española de organizaciones de amas de casa, consumidores y usuarios, las frases de los envases que animan a la compra de alimentos funcionales son “sin colorantes”, “bajo en materia grasa”, “sin azúcares añadidos” y rico en fibra, estando a la cabeza el “claim” de “Rico en fibra” con un 96 % de compradores/as que se animan a la compra de estos alimentos.



Gráfica 1: Ganchos de etiquetado

Fuente: 2015. CEACCU. Nuevo perfil del consumidor. Nuevos hábitos de compra y consumo. España-Madrid.

De esta forma, centrando el desarrollo de la presente tarea en las alegaciones relacionadas con el contenido en fibra, la percepción de la fibra como ingrediente saludable, en el marco de una alimentación variada y equilibrada, es que el 73 % de los 750 participantes encuestados confían en la recomendación de que el consumo de alimentos ricos en fibra son buenos para prevenir el cáncer de colon, tal y como muestra el Informe de 2015 de “Nuevos hábitos de compra y consumo de alimentos”, siendo ésta la segunda recomendación mejor aceptada.



Gráfica 2: Percepción de las alegaciones saludables

Fuente: 2015. CEACCU. Nuevo perfil del consumidor. Nuevos hábitos de compra y consumo. España-Madrid.

De igual forma, el informe del proyecto “FOODSME-HOP”, cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, a través del programa Interreg IVB SUDOE, en el que se fomenta la transferencia de tecnología desde las instituciones de I+D a las PYME en el área de alimentos saludables., revela que el principal foco de desarrollo de nuevos productos se centra en alegaciones reconocidas, siendo el “Top 3” las alegaciones digestivas (pre- y pro-bióticos, en donde se enmarca el contenido en fibra), la salud cardiovascular y el apoyo inmunológico.

Según Sally Lions Waytt vicepresidenta ejecutiva de IRI, consultora especializada en estudios de mercado en materia de consumo y alimentación, afirma que los consumidores cada muestran más interés en los *snacks*, priorizando los *snaks* saludables, que van ganando terreno y señala que el 48% de los consumidores prefieren *snacks* naturales y el 27% de los consumidores comen más *snacks* orgánicos que hace un año, alcanzando en 2014 el 71 % de alegaciones relacionadas con la fibra como alegaciones a tener en cuenta en materia de *snacks* por parte de los consumidores.

Asimismo, en el estudio elaborado por la consultora Nielsen, entre 30.000 consumidores en 60 países, se deduce que los consumidores están ampliando su abanico de posibilidades a la hora de tomar un picolabis o “picar” entre horas; cada vez se tienen más en cuenta los *snacks* saludables, ya que el 36% de los hogares sustituye la cena tradicional por un pequeño “picoteo” a base *snacks* y el 27% en el caso del almuerzo.

De acuerdo a toda la información recopilada, se observa una clara tendencia al auge en la compra y en consecuencia, en el consumo, de alimentos ricos en fibra y de alimentos en formato *snack* procedentes de materias primas naturales y fuente de fibra, tratando de esta manera centrar los posibles desarrollos de nuevos productos en alimentos enriquecidos en fibra y en alimentos en formato *snack* fuente de fibra.

Tarea 1.4. Caracterización analítica del destrío

A la vista de la información recopilada en las tareas anteriores sobre los hábitos de compra y consumo y las tendencias en alimentación funcional y saludable, en la que las alegaciones relacionadas con la fibra son ampliamente aceptadas y valoradas, se realizó la cuantificación analítica de composición nutricional de las cuatro fuentes de destrío finalmente seleccionadas, determinando para ello los macronutrientes grasa, proteína e hidratos de carbono y la composición de fibra, tanto soluble, como insoluble, con los siguientes resultados:

VALOR	UNIDAD	MATRIZ			
		ARÁNDANO	KIWI	MAGAYA	ZANAHORIA
Energía	Kcal	46	46	49	41
Grasa total	g/100 g	0,10	0,29	0,30	0,24
Proteína total	g/100 g	0,4	1,03	0,7	0,93
Hidratos de carbono	g/100 g	12,0	11,1	10,8	9,6
Fibra total	g/100 g	4,6	2,7	8,2	2,8
Fibra soluble	g/100 g	1,4	1,04	2,36	1,2
Fibra Insoluble	g/100 g	3,3	1,66	5,84	1,6

Tabla 7: caracterización analítica del destrío

Hito 2. Estrategias de transformación del destrío: subproductos y residuos

Tarea 2.1. Estudio de los procesos y operaciones científico-tecnológicas para la transformación del destrío

Para el desarrollo de la presente tarea se han consultado las siguientes fuentes de información:

- Linden, G, (1997), Bioquímica agroindustrial: revalorización alimentaria de la producción agrícola. Editorial Acribia.
- Campbell-Platt, G. (2017). Ciencia y tecnología de los alimentos. Editorial Acribia.
- Guy, R. (2002). Extrusión de los alimentos: Tecnología y aplicaciones. Editorial Acribia.
- Fellows, P. (2007). Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y práctica. Editorial Acribia.
- Wang L. K. y otros (2008). Tratamiento de residuos de la industria del procesado de alimentos. Editorial Acribia.
- Paola Alexandra Almeida Borja y María Natalia Zambrano Vidal. (2007). Elaboración de jugo, pasta y polvo de zanahoria. Proyecto previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial. Escuela Politécnica Nacional.
- Valeria S. Eim Iznardo. (2012). Optimización del proceso de secado en base a criterios de calidad. Aplicación al diseño de un alimento cárnico enriquecido en fibra alimentaria. Tesis doctoral UIB.
- Consultas técnicas a BÜCHI.
- Consultas técnicas a MASSÓ Analítica S.A.
- Consultas técnicas a CHEMLABOR, S.L.

Teniendo en cuenta que la fibra es el principal principio activo identificado a nivel nutricional como ingrediente o componente de gran aceptación por parte de los consumidores, en el marco de una alimentación saludable y que es un componente relativamente estable a la temperatura, el estudio de los posibles procesos de concentración de la fibra se centró en técnicas y tecnologías térmicas, ya que éstas son más inocuas y garantizan de forma inequívoca una máxima seguridad alimentaria, en comparación con las estrategias de concentración basadas en la extracción y fraccionamiento selectivo mediante disolventes orgánicos y digestiones ácido-base, las cuales requieren una posterior eliminación total del disolvente o compuesto empleado para la extracción de la fibra.

De esta forma se estudiaron tres técnicas de transformación del destrío para maximizar y concentrar el contenido de fibra: secado por atomización-instantaneización, secado por liofilización y concentración por extrusión.

- **ATOMIZACIÓN-INSTANTANEIZACIÓN**

Consiste, en líneas generales, en atomizar el material que se encuentra en estado líquido, ya sea como disolución o como dispersión, en forma de finas gotas sobre una corriente de gas calentado. Cuando las pequeñas gotas del líquido se ponen en contacto con el gas a mayor temperatura, se produce una rápida evaporación del disolvente quedando el residuo sólido seco intacto.

En la industria la obtención de productos en polvo a partir de materiales licuados o triturados se lleva a cabo por medio de un proceso de secado por atomización. El proceso de secado por atomización es capaz de transformar una disolución, una emulsión, una suspensión o una dispersión líquida en un producto totalmente seco y estable. Inicialmente el líquido se introduce en el equipo por medio de una bomba y se atomiza, a continuación se elimina el disolvente por medio de una corriente de aire caliente,

y como paso final los equipos utilizados en la industria presentan compartimentos de deposición de estas partículas para que al final sean recogidos en un vaso o recipiente cerrado.

El secado por atomización es un método de gran importancia y con una gran variedad de diferentes aplicaciones. Es una técnica perfectamente adecuada para el secado rápido y total de productos para obtener una matriz final concentrada en forma de polvo. Presenta un eficiente rendimiento de trabajo, con tiempos de saneamiento muy cortos, y con una gran flexibilidad de trabajo gracias a las diferentes geometrías de los cilindros de atomización.

Es totalmente adecuado para la obtención de extractos naturales, el aislamiento de principios activos alimentarios y farmacéuticos de alta eficacia o la microencapsulación de ingredientes activos para lograr una mejor estabilidad y liberación progresiva de éstos.

Los campos de aplicación de la técnica de atomización-instanteización son desde la pulverización de, hasta el cambio de estructura, secado por suspensión, aglomeración, condensación, cambio de tamaño de partículas, recubrimiento de partículas, inmovilización de materiales solubles en una matriz determinada y la microencapsulación.

Teniendo en cuenta que la fibra, como ingrediente funcional activo, es muy estable a la temperatura, la concentración de ésta por atomización es perfectamente viable y adecuada, resultando además un proceso muy versátil ya que no sólo se podría obtener la fibra concentrada en forma de polvo para su posterior incorporación en alimentos y en consecuencia, su enriquecimiento, sino que también se podría microencapsular ésta, para que la incorporación sea más ventajosa en cuanto a la no modificación de la textura del alimento a enriquecer y la protección de ésta frente a hostiles características intrínsecas de la matriz objeto de enriquecimiento como pudiera ser un pH ácido, el cual podría degradar la fibra incorporada.

Las principales ventajas del secado por atomización son:

1. Control de los parámetros de calidad del producto así como especificaciones concretas.
2. Los alimentos sensibles al calor (no es el caso de la fibra), los productos biológicos, y los productos farmacéuticos también se pueden secar a presión atmosférica y a bajas temperaturas. A veces, se emplea la atmósfera inerte.
3. El secado por atomización permite la producción de grandes cantidades en la operación continua y con un equipo relativamente simple.
4. El producto entra en contacto con las superficies del equipo en condiciones anhidras, simplificando así los problemas de la corrosión y de selección de materiales costoso en la construcción del equipo.
5. Produce partículas relativamente uniformes, esféricas y con casi la misma proporción de compuestos que en la alimentación líquida.
6. Puesto que la temperatura de funcionamiento del gas puede extenderse de 150 a 600° C, la eficacia es comparable a la de otros tipos de secadores directos.

Las desventajas del secado por atomización son:

1. Falla si se requiere un producto a granel de muy alta densidad.

2. En general no es flexible. Una unidad diseñada para la atomización fina puede no poder producir un producto grueso, y viceversa.

3. Para una capacidad dada, se necesita generalmente una evaporación mayor que con otros tipos de secadores.

La tecnología de atomización para la obtención de concentrados en forma de polvo está ampliamente afianzada en la industria alimentaria (y farmacéutica) por lo que es una tecnología muy adecuada para el fin y objetivos planteados en el presente proyecto.

- **LIOFILIZACIÓN**

La liofilización es un proceso que tiene como objetivo separar el agua (u otro solvente) de una disolución mediante congelación y posterior sublimación del hielo a presión reducida. La liofilización es el proceso más suave para secar productos y es el mejor método para secar compuestos orgánicos o inorgánicos sin alterar su composición cualitativa o cuantitativa. El proceso de liofilización se realiza a vacío y a baja temperatura y así, por ejemplo, es posible evitar la desnaturalización de las proteínas o mantener intactas estructuras bioquímicas. Los alimentos se convierten en productos secos, evitando el paso por su fase líquida, y en consecuencia los indeseables cambios enzimáticos, biológicos y químicos.

La liofilización se basa en el fenómeno físico de la sublimación del agua (o bien de un disolvente orgánico o de mezclas acuoso-orgánicas que estén congeladas, que no es el caso que nos concierne); el disolvente congelado sublima directamente a vapor sin pasar por el estado líquido. En este caso, al trabajar con alimentos, el disolvente a eliminar es agua.

El proceso de liofilización puede describirse en cuatro fases:

CONGELACIÓN: Se debe congelar rápidamente el producto a una temperatura por debajo de su punto eutéctico (la temperatura más baja a la que puede fundir una mezcla de sólidos con una composición dada).

TRATAMIENTO A VACÍO: Es preciso eliminar el aire y otros vapores no condensables de la cámara a fin de facilitar la migración del vapor.

CALENTAMIENTO: Habitualmente se trabaja a temperatura ambiente, pero si es necesario, se puede calentar la muestra congelada con mucho cuidado para acelerar el proceso de secado. Esta fase no es conveniente si los productos pueden variar sus propiedades por encima de la temperatura ambiente.

CONDENSACIÓN (O SUBLIMACIÓN INVERSA): Fijación de las moléculas de agua en forma de hielo sobre la superficie del condensador del liofilizador.

El objetivo de la liofilización es obtener un producto seco, que cuando se le vuelve a añadir agua o disolvente, presente las mismas características que el producto original (forma, color, aroma, sabor y textura). La liofilización reduce las pérdidas de calidad debidas al deterioro de la muestra por reacciones químicas o por degradación enzimática.

Las principales ventajas de la liofilización son:

1. Se obtienen productos que se pueden volver a regenerar muy rápidamente.
2. La forma y características del producto final son esencialmente las originales.

3. Es un proceso idóneo para secar sustancias termolábiles.

4. Los constituyentes oxidables están protegidos.

5. El contenido de humedad final es muy bajo.

A pesar de todo, la liofilización presenta algunos inconvenientes, como puede ser la larga duración de la operación, el coste elevado de los equipos, instalaciones y mantenimiento, así como el gran consumo energético requerido (están funcionando continuamente).

La tecnología de la liofilización está perfectamente afianzada en la industria alimentaria, pudiendo ser una tecnología complementaria a la atomización-instantaneización debido a que en este caso las muestras pueden presentar valores de densidad extremos, que no son adecuados para procesar mediante la atomización-instantaneización.

- **EXTRUSIÓN**

El proceso de extrusión de alimentos es una forma de cocción rápida (y en consecuencia de deshidratación parcial, no total), continua y homogénea. Mediante este proceso mecánico de inducción de energía térmica y mecánica, se aplica al alimento procesado alta presión y temperatura (en el intervalo de 100-180° C), durante un breve espacio de tiempo. Como resultado, se producen una serie de cambios en la forma, estructura y composición del producto.

Debido a la intensa ruptura y mezclado estructural que provoca este proceso, se facilitan reacciones que, de otro modo, estarían limitadas por las características difusionales de los productos y reactivos implicados. Este tipo de técnicas, se emplea generalmente para el procesamiento de alimentos de textura modificada y novedosa; asimismo, se trata de un proceso que opera de forma continua, de gran versatilidad y alto rendimiento productivo.

La tecnología de extrusión abre nuevas posibilidades para el procesamiento de matrices alimentarias con dos vías de actividad:

1. Desarrollo de alimentos mediante tecnología de extrusión. La extrusión puede modificar distintos materiales alimenticios para producir una diversidad de nuevos productos en distintos sectores (alimentación animal, acuicultura, snacks y aperitivos, cereales para desayuno, productos para confitería, alimentación infantil, análogos de carne, etc.); asimismo, se trata de una actividad compatible con otras aplicaciones de mejora de los productos existentes (sensoriales, nutricionales, ingredientes funcionales, estabilidad, etc.), o con actividades de valoración de la aptitud de nuevos ingredientes, al procesamiento mediante extrusión.

2. Mejora de las propiedades funcionales de matrices vegetales mediante extrusión. Los recientes avances en tecnologías de procesamiento están permitiendo el desarrollo de nuevos ingredientes que favorecen las cualidades de distintos alimentos, al mejorar sus propiedades emulsificantes, la capacidad de retención de agua, modificación de textura y aroma, etc. En este sentido, el procesamiento mediante extrusión permite por ejemplo, la texturización de proteínas para el desarrollo de extensores y sustitutivos cárnicos, así como la producción de alimentos vegetales con elevadas concentraciones de fibra.

En cuanto a las ventajas de la extrusión y los resultados que se pueden obtener está que afecta

directamente a la estructura y composición de las fracciones proteicas y grasas de los productos elaborados. En este sentido, se producen cambios estructurales en las proteínas (desnaturalización, formación de enlaces disulfuro no covalentes, etc.), que provocan cambios en sus propiedades funcionales (solubilidad, emulsificación, gelificación y texturización). Por tanto, la tecnología se puede aplicar para: mejorar o modificar parte de estas propiedades funcionales., inducir la formación de complejos lípidos-carbohidratos, que mejoran la textura y sus características sensoriales, o desnaturalizar e inactivar factores antinutricionales mejorando su aptitud posterior para el desarrollo de nuevos productos, como en el caso de matrices vegetales de alto valor nutritivo pero con altas concentraciones de estos factores.

La técnica de la extrusión está totalmente implantada en la industria alimentaria en la producción de *snacks* a base de cereales, sin embargo presenta un amplísimo potencial en el desarrollo de *snacks* a base de matrices hortofrutícolas con elevadas características funcionales y saludables.

Tarea 2.2. Estudio de la maquinaria y equipamiento para la transformación del destrío

Para el desarrollo de la presente tarea se han consultado las siguientes fuentes de información:

- Consultas técnicas a BÜCHI
- Consultas técnicas a MASSÓ Analítica S.A.
- Consultas técnicas a CHEMLABOR, S.L.
- Consultas técnicas a THERMO FISHER SCIENTIFIC
- Consultas técnicas a VWR
- Consultas técnicas a CLEXTRAL
- Consultas técnicas a TECNOSA
- Consultas técnicas a BRABENDER
- Consultas técnicas a BAKER PERKINS
- Consultas técnicas a SACMI IBÉRICA
- Consultas técnicas a KEMOLO
- Consultas técnicas ATOPOLS
- Consultas técnicas Instalaciones GRAU
- Consultas técnicas GEA
- Consultas técnicas a TELSTAR

De acuerdo a las técnicas y tecnologías estudiadas de atomización, liofilización y extrusión, la maquinaria y equipamiento asociado a cada una de las tecnologías indicadas, respectivamente son:

ATOMIZADOR

Para el caso de los atomizadores el estudio se centró en atomizadores experimentales para pruebas de

desarrollo en piloto y atomizadores industriales para el posterior escalado:

PARÁMETRO	PILOTO*	INDUSTRIAL**
Potencia calefacción	2,3 KW	187 KW
Rendimiento evaporador	1 L/h	16 L/h
Caudal aire	350 Kg/h	4280 Kg/h
Tiempo residencia	1,0-1,5 seg	20 seg
Tipo boquilla	Spray	Rotatoria
Tamaño partícula	0,7µm	20-30 µm

Tabla 8: Especificaciones técnicas atomizadores

*Datos basados en equipos BÜCHI/**Datos basados en equipos ATOPOLS/GRAU/SACMI

LIOFILIZADOR

De igual forma que para los atomizadores, para los liofilizadores también se estudiaron a nivel piloto y a nivel industrial:

PARÁMETRO	PILOTO*	INDUSTRIAL**
Capacidad condensador hielo	5-6 Kg/h	30-300 Kg/h
Temperatura condensador	-55° C / -85° C	-75° C
Nº compresores	1-2	6-10
Potencia	1,1-1,4 KW	12-230 KW

Tabla 9: Especificaciones técnicas liofilizadores

*Datos basados en equipos TELSTAR/**Datos basados en equipos TELSTAR/GEA/KEMOLO

EXTRUSORA

De igual forma que para los atomizadores y que para los liofilizadores, las extrusoras también se estudiaron a nivel piloto t a nivel industrial:

PARÁMETRO	PILOTO*	INDUSTRIAL**
Diámetro de husillo	19 mm (máx)	80 mm (máx)
Longitud del cañón (L/D)	48 (máx)	20 (máx)
Potencia	16 KW (máx)	206 KW (máx)
Velocidad del tornillo	350 min ⁻¹ (máx)	1000 min ⁻¹ (máx)
Caudal	50 Kg/h (máx)	2900 Kg/h (máx)
Temperatura máx barril	400° C (máx)	400° C (máx)

Tabla 10: Especificaciones técnicas extrusoras

*Datos basados en equipos BRABENDER/**Datos basados en equipos BRABENDER/BAKER PERKINS

Hito 3. Transformación del destrío

Tarea 3.1. Operaciones preliminares para la obtención del producto intermedio en forma de concentrado de fibra

Teniendo en cuenta que el estudio de las tecnologías de atomización, liofilización y extrusión presentan características y especificaciones perfectamente asequibles para la transformación del destrío y en consecuencia para alcanzar los objetivos previstos, estas tres tecnologías fueron las seleccionadas para comenzar con las operaciones preliminares para la obtención del producto intermedio en forma de concentrado de fibra.

Para la obtención de un concentrado de fibra, se testaron las siguientes tecnologías, bajo la siguiente metodología y con los siguientes resultados:

	OBTENCIÓN DE UN CONCENTRADO DE FIBRA		
	ATOMIZACIÓN	LIOFILIZACIÓN	EXTRUSIÓN
KIWI	X	X	
ARÁNDANO	X		
ZANAHORIA	X	X	
MAGAYA	X		

Tabla 11: Operaciones preliminares testadas para la obtención del producto intermedio en forma de concentrado de fibra

1.- KIWI

La metodología empleada para las pruebas de atomización del kiwi fue la siguiente:

1. Se seleccionaron kiwis de dos categorías de destrío (procedente de una empresa asturiana concreta productora de kiwi), kiwi pequeño (< 65 g) y kiwi “descatalogado” (> 145 g), de acuerdo al Reglamento (CE) Nº 1673/2004 de 24 de Septiembre de 2004 por el que se establece la norma de comercialización aplicable a los kiwis en la UE.



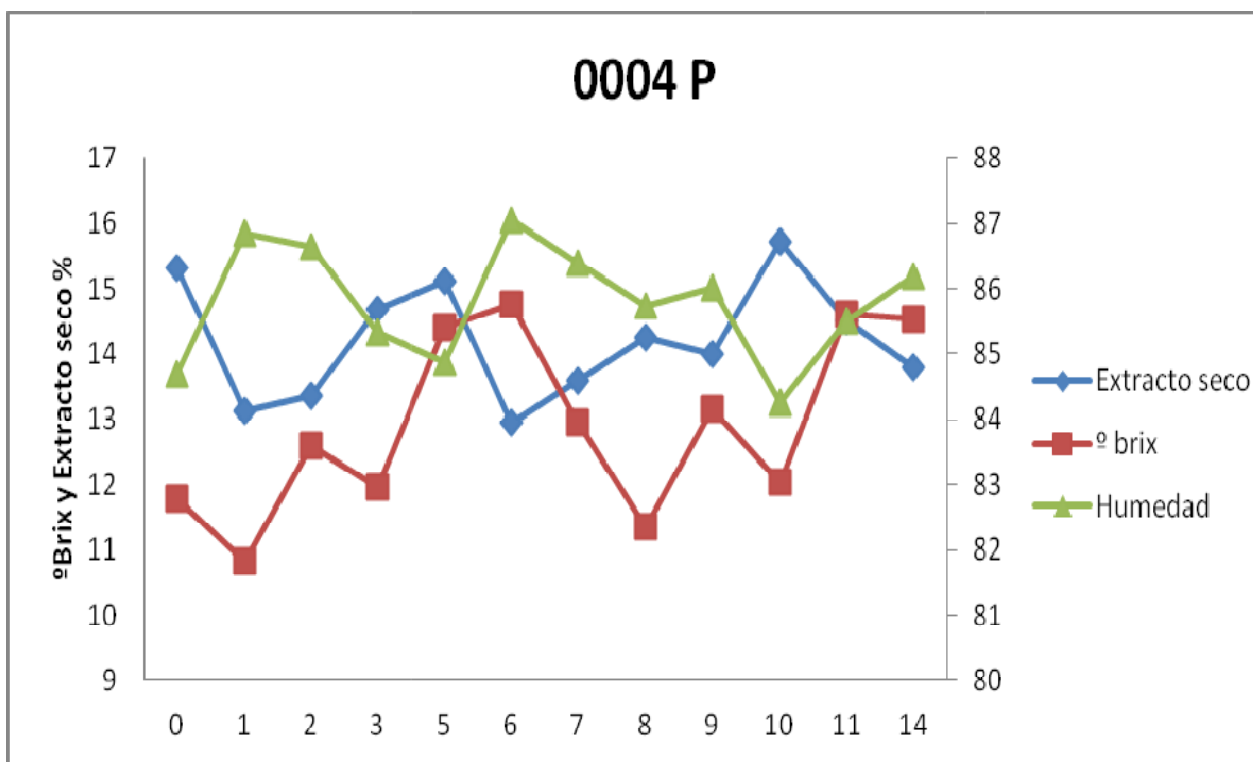
Imagen 1: kiwi pequeño y kiwi descatalogado

2. Se evaluó el porcentaje de sólidos solubles a lo largo del tiempo, mediante un refractómetro ATAGO PAL 3, hasta obtener un valor comprendido entre 12,0-13,0° brix como valor apropiado

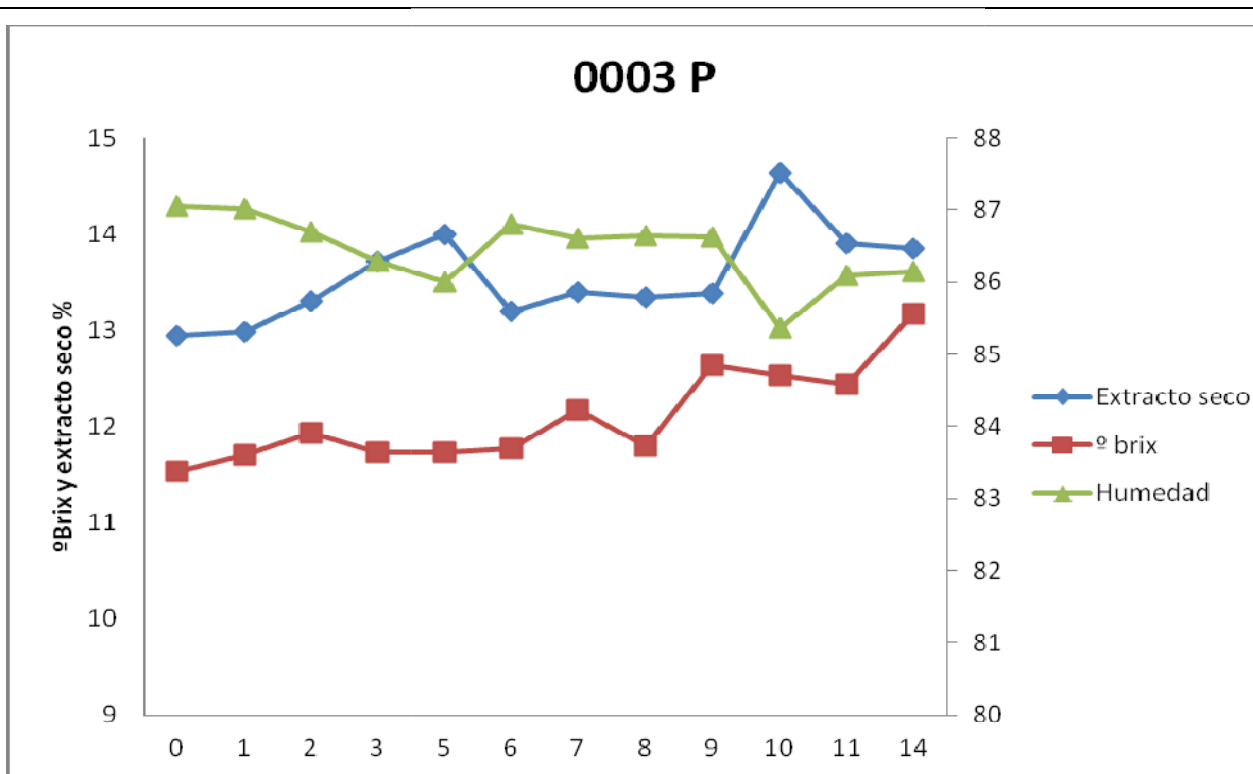
de madurez. También se evaluó el % de humedad y el % de residuo de seco.



Imagen 2: medición del porcentaje de sólidos solubles



Gráfica 3: Evolución del grado brix kiwi pequeño



Gráfica 4: Evolución del grado brix kiwi descatalogado

- Se licuaron los kiwis con una prensa en frío para obtener por un lado la fracción insoluble y por otro la fracción soluble.



Imagen 3: Prensa/Fracción soluble/Fracción insoluble

- La fracción insoluble se liofilizó y la fracción soluble se atomizó con equipo BÜCHI Mini Spray B-290.



Imagen 4: Filtración kitasato/atomización

De esta manera se obtuvieron diferentes dos concentrados preliminares en forma de polvo de fibra soluble de kiwi (mediante atomización) y un concentrado preliminar en forma de polvo de fibra insoluble de kiwi (liofilizado).



Imagen 5: Fibra soluble atomizada

2.- ARÁNDANO

La metodología seguida para la obtención de un concentrado de fibra utilizando el arándano de destrío, bajo la tecnología de la atomización fue la siguiente:

1. Selección del arándano categorizado como destrío: se seleccionaron arándanos asturianos de destrío de una empresa con fincas propias de producción y comercializadora de arándano fresco (entre otros productos de arándano) con calibre inferior a 14 mm, de acuerdo a la Resolución de 28 de abril de 2016, de la Consejería de Desarrollo Rural y Recursos Naturales, por la que se aprueba el Pliego de Condiciones del arándano para el uso de la Marca "Alimentos del Paraíso Natural.



Imagen 6: Destrío de arándano

2. Triturado del arándano



Imagen 7: Triturado, tamizado y obtención de masa homogénea

3. Atomización de la muestra con equipo BÜCHI Mini Spray B- 290.



Imagen 8: Fibra de arándano atomizada

3.- ZANAHORIA

La metodología empleada para las pruebas de atomización de la zanahoria fue la siguiente:

1. Acopio de zanahoria procedente de destrío en cuanto al no cumplimiento del calibre y aspecto, fundamentalmente (procedente de cooperativas del sector).
2. Triturado y cocción de las zanahorias a diferentes tiempos de cocción a temperatura de ebullición.
3. Decantación y prensado sobre un tamizador Robot Copué C200 para separación de la fracción acuosa de la fracción sólida.



Imagen 9: Tamizador Robot Coupé C200

4. Dsecación por atomización mediante un atomizador BÜCHI Mini Spray B-290.

Asimismo, se ensayó la posibilidad de blanquear el atomizado de fibra, para atenuar el color propio de la zanahoria.



Imagen 10: Muestra de polvo de zanahoria blanqueada

Por otra parte, las muestras de destrío de zanahoria fueron liofilizadas, previo rallado de las mismas para aumentar la superficie de exposición a liofilizar y que en consecuencia el proceso fuera más eficiente. Una vez finalizado el proceso de liofilización, se sometió la muestra a un triturado intenso, mediante una Cutter KILIA hasta obtener un polvo de zanahoria totalmente deshidratado.

4.- MAGAYA

En primer lugar se recolectó magaya procedente de diversas empresas productoras de sidra una vez el prensado de la manzana concluyó.

La metodología seguida para las pruebas de atomización fue la siguiente:



Imagen 11: Magaya y fibra de magaya atomizada

1. Picado de de la magaya en *Cutter* marca KILIA, de 50 L, hasta alcanzar un polvo uniforme.
2. Congelación a -18°C y segundo picado en *Cutter*.
3. Dsecación por atomización mediante un atomizador BÜCHI Mini Spray B-290.

Tarea 3.2. Operaciones preliminares para la obtención de nuevos productos finales fuente de fibra: *snacks*

Para la obtención de *snacks* fuente de fibra, se testaron las siguientes tecnologías, bajo la siguiente metodología y con los siguientes resultados:

	OBTENCIÓN DE <i>SNACKS</i> FUENTE DE FIBRA		
	ATOMIZACIÓN	LIOFILIZACIÓN	EXTRUSIÓN
KIWI		X	X
ARÁNDANO		X	X
ZANAHORIA		X	
MAGAYA		X	X

Tabla 12: Tecnologías testadas para la obtención de *snacks*

1.- KIWI

• POR EXTRUSIÓN

La fracción insoluble obtenida del licuado del destrío de kiwi y kiwi descatalogado se trató de extrusionar en caliente, por extrusión directa, con una extrusora monohusillo, marca Brabender, modelo KE 19. La secuencia de fases, formulaciones y proceso de extrusión ensayados se muestran a continuación:

1. Picado de la fracción insoluble del licuado del kiwi en *Cutter* marca KILIA, de 50 L de capacidad.
2. Mezclado de la fracción insoluble del licuado del kiwi junto con sémola de maíz en amasadora marca CATO, modelo AV 50.

3. Extrusión de la mezcla en extrusora monohusillo, marca Brabender, modelo KE 19



Imagen 12: Extrusión de *snack* de kiwi

• POR LIOFILIZACIÓN

En este caso se trató de revalorizar el “residuo” de kiwi de destrío (kiwi pequeño (< 65 g) y kiwi “descatalogado” (> 145 g)), que una empresa procesa para la obtención de zumo de kiwi. Tras el prensado-licuado del kiwi, el residuo que queda se compone de piel de kiwi y parte de pulpa, tratando de esta manera, revalorizar ya no sólo el destrío de kiwi por calibre, sino incluso el residuo que queda de ese destrío tras su procesado:



Imagen 13: Licuado de kiwi para obtención de zumo y el residuo valorizable

Se realizaron pruebas de obtención de un *snack* de kiwi mediante la técnica de extrusión, de acuerdo a la siguiente metodología.

1. Picado intenso del residuo de kiwi, procedente del prensado-licuado de éste para la obtención de zumo, en *Cutter*, marca KILIA 50 L

2. Cocción en marmita con agitación
3. Adición de los agentes de textura
4. Cocción
5. Moldeado
6. Liofilización en liofilizador marca TELSTAR, modelo LYOQUEST -85 PLUS ECO.



Imagen 14: *Snack* de kiwi liofilizado

2.- ARÁNDANO

- **POR EXTRUSIÓN**

Se ensayó la obtención de un *snack* de arándano mediante la técnica de extrusión, de acuerdo a la siguiente metodología:

1. Recoger destrío de arándano, procedente de cooperativas del sector, de calibre inferior a 14 mm.



Imagen 15: Destrío de arándanos y detalle defecto

2. Someterlo a un picado intenso mediante túrmix



Imagen 16: Picado destrío arándano

3. Formulación de diferentes preparados a base de arándano picado, con diferentes agentes de textura:
4. Extrusión de la mezcla, con extrusora marca BRABENDER, modelo KE 19.

Los resultados se muestran a continuación, obteniendo un *snack* a base de arándano procedente de destrío.



Imagen 17: *Snack* mejor aceptado (85:10:5) con 1 cm de boquilla y 165° C de horneado

- **POR LIOFILIZACIÓN**

Se ensayó la obtención de *snack* de arándano mediante la técnica de liofilización, de acuerdo a la siguiente metodología de trabajo:

1. Recoger destrío de arándano facilitado (procedentes de cooperativas del sector)
2. Cocción
3. Adición, durante la etapa de cocción, de los agentes de textura.
4. Cocción
5. Moldeado
6. Liofilización en liofilizador marca TELSTAR, modelo LYOQUEST -85 PLUS ECO.

7. Envasado



Imagen 18: Detalle del alveolado y snack de arándano liofilizado

3.- ZANAHORIA

• COMBINACIÓN DE EXTRUSIÓN Y LIOFILIZACIÓN

Se ensayó la obtención de un *snack* de zanahoria, mediante la técnica de extrusión en frío (sin cocción directa) y posterior liofilización, de acuerdo a la siguiente metodología:

1. Acopio de zanahoria, procedente del destrío por calibre.
2. Corte de las zanahorias en rodajas de aproximadamente 1 cm de grosor
3. Cocción con agitación imantada en agitador de laboratorio



Imagen 19: cocción de zanahoria

4. Picado intenso con túrmix industrial
5. Extrusión fría (sin cocción directa) con extrusora de pistón de fabricación para pruebas en piloto



Imagen 20: extrusión en frío de zanahoria

6. Liofilización en liofilizador marca TELSTAR, modelo LYOQUEST -85 PLUS ECO.

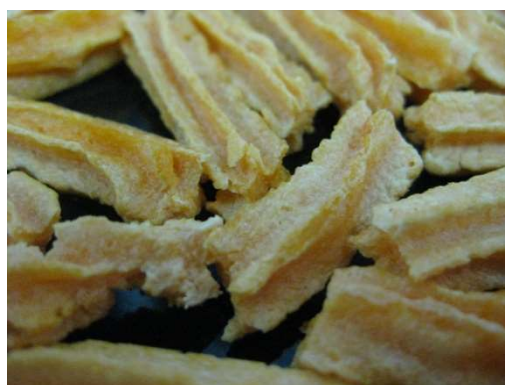


Imagen 21: snack de zanahoria y detalle se snack de zanahoria extruido y liofilizado

4.- MAGAYA

- **POR EXTRUSIÓN**

Se ensayó la obtención de un *snack* a base de magaya, obtenida de un Llagar, tras el prensado de la manzana, mediante la técnica de extrusión con cocción directa, con una amasadora extrusora marca LLEAL, modelo AME-7, de acuerdo a la siguiente metodología:

1. Acopio de la magaya y almacenamiento en congelación.
2. Picado de la magaya en *Cutter*, marca KILIA, de 50 L, hasta la obtención de un polvo fino.
3. Formulación de la magaya picada con un *carrier*
4. Amasado y extrusión de la mezcla



Imagen 22: extrusión de snack de magaya y detalle del alveolado

- **POR LIOFILIZACIÓN**

Se ensayó la obtención de un *snack* a base de magaya, obtenida de un Llagar, tras el prensado de la manzana, mediante la tecnología de liofilización, con un liofilizador marca TELSTAR, modelo LYOQUEST - 85 PLUS ECO, según la siguiente metodología:

1. Acopio de la magaya y almacenamiento en congelación.
2. Picado de la magaya en *Cutter*, marca KILIA, de 50 L, hasta la obtención de un polvo fino.
3. Formulación de la magaya picada con diferentes proporciones de agentes de textura.
4. Cocción de la formulación en cocedero
5. Moldeado
6. Liofilización en liofilizador marca TELSTAR, modelo LYOQUEST -85 PLUS ECO.



Imagen 23: liofilización de *snack* de magaya y detalle del *snack*

Hito 4. Caracterización del destrío transformado

Tarea 4.1. Caracterización analítica preliminar del producto intermedio en forma de concentrado de fibra

Para todas las pruebas realizadas y para todos los productos obtenidos en las tareas 3.1 y 3.2 se procedió a la determinación analítica de los mismos parámetros cuantificados en la tarea 1.4. Tal y como se comenta en la tarea 1.4, la información recopilada en tareas anteriores arrojó que las alegaciones relacionadas con la fibra eran las alegaciones de mayor aceptación y conocimiento por parte de los consumidores, mostrando una tendencia de compra al auge de productos fuente de fibra y/o enriquecidos en fibra; de esta manera y siguiendo el mismo planteamiento que en la tarea 1.4, se determinó la concentración de los macronutrientes Grasa total, Proteína total, Hidratos de carbono, Fibra total, Fibra soluble y Fibra Insoluble.

VALOR	UNIDA D	MATRIZ							
		Polvo kiwi atomizado	Polvo kiwi liofilizado	Polvo kiwi atomizado y lavado	Polvo arándano atomizado	Polvo zanahoria atomizada	Polvo zanahoria blanqueada atomizada	Polvo zanahoria liofilizada	Polvo magaya atomizado
Energía	Kcal	85	36	72	57	34	34	32	30
Grasa total	g/100 g	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3
Proteína total	g/100 g	2,5	3,8	2,1	0,7	3,0	3,2	3,3	0,7
Hidratos de carbono	g/100 g	18	5	13	14,5	4,6	4,4	4,6	6,2
Fibra total	g/100 g	85	88	69	24	92	92	90	80
Fibra soluble	g/100 g	79	19	64	18	12	12	14	12
Fibra insoluble	g/100 g	6	69	5	6	80	80	78	68

Tabla 13: Caracterización composición nutricional destrío procesado en forma de concentrado de fibra

Asimismo, para los concentrados preliminares de fibra se evaluó la aptitud higiénico-sanitaria con los siguientes resultados:

VALOR	UNIDA D	MATRIZ							
		Polvo kiwi atomizado	Polvo kiwi liofilizado	Polvo kiwi atomizado y lavado	Polvo arándano atomizado	Polvo zanahoria atomizada	Polvo zanahoria blanqueada atomizada	Polvo zanahoria liofilizada	Polvo magaya atomizado
Aerobios mesófilos	ufc/g	< 10	< 10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Enterobacterias	ufc/g	< 10	< 10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Bacterias ácido lácticas	ufc/g	< 10	< 10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Mohos	ufc/g	< 10	< 10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Levaduras	ufc/g	< 10	< 10	<10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10

Tabla 14: Caracterización microbiológica de *snacks* procesado en forma de concentrado de fibra

Tarea 4.2. Caracterización analítica preliminar de los *snacks*

Para todas las pruebas de *snacks* realizadas se procedió a la determinación analítica de los mismos parámetros cuantificados en la tarea 1.4. Tal y como se comenta en la tarea 1.4, la información recopilada en tareas anteriores arrojó que las alegaciones relacionadas con la fibra eran las alegaciones de mayor aceptación y conocimiento por parte de los consumidores, mostrando una tendencia de compra al auge de productos fuente de fibra y/o enriquecidos en fibra; de esta manera y siguiendo el mismo planteamiento que en la tarea 1.4, se determinó la concentración de los macronutrientes Grasa total, Proteína total, Hidratos de carbono, Fibra total, Fibra soluble y Fibra Insoluble

VALOR	UNIDAD	MATRIZ: KIWI				
		Extruido Formula 1	Extruido Formula 2	Extruido Formula 3	Liofilizado Fórmula 1	Liofilizado Fórmula 2
Energía	Kcal	370	325	311	385	379
Grasa total	g/100 g	1,8	1,5	1,3	1,7	1,6
Proteína total	g/100 g	7,6	7,1	6,9	6,7	6,2
Hidratos de carbono	g/100 g	77	74	81	79	75
Fibra total	g/100 g	4,2	4,1	3,8	3,8	3,9
Fibra soluble	g/100 g	2,2	2,0	2,7	2,6	2,8
Fibra insoluble	g/100 g	2,0	2,1	1,1	1,2	1,1

Tabla 15: composición nutricional *snacks* de kiwi

VALOR	UNIDAD	MATRIZ: ARÁNDANO					
		Extruido Formula 1	Extruido Formula 2	Extruido Formula 3	Extruido Formula 4	Liofilizado Fórmula 1	Liofilizado Fórmula 2
Energía	Kcal	389	381	372	370	375	369
Grasa total	g/100 g	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Proteína total	g/100 g	1,9	1,9	1,6	1,7	1,7	1,7
Hidratos de carbono	g/100 g	91,2	91,0	90,6	90,2	90,9	89,6
Fibra total	g/100 g	2,5	2,8	3,1	3,2	3,2	3,2

Fibra soluble	g/100 g	2,1	2,2	2,9	2,8	2,9	2,8
Fibra insoluble	g/100 g	0,4	0,6	0,2	0,4	0,3	0,4

Tabla 16: composición nutricional *snacks* de arándano

VALOR	UNIDAD	MATRIZ: ZANAHORIA
		Extruido-Liofilizado
Energía	Kcal	341
Grasa total	g/100 g	1,5
Proteína total	g/100 g	8,1
Hidratos de carbono	g/100 g	80
Fibra total	g/100 g	23,6
Fibra soluble	g/100 g	15,8
Fibra insoluble	g/100 g	7,8

Tabla 17: composición nutricional *snacks* de zanahoria

VALOR	UNIDAD	MATRIZ: MAGAYA						
		Extruido Formula 1	Extruido Formula 2	Extruido Formula 3	Liofilizado Formula 1	Liofilizado Fórmula 2	Liofilizado Fórmula 3	Liofilizado Fórmula 4
Energía	Kcal	361	352	346	95	102	146	159
Grasa total	g/100 g	1,6	1,6	1,3	0,2	0,2	0,8	0,9
Proteína total	g/100 g	7,1	6,9	6,1	0,4	0,4	1,1	1,2
Hidratos de carbono	g/100 g	62	59	50	19	21	32	36
Fibra total	g/100 g	5,2	6,1	6,9	8,0	8,0	6,1	6,1
Fibra soluble	g/100 g	1,4	2,0	2,4	2,4	2,4	2,0	1,9
Fibra insoluble	g/100 g	3,8	4,1	4,5	5,6	5,6	4,1	4,2

Tabla 18: composición nutricional *snacks* de magaya

VALOR	UNIDAD	MATRIZ: KIWI				
		Extruido Formula 1	Extruido Formula 2	Extruido Formula 3	Liofilizado Fórmula 1	Liofilizado Fórmula 2
Aerobios mesófilos	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10
Enterobacterias	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10
Bacterias ácido lácticas	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10
Mohos	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10
Levaduras	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10

Tabla 19: Análisis microbiológicos *snacks* de kiwi

VALOR	UNIDAD	MATRIZ: ARÁNDANO					
		Extruido Formula 1	Extruido Formula 2	Extruido Formula 3	Extruido Formula 4	Liofilizado Fórmula 1	Liofilizado Fórmula 2
Aerobios mesófilos	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Enterobacterias	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bacterias ácido lácticas	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Mohos	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Levaduras	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabla 20: Análisis microbiológicos *snacks* de arándano

VALOR	UNIDAD	MATRIZ: ZANAHORIA
		Extruido-Liofilizado
Aerobios mesófilos	ufc/g	<10
Enterobacterias	ufc/g	<10
Bacterias ácido lácticas	ufc/g	<10
Mohos	ufc/g	<10
Levaduras	ufc/g	<10

Tabla 21: Análisis microbiológicos *snacks* de zanahoria

VALOR	UNIDAD	MATRIZ: MAGAYA						
		Extruido Formula 1	Extruido Formula 2	Extruido Formula 3	Liofilizado Formula 1	Liofilizado Fórmula 2	Liofilizado Fórmula 3	Liofilizado Fórmula 4

Aerobios mesófilos	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Enterobacterias	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Bacterias ácido lácticas	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Mohos	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Levaduras	ufc/g	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Tabla 22: Análisis microbiológicos *snacks* de magaya

Hito 5. Valorización del destrío transformado mediante la elaboración de alimentos funcionales

Tarea 5.1. Incorporación del producto intermedio en forma de concentrado de fibra en otros productos para el desarrollo de alimentos funcionales

Hasta este momento se lograron desarrollar concentrados de fibra soluble de kiwi mediante atomización, y mediante liofilización, concentrado de fibra de arándano mediante atomización, concentrados de zanahoria mediante atomización (blanqueada y sin blanquear) y liofilización y concentrados de magaya mediante atomización.

Con estos concentrados obtenidos se comenzó a ensayar los procesos de incorporación de las mismas en diferentes alimentos con el fin de desarrollar alimentos funcionales; concretamente se ensayó la incorporación en Fabada, como plato preparado, en hamburguesa (Burger Meat), como producto cárnico, en una crema de queso, como ejemplo de salsa funcional y en zumo de kiwi, como ejemplo de zumo de frutas funcional.

1.- FABADA

- **ENRIQUECIMIENTO CON FIBRA DE ZANAHORIA**

Teniendo en cuenta que las alubias ya de por sí son una excelente fuente de fibra (además de otros nutrientes), concretamente, según la BEDCA, las alubias blancas en conserva contiene 4,4 % de fibra (más del 3% reglado en el Reglamento 1924/2006 por el que se establece que fuente de fibra a partir de un 3%), se elaboró una fabada tradicional a la que se incorporaron diferentes proporciones de los concentrados de fibra de zanahoria obtenidos. De acuerdo al Reglamento (CE) Nº 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, en la que indica que los alimentos que contengan un 3 % de fibra podrán etiquetar como fuente de fibra.

Teniendo en cuenta que las alubias ya de por sí aportan el 4,4 % de fibra citado, se calculó de forma teórica se ensayaron dos formulaciones en cuanto a la concentración de fibra para cada tipo de concentrado obtenido.



Imagen 24: Fibra de zanahoria blanqueada/Fabada enriquecida en fibra de zanahoria blanqueada

2.- HAMBURGUESA-BURGER MEAT

- **ENRQUECIMIENTO CON FIBRA DE ZANAHORIA**

Teniendo en cuenta que este tipo de productos se formulan con hidrocoloides y/o aditivos similares con función de retención del agua, ya que en la formulación presentan agua, se decidió ensayar un Burger Meat enriquecido en fibra por la previsible excelente capacidad de retención de agua que tienen las fibras (y poder sustituir de esta forma un aditivo por un ingrediente, como es la fibra) a la par de fomentar la producción de productos cárnicos más acordes con una alimentación equilibrada.

Se realizaron diferentes pruebas de elaboración de Burger Meat 100 % vacuno con los concentrados de fibra de zanahoria obtenidos.



Imagen 25: Suspensión del concentrado de fibra de zanahoria/Amasado/Hamburguesas enriquecidas

- **ENRQUECIMIENTO CON FIBRA DE ARÁNDANO**

Teniendo en cuenta que uno de los problemas que presentan las hamburguesas es a nivel de color, como consecuencia de la oxidación del pigmento hemoglobina y mioglobina, se ensayaron pruebas de enriquecimiento con el concentrado de fibra de arándano obtenido, ya que su coloración rojiza-granate podría estabilizar el color de la hamburguesa, a la par de tratar de de enriquecer el producto en fibra

según el objetivo planteado.

Se procedió a elaborar las hamburguesas según la misma metodología empleada en la adición de fibra de zanahoria.



Imagen 26: Amasado, conformación y hamburguesas enriquecidas en fibra de arándano

3.- SALSA DE QUESO

Al tener los concentrados de fibra de kiwi una coloración verdosa y teniendo en cuenta que las salsas de queso a las finas hierbas presentan una coloración verdosa, se ensayaron diferentes muestras de salsa de queso a las finas hierbas, enriquecidas con un 3 % de fibra soluble e insoluble de kiwi, de acuerdo al Reglamento 1924/2006. Asimismo, este tipo de cremas presentan una determinada proporción de agua en su formulación (que se retiene y emulsiona con las sales fundentes que se añaden), por lo que previsiblemente los concentrados de fibra de kiwi adicionados contribuirían a esta capacidad de retención de agua.



Imagen 27: Hidratación de la fibra de kiwi/Triturado/Salsa de queso enriquecida en fibra de kiwi

3.- ZUMO DE KIWÍ

Teniendo en cuenta que el licuado del destrío de kiwi proporcionaba dos fracciones de fibra, una soluble y otra insoluble y que el licuado de kiwi de destrío actualmente lo está testando alguna empresa asturiana para producir zumo de kiwi, aprovechando de esta manera toda la fracción de fibra soluble, se ensayó la incorporación de la fibra insoluble del kiwi obtenida tras el licuado.

La metodología seguida fue similar a la seguida en el Hito 3, tarea 3.1, apartado 1 de kiwi, con la particularidad de que después de liofilizar la fracción insoluble, ésta se sometió a un picado intenso en *Cutter*, marca KILIA 50L, hasta obtener un polvo fino, para a continuación re-suspenderla en el zumo de

kiwi obtenido por licuado.

De esta forma , metodología seguida fue la siguiente:

1. Se seleccionaron kiwis de dos categorías de destrío (procedente de una empresa asturiana concreta productora de kiwi), kiwi pequeño (< 65 g) y kiwi “descatalogado” (> 145 g), de acuerdo al Reglamento (CE) Nº 1673/2004 de 24 de Septiembre de 2004 por el que se establece la norma de comercialización aplicable a los kiwis en la UE.
2. Se licuaron los kiwis con una prensa en frío
3. Liofilizar la fracción insoluble en liofilizador marca TELSTAR, modelo LYOQUEST -85 PLUS ECO
4. Una vez liofilizada la fracción insoluble, se procedió a picado intenso en *Cutter*, marca KILIA 50L, hasta obtener un polvo fino, para a continuación re-suspenderla en el zumo de kiwi obtenido por licuado



Imagen 28: kiwi, residuo tras el licuado y zumo de kiwi

Tarea 5.2. Desarrollo de *snacks* funcionales

Tras la ejecución de las tareas 3.2, 4.2 y 6.1 y tras las conclusiones obtenidas en dicha tarea, se desarrollaron los *snacks* que mejores resultados proporcionaron con las formulaciones y metodología óptimas. El desarrollo de los *snacks* comenzó con las propias tareas de acondicionamiento y manipulación de las materias primas, la formulación (en términos de preparación de las masas) de los *snacks*, el moldeado de los mismos y el desarrollo de los *snacks* en función de cada metodología/as testada/as en la tarea 3.2.

De esta forma, los *snacks* desarrollados en la presenta tarea se muestra a continuación:

• **SNACK DE ARÁNDANO LIOFILIZADO**

Mediante la técnica de liofilización se produjeron diferentes lotes en diferentes tiempo de procesado, del snack de arándano que mejores resultados arrojaron, de acuerdo a la mejor metodología de trabajo:

1. Se recogió el destrío de arándano
2. Cocción en marmita
3. Adición, durante la etapa de cocción, de los agentes de textura, con la formulación óptima:
4. Cocción
5. Moldeado
6. Liofilización en liofilizador marca TELSTAR, modelo LYOQUEST -85 PLUS ECO

7. Envasado



Imagen 29: detalle del alveolado y snack de arándano mejor resultado

• **SNACK DE ZANAHORIA EXTRUSIONADO Y LIOFLIZADO**

Mediante la combinación de las técnicas de extrusión en frío y liofilización se produjeron diferentes lotes en diferentes tiempo de procesado, del *snack* de zanahoria, de acuerdo a la mejor metodología de trabajo:

1. Acopio de zanahoria, procedente del destrío por calibre.
2. Corte de las zanahorias en rodajas de aproximadamente 1 cm de grosor
3. Cocción con agitación imantada en agitador de laboratorio
4. Picado intenso con túrmix industrial
5. Extrusión fría (sin cocción directa) con extrusora de pistón de fabricación para pruebas en piloto, con moldeado de salida:
6. Liofilización en liofilizador marca TELSTAR, modelo LYOQUEST -85 PLUS ECO



Imagen 30: mejor *snack* de zanahoria

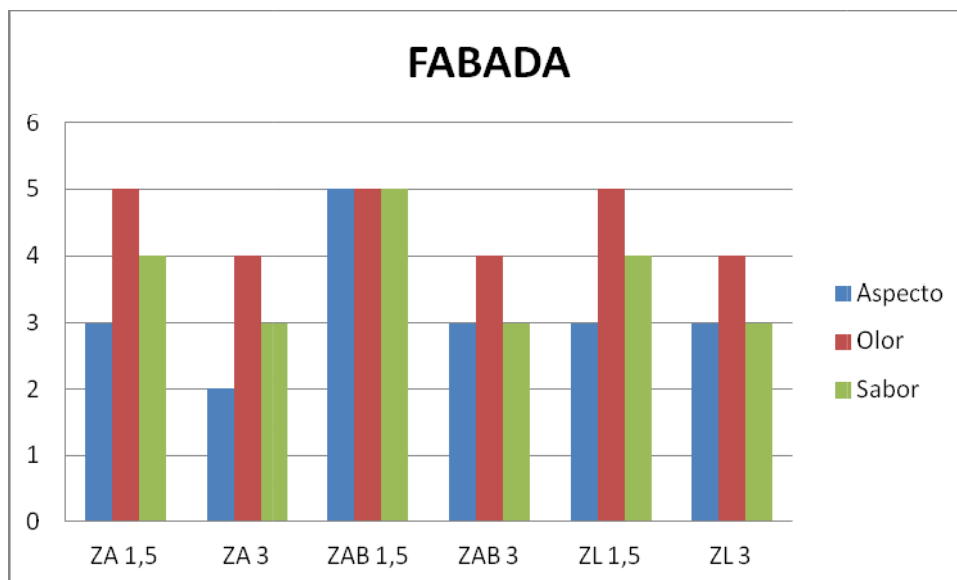
Hito 6. Validación

Tarea 6.1. Organoléptica

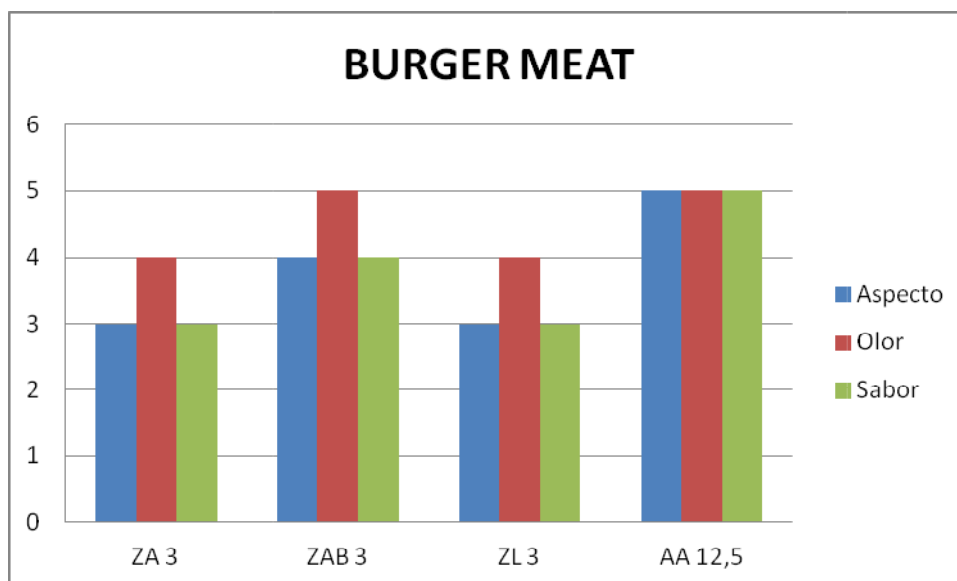
Los alimentos enriquecidos en los concentrados de fibra obtenidos se evaluaron en términos organolépticos,

diseñando para ello una ficha de cata específica para cada producto, formulación y tipo de concentrado de fibra incorporado. La cata diseñada fue descriptiva, en condiciones ciegas y bajo las buenas prácticas de realización de una cata alimentaria.

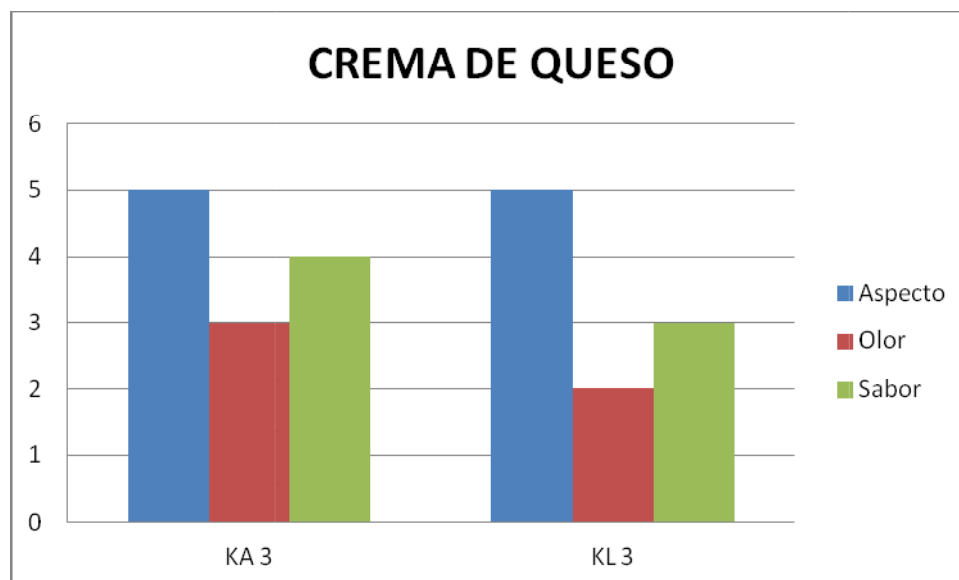
El análisis de los resultados de las catas se realizó calculando la moda de cada descriptor en referencia a todos los participantes de las catas, con los siguientes resultados:



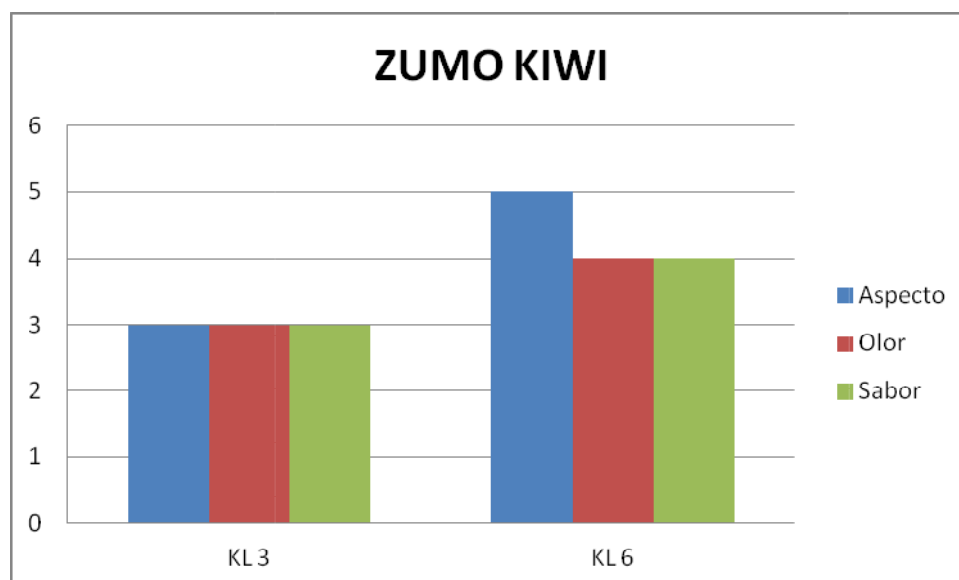
Gráfica 5: Cata Fabada enriquecida con fibra de zanahoria



Gráfica 6: Cata Burger Meat enriquecido con fibra de zanahoria y e arándano



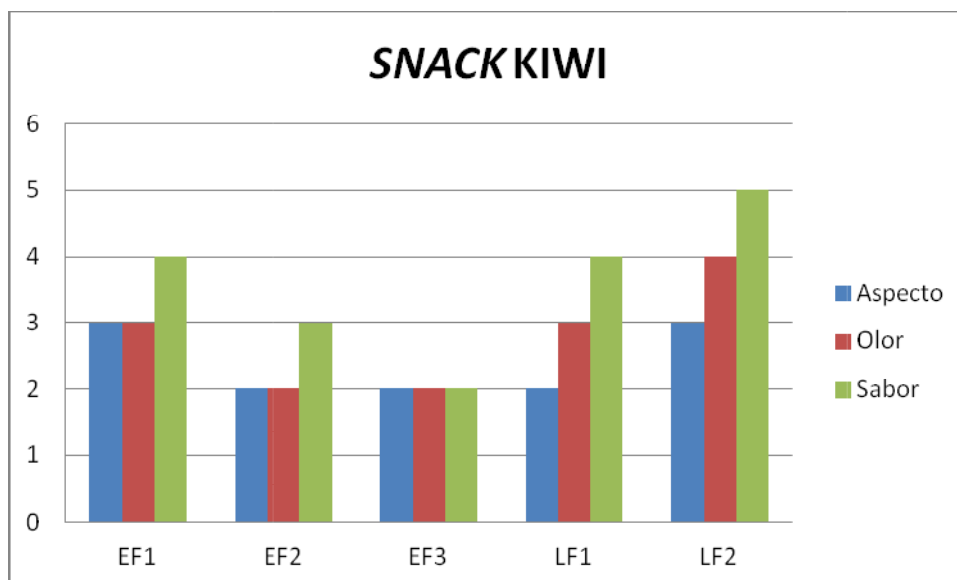
Gráfica 7: Cata Crema de queso enriquecida con fibra de kiwi



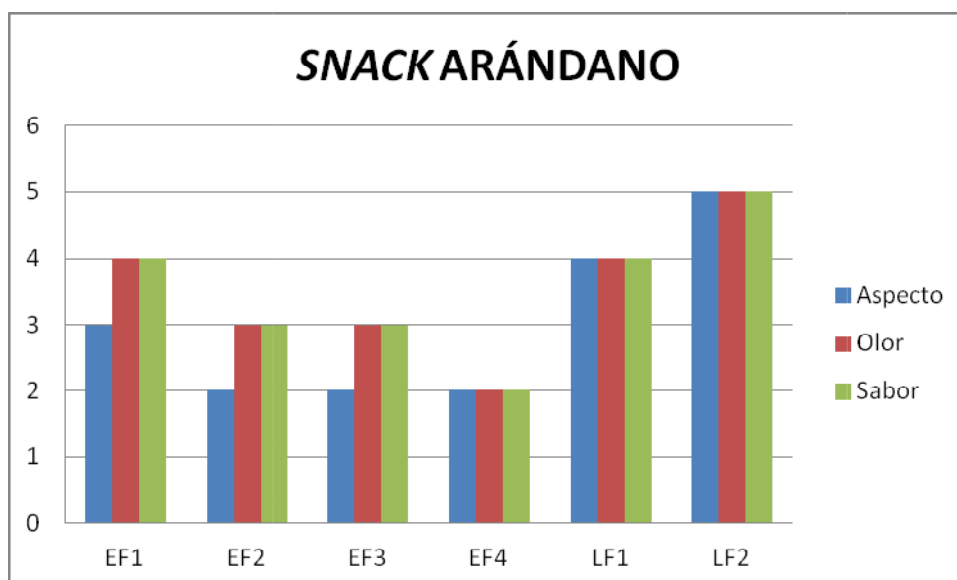
Gráfica 8: Cata Zumo de kiwi enriquecido con fibra de kiwi

Los *snacks* desarrollados se evaluaron en términos organolépticos, utilizando para ello la misma ficha de cata específica que para los alimentos desarrollados enriquecidos con los concentrados de fibra obtenidos. La cata diseñada fue descriptiva, en condiciones ciegas y bajo las buenas prácticas de realización de una cata alimentaria.

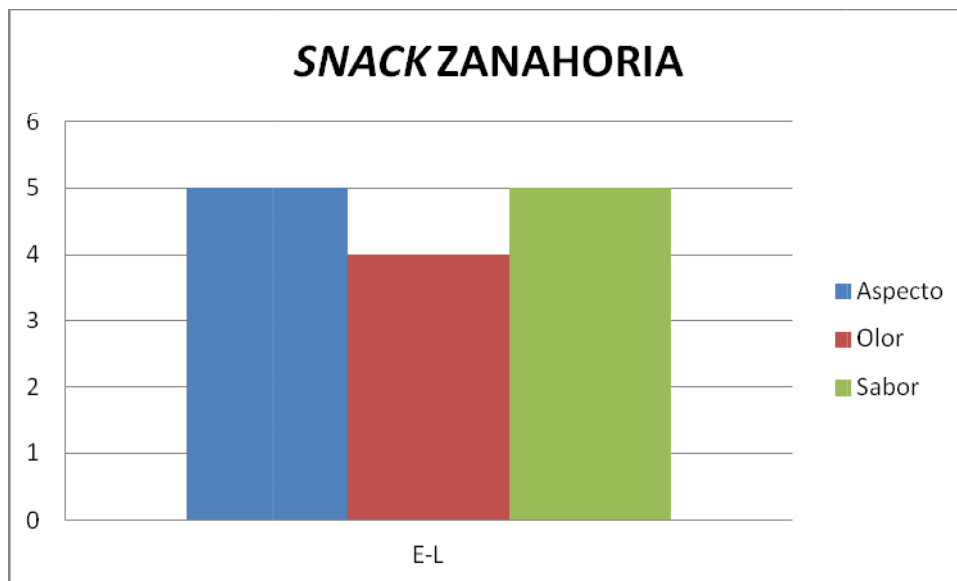
El análisis de los resultados de las catas se realizó calculando la moda de cada descriptor en referencia a todos los participantes de las catas, con los siguientes resultados:



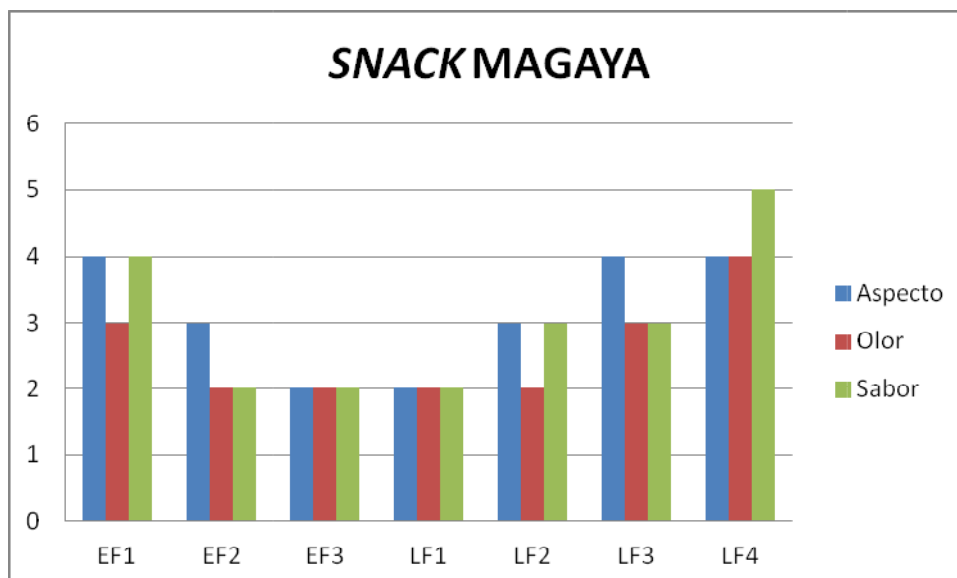
Gráfica 9: Cata *Snack* de kiwi



Gráfica 10: Cata *Snack* de arándano



Gráfica 11: Cata *Snack* de zanahoria



Gráfica 12: *Snack* de magaya

Tarea 6.2. Físico-Química

Los alimentos desarrollados, enriquecidos con los concentrados de fibra obtenidos, se analizaron en términos de composición nutricional, determinando para los mismos parámetros que los determinados en el destrío (Tarea 1.4) y en los concentrados de fibra obtenidos (Tarea 4.1).

PARÁMETRO	MUESTRA													
	FZA	FZA	FZAB	FZAB	FZL	FZL	BMZA	BMZAB	BMZL	BMAA	CQKA	CQKL	ZKKL	ZKKL
	1,5	3	1,5	3	1,5	3	3	3	3	12,5	3	3	3	6
Energía (Kcal)	162	168	166	165	163	166	113	113	117	135	93	95	237	245

Grasa (g/100g)	9,52	9,79	9,82	9,33	9,61	9,47	1,63	1,75	1,68	1,74	8,20	8,42	0,1	0,1
Proteína (g/100 g)	8,25	8,37	8,21	8,19	8,24	8,43	18,60	18,26	18,96	17,56	2,10	1,91	0,51	0,52
Hidratos de Carbono (g/100 g)	9,02	9,14	9,36	9,25	9,04	9,29	4,31	4,52	4,78	8,96	1,00	1,23	12,0	12,6
Fibra total (g/100 g)	3,42	5,00	3,66	5,20	3,45	4,98	3,42	3,26	3,39	2,91	3,22	3,49	3,6	6,1
Fibra Soluble (g/100 g)	1,60	2,25	1,65	2,34	1,55	2,24	1,54	1,43	1,50	1,69	2,74	0,51	3,0	5,8
Fibra Insoluble (g/100 g)	1,82	2,75	2,01	2,86	1,90	2,74	1,88	1,83	1,89	1,22	0,48	2,98	0,6	0,3

Tabla 23: Composición nutricional alimentos enriquecidos con fibra

Al igual que para los alimentos enriquecidos, los *snacks* desarrollados se analizaron en términos de composición nutricional, determinando para ello los mismos parámetros físico-químicos. En este punto comentar que al tener caracterizado físico-químicamente el producto en la tarea 4.2, se realizaron los correspondientes análisis para las muestras finalmente mejor valoradas en la tarea 6.1. De esta forma los resultados se muestran a continuación:

VALOR	UNIDAD	MATRIZ	
		Arándano LF2	Zanahoria E-L
Energía	Kcal	371	335
Grasa total	g/100 g	0,2	1,5
Proteína total	g/100 g	1,7	8,3
Hidratos de carbono	g/100 g	89,7	79
Fibra total	g/100 g	3,1	24,2
Fibra soluble	g/100 g	2,8	16,2
Fibra insoluble	g/100 g	0,3	8,0

Tabla 24: Composición nutricional *snacks* mejor valorados

Tarea 6.3. Microbiológica

En el caso de los alimentos enriquecidos con los concentrados de fibra obtenidos se realizaron las correspondientes analíticas microbiológicas, determinando para ello los parámetros de Aerobios mesófilos, Enterobacterias, Bacterias Ácido-Lácticas, Mohos y Levaduras, como indicadores y *Salmonella spp* y *Listeria monocytogenes* como patógenos, con los siguientes resultados:

PARÁMETRO	MUESTRA													
	FZA	FZA	FZAB	FZAB	FZL	FZL	BMZA	BMZAB	BMZL	BMAA	CQKA	CQKL	ZKKL	ZKKL
	1,5	3	1,5	3	1,5	3	3	3	3	12,5	3	3	3	6
Aerobios mesófilos (ufc/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	$2,6 \times 10^4$	$3,5 \times 10^4$	$5,4 \times 10^4$	$1,5 \times 10^3$	<10	<10	<10	<10
Enterobacterias (ufc/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	$3,7 \times 10^2$	$4,2 \times 10^2$	$1,1 \times 10^2$	$7,6 \times 10^2$	<10	<10	<10	<10
BAL(ufc/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	$6,2 \times 10^3$	$3,3 \times 10^3$	$2,9 \times 10^3$	$5,1 \times 10^2$	<10	<10	<10	<10
Mohos (ufc/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Levaduras (ufc/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
<i>Salmonella spp</i> (ufc/25 g)	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus
<i>L.monocytogenes</i> (ufc/25 g)	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus

Tabla 25: Análisis microbiológicos de los alimentos enriquecidos con los concentrados de fibra

En el caso de los *snacks* desarrollados y teniendo en cuenta los resultados analíticos de la tarea 4.2 y la información que se fue obteniendo del análisis organoléptico realizado en la tarea 6.1, se realizaron las correspondientes analíticas microbiológicas de los *snacks* mejor valorados, con los siguientes resultados:

VALOR	UNIDAD	MUESTRA	
		Arándano LF2	Zanahoria E-L
Aerobios mesófilos	(ufc/g)	<10	<10
Enterobacterias	(ufc/g)	<10	<10
BAL	(ufc/g)	<10	<10
Mohos	(ufc/g)	<10	<10
Levaduras (ufc/g)	(ufc/g)	<10	<10
<i>Salmonella spp</i>	(ufc/25 g)	<10	<10
<i>L.monocytogenes</i>	(ufc/25 g)	<10	<10

Tabla 26: Análisis microbiológicos de los *snacks* mejor valorados

Tarea 6.4. Estudio de biodisponibilidad

Se pusieron a punto ensayos de biodisponibilidad para el ensayo de las siguientes matrices alimentarias:

- LF2
- E-L
- FZAB15
- BMAA12,5
- CQKA3
- ZKKL6

Fase I, Digestión:

En una primera fase se realiza el ensayo de digestión *in vitro*. De manera resumida, se toman las muestras por duplicado y se inicia la fase oral añadiendo una solución tampón que simula el fluido oral a pH=7 y contiene el enzima alfa-amilasa, en una proporción 1/1. Esta fase es de dos minutos con agitación, con una mezcla previa, a 37 °C. Se toma una pequeña porción de cada muestra para analizar el contenido en fibra, que se congela para detener la reacción y el resto pasa a la siguiente fase.

La fase gástrica se realiza mezclando con fluido gástrico simulado a pH=3, en una proporción 1/1 conteniendo pepsina, durante 2 horas a 37 °C con agitación. Pasado este tiempo se toma una alícuota de cada muestra para el análisis de los ácidos grasos, que se congela para detener la reacción y el resto pasa a la siguiente fase.

En la fase intestinal, se añade en una proporción 1/1 el fluido intestinal simulado a pH=7 en el que se ha añadido pancreatina y ácidos biliares y se agita a 37 °C durante dos horas. Se para la reacción por congelación de las muestras.

Fase de absorción y detección:

Se llevó a cabo la fase de absorción tras la fase intestinal. A partir de una monocapa de células Caco2 de epitelio intestinal, en un inserto y, separando la zona apical (en la que están situadas las células) de la zona basal (en la que se sitúa el medio de cultivo). El alimento se aplicó en la zona apical y se cuantifica la cantidad que se obtiene sobre los compuestos introducidos, sobre la zona basal. La diferencia entre la cantidad de producto aplicado y la cantidad de producto obtenida indicará la cantidad absorbida. Así se calculó la constante de permeabilidad aparente. En este caso, al tratarse de fibra, la permeabilidad aparente debería situarse en valores cercanos a cero.

Determinación de fibra:

En cuanto al método de determinación de fibra se utilizó el método AOAC basado en la realización de 3 digestiones enzimáticas, seguido de una precipitación de la fibra en solución etanólica al 78 % y posterior filtración. Incluye una fracción del almidón resistente. Sobre el residuo de fibra obtenido, se determina el contenido de cenizas y proteína. El resultado final de fibra se obtiene por diferencia entre el residuo obtenido y el contenido en proteína y ceniza de este residuo.

Para la realización de los ensayos y análisis de los resultados de fibra se trabajó en valores absolutos de fibra en todo momento, ya que, si trabajamos en valores relativos de fibra, ésta se vería incrementada a lo largo del proceso de digestión de las diferentes matrices alimentarias, ya que mientras que la fibra no debería ser digerible, componentes de la matriz alimentaria se pierden a lo largo del proceso de digestión.

La cantidad evaluada en cada caso fue de 100 g. de alimento, simulando una digestión completa.

Los resultados medios obtenidos de contenido en fibra (g) se muestran en la tabla a continuación:

ETAPA	LF2	E-L	FZAB15	BMAA12,5	CQKA3	ZKKL6
Inicio	3,10	24,20	3,66	2,91	3,22	6,10
Fase oral	3,20	25,10	3,48	2,94	3,20	6,20

Fase gástrica	3,16	24,18	3,54	2,80	3,36	6,07
Fase intestinal	2,99	23,95	3,49	2,78	3,17	6,08
Fase absorción	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

Tabla 27: Análisis de fibra en ensayos de Biodisponibilidad

La cantidad de fibra se mantiene tras la fase de digestión después de las diferentes etapas, fase oral, fase gástrica y fase intestinal.

En todas las muestras se detectaron niveles de fibra similares a los presentes en la muestra original previo al proceso de digestión.

En la fase de absorción, se comprueba que no hay detección de fibra en la zona basal (situándose por debajo del límite detección) de forma que la diferencia entre la detección en la zona apical y la detección en la zona basal es máxima y por tanto se concluye que no hay absorción. Así, se comprueba que la fibra no solo no ha sido metabolizada ni absorbida y se podría deducir que cumple su función como prebiótico en el lumen intestinal.

2. RESULTADOS CONSEGUIDOS

Enumerar brevemente, pero con claridad y precisión, los resultados obtenidos, haciendo referencia expresa a los resultados inicialmente previstos.

Haciendo referencia expresa a resultados inicialmente previstos, los resultados finales obtenidos se muestran a continuación:

RESULTADOS INICIALMENTE PLANTEADOS	RESULTADOS FINALMENTE OBTENIDOS
Obtención de, al menos, dos concentrados de fibra	Se han obtenido de forma óptima dos concentrados de fibra , uno de kiwi mediante la tecnología de liofilización y uno de zanahoria mediante la tecnología de atomización .
Desarrollo de, al menos, un <i>snack</i> fuente de fibra	Se ha logrado desarrollar dos <i>snacks</i> de forma óptima, uno de arándano mediante la tecnología de liofilización y uno de zanahoria combinando las tecnologías de extrusión (en frío, sin cocción directa) y de liofilización .

	En este punto destacar que la tecnología de extrusión pudiera ser una tecnología potencialmente válida con la dificultad encontrada de tener que optimizar 5 variables (temperatura de proceso, velocidad de giro del husillo, presión de la cámara de extrusión, porcentaje de humedad de la matriz a extruir y porcentaje de fibra de la mezcla a extruir).
Desarrollo de cuatro alimentos funcionales enriquecidos en fibra	De forma totalmente óptima (es decir, con una puntuación de “5” en todos los descriptores evaluados en el análisis organoléptico de la tarea 6.1) se han logrado desarrollar dos alimentos enriquecidos en fibra, una fabada con fibra de zanahoria atomizada y blanqueada y un Buger Meat con fibra de arándano liofilizada. De forma óptima (es decir, con una puntuación de “4” derivada del cálculo de la “mediana” de los descriptores evaluados en el análisis organoléptico de la tarea 6.1) se han logrado desarrollar dos alimentos enriquecidos en fibra, una crema de queso con fibra de kiwi atomizada y un zumo de kiwi con fibra de kiwi liofilizada. De esta forma, se han desarrollado cuatro alimentos funcionales enriquecidos en fibra, con valoraciones por encima mayores iguales a 4 (en una escala de 5).
Desarrollo de alimentos con características de alto valor añadido a través de la incorporación de los concentrados de fibra.	Todos los <i>snacks</i> y alimentos enriquecidos en fibra, desarrollados y finalmente validados y óptimos tienen una concentración mayor o igual al 3 %, por lo que cumplen con la alegación de “fuente de fibra”, de acuerdo al Reglamento 1924/2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos.