

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TECNICA SUPERIOR

NEKAZARITZAKO INGENIARIEN

DE INGENIEROS AGRONOMOS

GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA

ESTUDIO DEL EFECTO DE EXTRACTO DE ROMERO EN LA ESTABILIDAD OXIDATIVA EN PATATAS FRITAS MEDIANTE RANCIMAT

Presentado por

BERTA VIGUERA MEDRANO

GRADO EN INNOVACIÓN DE PROCESOS Y PRODUCTOS ALIMENTARIOS

Julio, 2016

Índice

1. ABSTRACT	6
1.1. Keywords:.....	6
RESUMEN.....	6
Palabras clave:	6
2. INTRODUCCIÓN	6
3. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivos generales	8
3.2. Objetivos específicos	8
4. MATERIAL Y MÉTODOS / PLAN DE TRABAJO:.....	9
4.1. Diseño pruebas elaboración de producto.	9
4.2. Estudio de la estabilidad oxidativa.	16
4.2.1. Pruebas físico-químicas.	16
4.2.2. Pruebas sensoriales.	25
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
5.1. Pruebas físico-químicas.	27
5.2. Pruebas sensoriales.	33
6. CONCLUSIONES.....	34
7. BIBLIOGRAFÍA	35
8. ANEXOS.....	37

Índice de tablas

Tabla 1. Diseño del producto.....	9
Tabla 2. Ingredientes	11
Tabla 3. Características del envasado.....	15
Tabla 4. Descripción de atributos para cata.....	26
Tabla 5. Diseño orden presentación de muestras para 10 catadores (prueba hedónica).....	26
Tabla 6. Información nutricional patatas fritas.....	27
Tabla 7. Comparación de la información nutricional con una marca comercial	28
Tabla 8. Medidas de los tiempos de inducción a las distintas temperaturas.....	29
Tabla 9. Tiempo estimado de vida útil del producto a 25°C.....	29
Tabla 10. Índice de estabilidad oxidativa (OSI) a 130°C	31
Tabla 11. Índice de peróxidos de la grasa extraída de las patatas fritas	31
Tabla 12. Grado de acidez de la grasa extraída de las patatas fritas.....	32
Tabla 13. Absorbancia en el ultravioleta de la grasa extraída de las patatas fritas.....	32
Tabla 14. Orden de preferencia (%) de las muestras de patatas fritas	33
Tabla 15. Orden de preferencia (%) de patatas fritas tras un mes.....	33
Tabla 16. Orden de preferencia (%) de las patatas fritas tras dos meses.....	34

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Evolución de los productos de degradación en función del tiempo. (Fuente: <i>Metrohm, 1993</i>).....	7
Ilustración 2. Aceite para fritura.....	12
Ilustración 3. Saco de patatas	12
Ilustración 4. Extracto de romero	12
Ilustración 5. Equipo de pelado por abrasión	13
Ilustración 6. Lavado de las patatas.....	13
Ilustración 7. Robot de cocina cortador.....	13
Ilustración 8. Fritura.....	14
Ilustración 9. Rejilla para escurrido.....	14
Ilustración 10. Bandeja para enfriamiento.....	14
Ilustración 11. Envasadora Flow-pack	15
Ilustración 12. Producto terminado	16
Ilustración 13. Esquema de la pieza calefactora, recipiente de aireación y célula de medición (Fuente: Norma UNE-EN-ISO 6886).....	17
Ilustración 14. Esquema de Rancimat (Fuente: norma UNE-EN-ISO 6886).....	17
Ilustración 15. Tubos de Rancimat	18
Ilustración 16. Equipo Rancimat	18
Ilustración 17. Detalle de Rancimat	18
Ilustración 18. Software del equipo (Stabnet)	18
Ilustración 19. Tubos de centrífuga.....	19
Ilustración 20. Centrífuga.....	19
Ilustración 21. Tubos con recta patrón de glucosa y muestras	19
Ilustración 22. Agitador magnético con calefactor.....	20
Ilustración 23. Filtrado del extracto acuoso.....	20
Ilustración 24. Matraces aforados con extracto acuoso y anaranjado de metilo.....	20
Ilustración 25. Reactivo Luff-Schoolr	20
Ilustración 26. Calefactor con refrigerante	20
Ilustración 27. Tubos del digestor	21
Ilustración 28. Digestor Kjeldahl en la campana extractora.....	21
Ilustración 29. Destilador	21
Ilustración 30. Valoración ácido base.....	22
Ilustración 31. Hidrólisis ácida.....	22
Ilustración 32. Extractor de la grasa	22
Ilustración 33. Filtrado	23
Ilustración 34. Rotavapor	23
Ilustración 35. Valoración del yodo liberado	23
Ilustración 36. Valoración ácidos grasos libres	24
Ilustración 37. Espectrofotómetro	24
Ilustración 38. Sala de catas	25
Ilustración 39. Cabina de cata con muestras y hojas	27
Ilustración 40. Ejemplo de gráfica de tiempos de inducción a 130°C	30

1. ABSTRACT

The purpose of this study was to study the effect of rosemary extract, a natural antioxidant, in the oxidative stability of the potato chips. The chips were packaged with a mixture of CO₂ and O₂ in order to accelerate the oxidation. They were stored at room temperature in darkness. The study was carried out on three different formulations during two months. The curve of oxidative stability and the oxidative stability of the samples were determined with Rancimat method. Peroxide value, free fatty acids and specific extinction at 232 nm and 270 nm of the three formulations over time were studied. Finally, a sensory analysis was performed to check the acceptability of consumers towards the product. Results indicated that, adding rosemary extract after frying caused an antioxidant effect and can increased the shelf life of the potato chips, the addition of rosemary extract before frying was no satisfactory as the shelf life of the products decreased.

1.1. Keywords: antioxidant, Rosemary extract, potato chips, oxidative stability, shelf life.

RESUMEN

El objeto del presente trabajo fue estudiar el efecto del extracto de romero, un antioxidante natural, en la estabilidad oxidativa de las patatas fritas. Las patatas fueron envasadas con una mezcla de CO₂ y O₂ con el objetivo de acelerar su oxidación. Fueron almacenadas a temperatura ambiente y en oscuridad. El estudio tuvo una duración de dos meses y se llevó a cabo sobre tres formulaciones diferentes. Se determinó la curva de estabilidad oxidativa y el índice de estabilidad oxidativa de las muestras con el equipo Rancimat. Se estudió el índice de peróxidos, el grado de acidez y la extinción específica a 232 nm y 270 nm de las tres formulaciones a lo largo del tiempo. Finalmente se realizó una evaluación sensorial para comprobar la aceptación del producto por los consumidores. Los estudios revelaron que la adición de extracto de romero tras la fritura tiene efectos antioxidantes y permite alargar la vida útil comercial de las patatas fritas. En cambio, la adición del extracto de romero antes de la fritura no obtuvo resultados satisfactorios, disminuyendo la vida útil del producto.

Palabras clave: antioxidante, extracto de romero, patatas fritas, estabilidad oxidativa, vida útil.

2. INTRODUCCIÓN

Según el Código Alimentario Español (1967) las patatas fritas se elaboran a partir de patatas frescas (tubérculos de *Solanum tuberosum* L., sanos, limpios de tierra y de otras impurezas y que en estado natural o conservado son aptas para el consumo humano) cortadas, peladas y fritas en aceite de oliva.

Durante el proceso de fritura se producen diversos cambios físicos, químicos y sensoriales en productos de aperitivo como patatas fritas. Se produce una disminución del contenido en agua, aumento del contenido graso y cambios de color, sabor y textura (Kita, 2014).

La degradación de grasas y aceites origina el enranciamiento de los mismos, lo que supone el desarrollo de olores y sabores indeseables como consecuencia de determinados cambios en la fracción grasa de los alimentos (Metrohm, 1993).

Según Robert *et al.* (2001) el grado de insaturación de la grasa de fritura influye sobre la estabilidad oxidativa del producto durante su almacenamiento, por eso es importante el aceite utilizado para la fritura.

En productos como patatas fritas otro de los aspectos fundamentales es controlar los procesos de oxidación de las grasas, ya que influyen directamente sobre el producto final. A continuación en la ilustración 1 se explica cómo evolucionan los productos de degradación en función del tiempo:

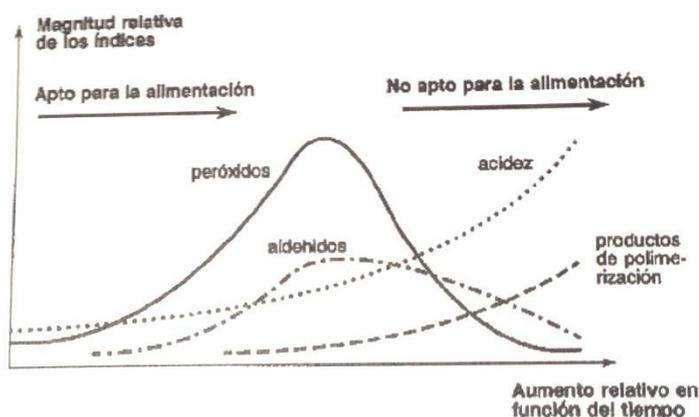


Ilustración 1. Evolución de los productos de degradación en función del tiempo. (Fuente: Metrohm, 1993)

El proceso de oxidación se inicia con la formación de hidroperóxidos que se propagan por vía radicalaria. Posteriormente estos hidroperóxidos se descomponen en moléculas de cadena corta, acoplándose los radicales libres y formando polímeros. En el proceso de oxidación de los lípidos se generan tres tipos de radicales libres: alcóxidos, peróxidos y alquilos.

Se planteó el uso de un antioxidante natural durante el procesado con el objetivo de aumentar su vida útil comercial, ralentizando estos procesos de oxidación.

Según Jiménez y Speisky (2000) un antioxidante es una sustancia de origen natural o sintético, que en bajas concentraciones es capaz de prevenir o retardar la oxidación. Para añadirlo como aditivo se debe cumplir las características que se indican en el Reglamento 1129/2011 sobre aditivos alimentarios, respetando las dosis indicadas sobre en alimentos permitidos.

A la hora de seleccionar un antioxidante adecuado fue importante conocer el proceso de elaboración, dado que, durante la fritura de las patatas fritas se producen cambios físico-químicos en el producto. Además es importante conocer la temperatura y tiempo de fritura ya que influye directamente en el producto final. Al aumentar el tiempo de fritura aumenta el contenido en grasa final (Mehta y Swinburn, 2001). Debía tratarse de un antioxidante natural, que no dejase sabor extraño en el producto final, que no alterase el color, que fuese termorresistente y, que estuviese permitido adicionarlo como aditivo en patatas fritas. Se planteó utilizar extracto de champiñón, té verde, stevia (Gawel, *et al.*, 2015), granada e incluso hojas de alcachofa (Ben Salem, 2015).

El envasado del producto final también es un aspecto importante. Para productos de aperitivo como patatas fritas se recomienda utilizar una mezcla de gas de 100% N₂ ya que ayuda a prevenir el enranciamiento del producto por oxidación.

En un primer momento se pensó en añadir el antioxidante en el aceite de fritura con el objetivo de aumentar el número de usos del aceite, reducir el consumo de aceite y reducir costes. La

legislación sobre aditivos (*Reglamento 1129/2011*) no permite añadir extracto de romero en aceite de oliva, por lo que se decidió añadir el extracto de romero sobre las patatas.

Tras considerar varias opciones se optó por el extracto de romero como antioxidante. El extracto de romero es un antioxidante natural con efectos demostrados (Chammem et al., 2015; Márquez-Ruiz, Ruiz-Méndez, & Velasco, 2014). Según *Frutos et al. (2005)* el extracto de romero permanece estable a una temperatura de 140°C durante 1h por lo que es apto para utilizarlo en procesos de fritura. El extracto de romero posee una buena resistencia térmica además de buenas características antioxidantes (*Lalas y Dourtoglas, 2003*). Un estudio realizado por *Che Man y Tan (1999)* mostró que el extracto de romero tenía mejores efectos antioxidantes que el BHA, el BHT y el extracto de salvia.

El aceite utilizado para la fritura fue aceite de oliva.

Para realizar el estudio de la capacidad antioxidante se propuso utilizar el equipo *892 Professional Rancimat*. Se trata de un equipo que sirve para estudiar la estabilidad de aceites y grasas en condiciones aceleradas. Se expone la muestra a condiciones de elevada temperatura y a un flujo de aire lo que produce la oxidación. Se determina el tiempo de inducción que es el tiempo de estabilidad de la muestra. Se trata del tiempo que transcurre hasta el momento en el que aumenta rápidamente la formación de productos de oxidación, lo que conlleva la reducción de la vida útil y de calidad de la muestra problema (*ISO 6886:2006*). Los estudios con Rancimat sólo permiten medir la oxidación radicalaria.

Con este estudio se pretende demostrar el efecto antioxidante del extracto de romero sobre las patatas fritas tipo chips y cómo influye el momento de la adición del antioxidante antes de la fritura y después de la fritura.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivos generales

El objetivo del presente trabajo fue estudio del efecto de extracto de romero en la estabilidad oxidativa en patatas fritas mediante Rancimat.

3.2. Objetivos específicos

A partir de este objetivo general se derivan los siguientes objetivos específicos:

1. Valorar el efecto de la adición de un antioxidante natural antes de la fritura y después de la fritura con el fin de optimizar el momento más adecuado para añadirlo.
2. Evaluar si se reduce el enranciamiento debido a la oxidación de las grasas en patatas tipo chips.
3. Evaluar sensorialmente las muestras con el fin de comprobar que no sufre cambios organolépticos tras la adición del antioxidante.
4. Estudiar la vida útil con el fin de prolongar la vida útil comercial del producto mediante una curva de estabilidad oxidativa (acelerado) y en tiempo real mediante el índice de estabilidad oxidativa (OSI).
5. Comprobar si es posible alargar el número de usos del aceite, reducir el consumo aceite y reducir costes.

4. MATERIAL Y MÉTODOS / PLAN DE TRABAJO:

4.1. Diseño pruebas elaboración de producto.

El producto a elaborar fueron patatas fritas, tipo chips, fritas en sartén con aceite de oliva, a las que se añadió sal y un antioxidante natural para alargar su vida útil.

La formulación del producto fue: 98,5% de patatas fritas con un 1,5% de cloruro sódico y adición de antioxidante, extracto de romero (tabla 1).

Patatas:

Se utilizó patata de la variedad Agria, categoría I, calibre +50mm, de origen España. Se trata de una patata ideal para fritura.

Extracto de romero (E392):

Se trata de un antioxidante natural. El producto se encontraba en forma de polvo y fue suministrado por la empresa PROSUR, en concreto es el PRS-RO-1. Sus ingredientes son azúcares (dextrosa) y extracto de hojas de romero. El extracto de romero tiene un contenido en diterpenos de 4% (ácido carnósico 3,15%, carnosol 0,7%, ácido 12-metil carnósico 0,15%).

El cálculo de la dosis de antioxidante se realizó siguiendo las recomendaciones comerciales del fabricante, de 1 a 1,5 g/kg y cumpliendo el Reglamento 1129/2011 para productos de aperitivo a base de patatas que establece una dosis máxima (mg/kg) de extracto de romero de 50 mg/kg producto. Expresado como la suma de carnosol y ácido carnósico.

Cloruro sódico:

Se utilizó sal común, en una dosis del 1,5% respecto al producto final, que es la concentración habitual en este tipo de productos.

Aceite:

Se utilizó aceite de oliva especial para freír de la marca ALTIVOliva. Este aceite es una mezcla de aceite de orujo de oliva refinado y aceite de oliva virgen extra.

Se diseñaron los 3 lotes de producto: por un lado, la muestra control; por otro, la muestra 1 a la que se añadió el antioxidante antes de la fritura y, por otro lado, la muestra 2 con adición del antioxidante tras la fritura.

Tabla 1. Diseño del producto

	Antioxidante	Concentración (g/kg producto)	Momento de adición
Control	-	-	-
Muestra 1	Extracto de romero	1,25	Antes freír
Muestra 2	Extracto de romero	1,25	Después de freír

Para realizar los cálculos de producción (anexo 1) se tuvieron en cuenta los análisis posteriores a realizar y la cantidad necesaria de cada una de las muestras que son: control, muestra 1 y muestra 2.

Antes de definir los diagramas de flujo se realizaron pruebas previas en la planta piloto con las cuales se determinó que el lavado y que el pelado se realizarían por abrasión y el corte con robot de cocina en vez de manual para estandarizar el proceso y tamaño de la patata.

Se planteó introducir en el proceso un secado previo a la fritura (*Krokida, et al., 2001*) ya que el agua de la muestra influye en la ganancia de aceite. Este estudio indicó que el pretratamiento de secado incrementaba la crujencia de las patatas fritas. No se llevó a cabo para no introducir una nueva variable de estudio. Otro punto planteado y que también se rechazó por no disponer de medios suficientes fue la fritura a vacío (*Mir Bel, 2010*) ya que se encuentran resultados satisfactorios en una menor ganancia de aceite. Se decidió freír en sartén imitando el proceso seguido en la industria alimentaria. A continuación se muestran los diferentes diagramas de flujo para cada una de las tres muestras:

Diagrama de flujo muestra control:

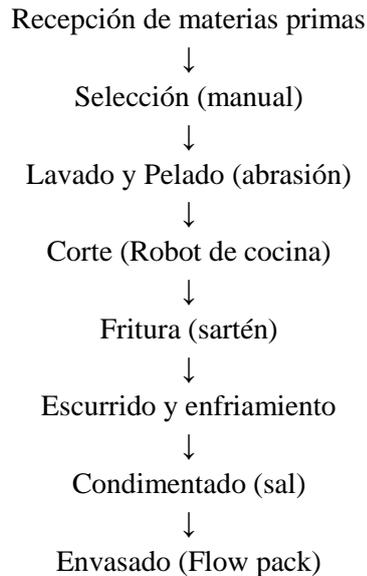


Diagrama de flujo muestra 1 (antioxidante antes de la fritura):

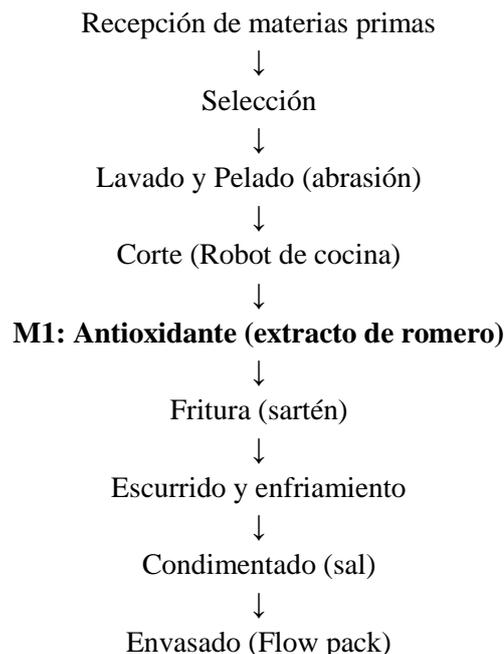
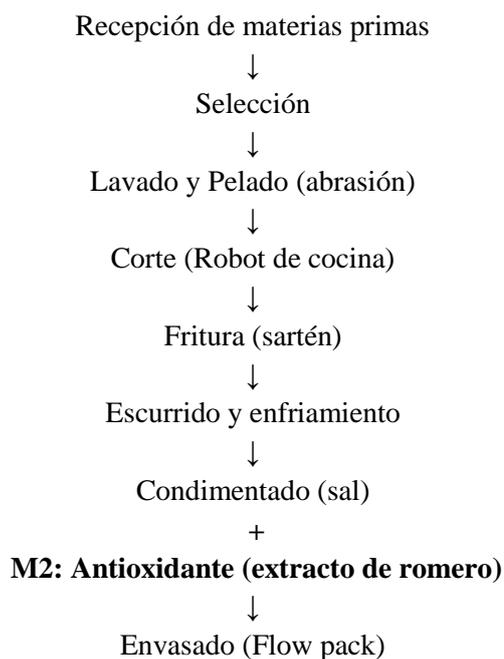


Diagrama de flujo muestra 2 (antioxidante tras fritura):



Se envasaron bolsas individuales de 35g de producto cada una. Por un lado se envasaron en atmósfera modificada con N₂ y film alta barrera (anexo 2) aquellas necesarias para tiempo cero y análisis composicional, para frenar la oxidación puesto que las pruebas duraban varios días. Por otro lado se envasaron con aire y film microperforado aquéllas que iban a ser analizadas transcurridos uno y dos meses, para así acelerar la oxidación.

La elaboración del producto tuvo lugar en la planta piloto situada en el CITA. Se utilizaron los equipos disponibles intentando asemejar lo más posible la producción real de patatas fritas en la industria alimentaria. A continuación se enumeran los materiales y equipos que fueron necesarios:

Equipo de pelado por abrasión.	Film microperforado.
Cuba de metal.	Cuchillo.
Robot de cocina con accesorio corte.	Pie de rey.
Bandejas de plástico.	Bote sazonador.
Sartén.	Termómetro para altas t ^a .
Cestillo freidora.	Balanza.
Placa vitrocerámica.	Espátulas.
Flow pack.	Guantes.
Film barrera total.	Gorro.

Los ingredientes y cantidades que se utilizaron fueron los siguientes:

Tabla 2. Ingredientes

Ingredientes	Cantidad
Aceite de oliva virgen	7 L
Patatas	25 kg
Sal	1,5%
Extracto de romero	1,25g/kg

Recepción de materias primas:

El aceite necesario para freír (ilustración 2), las patatas (ilustración 3), la sal y el extracto de romero (ilustración 4) se mantuvieron en sus respectivos envases y a temperatura ambiente hasta el momento de la elaboración.



Ilustración 2. Aceite para fritura



Ilustración 3. Saco de patatas



Ilustración 4. Extracto de romero

Lavado y pelado:

El proceso de lavado y pelado se produjo en el mismo equipo. Se trata de un equipo de pelado por abrasión (ilustración 5), en el cual se introdujeron las patatas y se seleccionó el tiempo necesario para conseguir un pelado efectivo con la menor merma posible.



Ilustración 5. Equipo de pelado por abrasión



Ilustración 6. Lavado de las patatas

Corte:

Tras el lavado y pelado se realizó una inspección manual y se cortaron con un cuchillo los trozos de piel que pudiesen quedar. El siguiente paso del proceso fue el corte en rodajas que se hizo con un robot de cocina (ilustración 7) que permitió elegir el grosor de las patatas ($\pm 0,5$ cm).



Ilustración 7. Robot de cocina cortador

Fritura:

El proceso de fritura se realizó en sartén (ilustración 8), intentando asemejar el proceso real de una industria de patatas fritas. Se utilizó una sonda de temperatura y un cronómetro para tener controlada la temperatura y el tiempo de fritura. El aceite de fritura se fue renovando. Se fueron friendo cada lote por separado y por tandas por lo que para conseguir una muestra uniforme, se mezcló cada lote en el mismo recipiente tras la fritura (ilustración 10).



Ilustración 8. Fritura

La fritura se realizó a una temperatura de 170-180°C y durante un tiempo de 3-6min. La merma total del producto entre pelado, corte y fritura fue de un 60%.

Escurredo y enfriamiento:

El escurrido del producto se realizó en una rejilla y, posteriormente, se fueron depositando en una bandeja en la que se fueron enfriando hasta el momento del envasado.



Ilustración 9. Rejilla para escurrir



Ilustración 10. Bandeja para enfriamiento

Condimentado:

El sazonado de la sal se hizo de forma manual, utilizando un salero. Se pesó la cantidad necesaria de sal y se fue añadiendo a la muestra según se iban friendo. En el caso del antioxidante, el extracto de romero también se pesó, pero esta vez de forma independiente para cada uno de los lotes. A la muestra control no se le añadió nada de antioxidante. A la muestra 1 se le añadió el antioxidante antes de la fritura y, para que se repartiese de forma homogénea por todo el producto, éste se masajeó manualmente. Por otro lado, a la muestra 2 se le añadió

el antioxidante tras la fritura, del mismo modo que la sal, utilizando un salero, se intentó dispensar de la forma mas homogénea que fue posible.

Envasado:



Ilustración 11. Envasadora Flow-pack

Se utilizó una envasadora flow pack (ilustración 11), se fueron pesando en unas bandejas aproximadamente 35g de producto y se fueron añadiendo manualmente. Para el envasado se siguió el plan indicado en el anexo 1. En primer lugar se envasaron las patatas en el film alta barrera. Entre muestra y muestra fue necesario desechar las 5 primeras bolsas vacías. Posteriormente se cambió el film al microperforado. El número de bolsas de cada tipo se determinó según lo indicado en el anexo 1.

Las características del envasado aparecen en la tabla 3, en la que se indica el tipo de gas que se introdujo en el envasado y el film utilizado.

Tabla 3. Características del envasado

Envase	Gases	Tiempo
Film alta barrera	100% N ₂	Día 1
Film microperforado	Aire (sin adición de gases)	Día 1
Film alta barrera	20% O ₂ y 80% CO ₂	Día 7

Transcurrida una semana desde la elaboración y, tras detectar problemas de crecimiento de mohos en varias bolsas que tenían el film microperforado, tuvieron que ser reenvasadas esta vez en atmósfera modificada con una mezcla del 20% O₂ - 80% CO₂ y film alta barrera (anexo 2). El CO₂ tiene efecto bacteriostático y fungistático con lo que conseguimos reducir la proliferación de bacterias y mohos: por otro lado, con el oxígeno se sigue acelerando la oxidación lipídica. El film utilizado tiene cierta permeabilidad al vapor de agua, lo que permite la pérdida progresiva de humedad del producto.

Tras el envasado se etiquetaron manualmente cada una de las bolsas y se colocaron en barquillas (ilustración 12) para facilitar su transporte hasta el laboratorio de análisis. Durante todo el tiempo se guardaron en un lugar fresco, seco y en oscuridad.



Ilustración 12. Producto terminado

4.2. Estudio de la estabilidad oxidativa.

4.2.1. Pruebas físico-químicas.

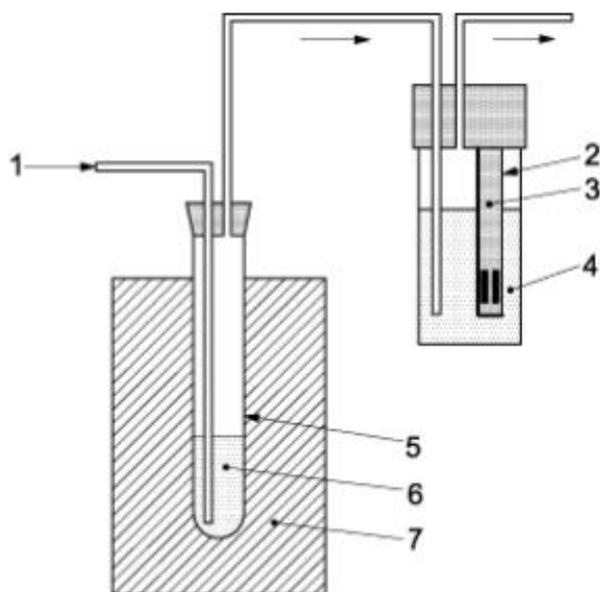
○ Estabilidad oxidativa de aceites y grasas por el método *Rancimat*.

Se siguió el procedimiento de ensayo para el estudio de la estabilidad oxidativa (OSI) mediante *Rancimat*. Se trata de un método de detección de la conductividad de los productos de descomposición de los aceites y grasas, que se realiza de forma acelerada bajo unas condiciones específicas. Permite medir un proceso que duraría meses en unas horas.

Según la norma *UNE-EN-ISO 6886* es importante conocer tres términos para entender el método:

- Periodo de inducción: tiempo transcurrido entre el comienzo de la medición y el momento en el cual aumenta rápidamente la formación de productos de la oxidación.
- Estabilidad oxidativa: periodo de inducción, expresado en horas, determinado según el procedimiento especificado en esta norma.
- Conductividad: capacidad de un material para conducir la corriente eléctrica.

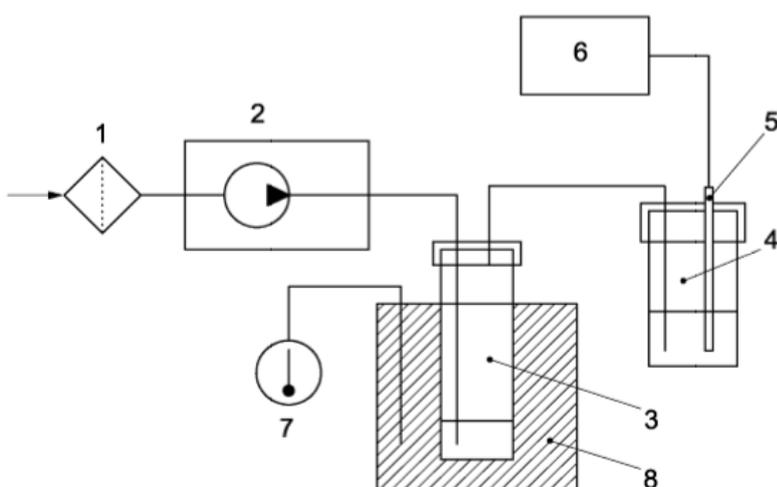
Funcionamiento del equipo: pasa un flujo de aire constante a través de la matriz alimentaria que se encuentra a la temperatura que se ha indicado. Los compuestos volátiles junto con el aire pasan al agua desionizada y se mide la conductividad a través de un electrodo. En las ilustraciones 13 y 14 se observa el esquema de funcionamiento del equipo.



Leyenda:

1. Aire.
2. Célula de medición.
3. Electrodo.
4. Solución de medición
5. Recipiente de aireación
6. Muestra
7. Pieza calefactora.

Ilustración 13. Esquema de la pieza calefactora, recipiente de aireación y célula de medición (Fuente: Norma UNE-EN-ISO 6886)



Leyenda:

1. Filtro de aire
2. Bomba de membrana de gas con control de ratio de flujo.
3. Recipiente de aireación.
4. Células de medición.
5. Electrodos.
6. Aparato de medición y registro.
7. Termómetro de contacto.
8. Pieza calefactora.

Ilustración 14. Esquema de Rancimat (Fuente: norma UNE-EN-ISO 6886)

En primer lugar se debe crear un método de análisis en el software del equipo que se llama Stabnet, en el cual se debe indicar la matriz alimentaria que se va a analizar, la temperatura y el flujo de aire. En el caso de una muestra sólida como patatas fritas se debe pesar en el tubo (ilustración 15) colocado en el portamuestras unos 0,7g de muestra preparada según el procedimiento de preparación de muestras (picada y homogeneizada) utilizando una balanza de precisión.

Se introducen los tubos en el equipo y se añade agua desionizada en los vasos. Se comienza la medición que van siendo registrada. Se mantiene en funcionamiento hasta después de alcanzar el tiempo de inducción, que aparecerá representado gráficamente en el software del equipo (ilustración 18).



Ilustración 15. Tubos de Rancimat



Ilustración 16. Equipo Rancimat



Ilustración 17. Detalle de Rancimat



Ilustración 18. Software del equipo (Stabnet)

Para crear la curva de estabilidad oxidativa de la matriz alimentaria objeto de estudio y, poder determinar su vida útil oxidativa, es necesario medir el OSI como mínimo por triplicado a cuatro o cinco temperaturas distintas.

○ **Composicional:**

▪ **Determinación de los hidratos de carbono insolubles.**

Se desarrolló siguiendo el procedimiento de ensayo para la determinación de los hidratos de carbono insolubles, según el cual se realiza una extracción de azúcar y grasa y una posterior extracción del almidón para las cuales es necesario introducir la muestra en tubos concéntricos (ilustración 19) e introducirlos en una centrifuga (imagen 20).



Ilustración 19. Tubos de centrifuga



Ilustración 20. Centrífuga

Por último se realizó una determinación colorimétrica, para lo cual es necesario crear una curva patrón de glucosa (ilustración 21).

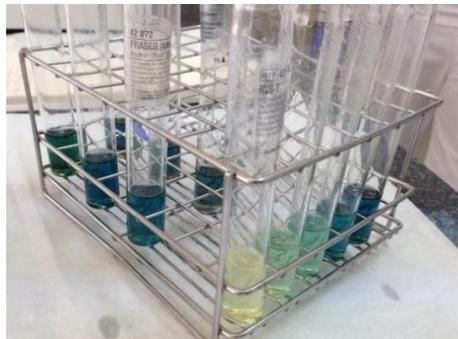


Ilustración 21. Tubos con recta patrón de glucosa y muestras

La expresión de los resultados viene dada por la fórmula:

$$\text{Glucosa (\%)} = 0,08 \text{ C/P}$$

$$\text{Hidratos de carbono insolubles (\%)} = 1,06 \text{ M}$$

Siendo: C (μg de glucosa leídos en la curva patrón); P (peso de muestra);

M (% total de glucosa obtenido)

- **Extracto acuoso.**

Se elaboró siguiendo el procedimiento de ensayo para la preparación del extracto acuoso. Se pesó una cantidad de muestra a la cual se le añadió agua destilada y disolución de Borax al 5% se disgregó el sólido con un dispersor Turrax y se mantuvo en agitación con calor una hora, como se puede observar en la ilustración 22. Posteriormente se le añadieron los dos reactivos de Carrez y se filtró como en la ilustración 23.



Ilustración 22. Agitador magnético con calefactor



Ilustración 23. Filtrado del extracto acuoso

▪ **Determinación de los hidratos de carbono solubles.**

Según el procedimiento de ensayo para la determinación de los azúcares totales solubles, en primer lugar se disolvieron los azúcares solubles en agua caliente, se realizó una inversión química y finalmente se realizó una valoración con el método Luff-Schoorl mediante una disolución de cobre (II).



Ilustración 24. Matraces aforados con extracto acuoso y anaranjado de metilo

En la ilustración 25 se observan los matraces esmerillados con la disolución problema y el reactivo de Luff-Schoorl que es lo que le produce el color azul. Los matraces se calentaron en la manta calefactora de la ilustración 26.



Ilustración 25. Reactivo Luff-Schoorl

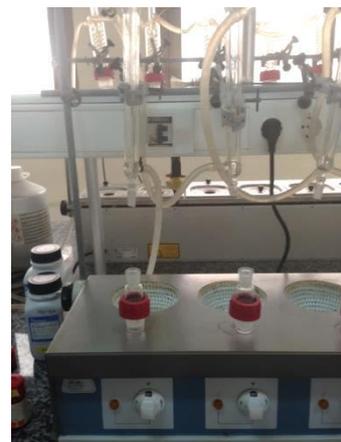


Ilustración 26. Calefactor con refrigerante

Finalmente se realizó una valoración del yodo libre con tiosulfato sódico. Se realizó también una valoración en blanco.

Expresión de los resultados:

$$\text{Porcentaje de azúcares (s.m.h)} = 2a/P$$

Siendo: P (peso (g) de la muestra inicial de la que se obtuvo el extracto acuoso); a (mg de azúcar correspondientes a la diferencia entre los volúmenes de tiosulfato de sodio (ml) consumidos en la valoración en blanco y problema.

▪ **Determinación de la proteína bruta.**

Se siguió el procedimiento de ensayo para la determinación de la proteína bruta. Se pesó una cantidad de muestra en un vidrio de reloj en una balanza analítica y se introdujeron en los tubos del digestor, se añadió ácido sulfúrico y un catalizador como se puede observar en la ilustración 27. Durante la digestión se transformó el nitrógeno orgánico en iones amonio (ilustración 28).



Ilustración 27. Tubos del digestor



Ilustración 28. Digestor Kjeldahl en la campana extractora

Se destiló el amoniaco y se recogió sobre ácido bórico, proceso que ocurre en la ilustración 29.



Ilustración 29. Destilador

Finalmente se realizó una valoración con ácido clorhídrico como en la imagen 30, con la que finalmente se determinó el contenido inicial de proteína. Se realizó un blanco.



Ilustración 30. Valoración ácido base

Expresión de los resultados:

$$\% \text{ de proteína bruta (s.m.h)} = 0,875 (V_1 - V_0) / (M - M_0)$$

Siendo: V_1 (volumen (ml) de ácido clorhídrico gastado en la valoración); V_0 (volumen (ml) de ácido clorhídrico gastado en el ensayo en blanco); M (peso (g) de muestra); M_0 (peso (g) muestra adherida al vidrio de reloj durante la pesada de la muestra).

▪ **Determinación de la grasa.**

Se realizó según el procedimiento de ensayo para la determinación de la grasa según el cual se realizó una hidrólisis ácida de la muestra (ilustración 31), posteriormente se desecó en una estufa y finalmente se realizó la extracción de la grasa de la muestra en el extractor (ilustración 32).



Ilustración 31. Hidrólisis ácida



Ilustración 32. Extractor de la grasa

Expresión de los resultados:

$$\% \text{ grasa (s.m.h)} = 100 (G - T) / M$$

Siendo: T (peso (g) del vaso); G (peso (g) del vaso con la grasa); M (peso (g) de la muestra).

○ **Compuestos polares:**

• **Grasa extraída.**

Para realizar las determinaciones de índice de peróxidos, determinación de ácidos grasos libres y la prueba espectrofotométrica en el UV fue necesario extraer previamente la grasa de la muestra.

Para realizar la extracción se pesó una cantidad de muestra y se añadió un disolvente, se mantuvo en agitación y oscuridad y posteriormente se filtró como en la ilustración 33. Finalmente la extracción se realizó con el rotavapor (ilustración 34).



Ilustración 33. Filtrado



Ilustración 34. Rotavapor

▪ **Determinación del índice de peróxidos.**

Se realizó siguiendo el procedimiento de ensayo para la determinación del índice de peróxidos (*Reglamento 2568:1991*) por el cual la muestra se disolvió en ácido acético y cloroformo y se trató con una disolución de yoduro potásico. Finalmente se valoró con tiosulfato sódico el yodo liberado (ilustración 35).



Ilustración 35. Valoración del yodo liberado

Expresión de los resultados:

$$IP = (V \times N \times 1000) / P$$

Siendo: V (ml solución valorada de tiosulfato sódico); N (normalidad de la solución de tiosulfato sódico); P (peso (g) de la muestra problema).

- **Determinación de los ácidos grasos libres.**

Siguiendo el procedimiento de ensayo para la determinación de los ácidos grasos libres con el método en frío (*Reglamento 2568:1991*) se realizó una disolución de la muestra con una mezcla de disolventes y se valoraron los ácidos grasos libres que contenía la muestra.



Ilustración 36. Valoración ácidos grasos libres

Expresión de los resultados:

$$V \times c \times (M/1000) \times (100/P) = (V \times c \times M) / (10 \times P)$$

Siendo: V (ml de solución valorada utilizada); c (concentración (mol/L) de la solución valorada utilizada); M (peso molecular del ácido en que se expresa el resultado); P (g de muestra utilizada).

- **Prueba espectrofotométrica en el ultravioleta.**

Se siguió el procedimiento de ensayo para la prueba espectrofotométrica en el ultravioleta (*Reglamento 2568:1991*). Se realizó disolviendo la grasa extraída de la muestra con un disolvente y realizando la medida espectrofotométrica.



Ilustración 37. Espectrofotómetro

Expresión de los resultados:

$$K_{\lambda} = (E_{\lambda} / c \times s)$$

Siendo: K_λ (extinción específica a la longitud de onda λ); E_λ (extinción medida a la longitud de onda λ); c (concentración de la solución (g/100ml); s (espesor de la cubeta de cuarzo (cm)).

4.2.2. Pruebas sensoriales.

Se realizó una cata de consumidores de patatas fritas tipo chips. Se planteó realizar la cata con el producto recién elaborado, transcurrido un mes desde la elaboración y transcurridos dos meses desde la elaboración de las patatas fritas. La prueba se realizó en la sala de catas situada en la planta baja del edificio del CTIC, compuesta por 10 cabinas individuales.

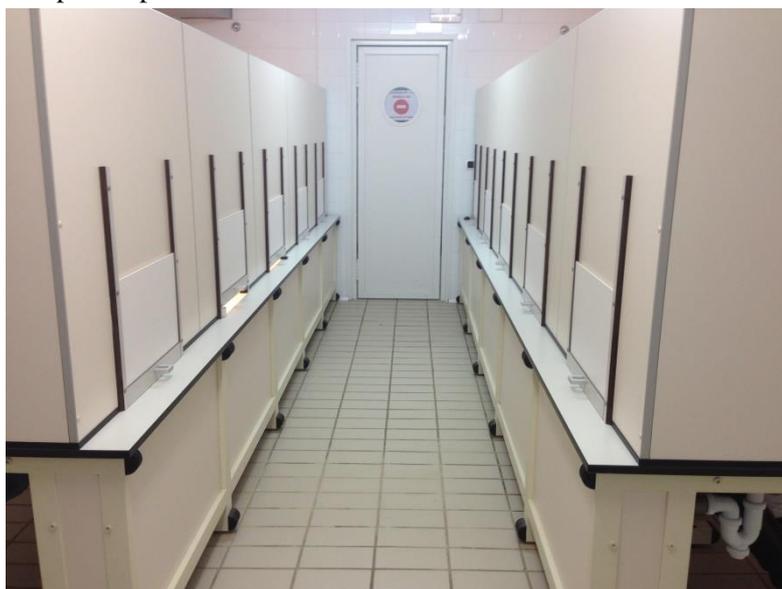


Ilustración 38. Sala de catas

Se presentó a cada catador 3 muestras de producto, identificadas con códigos de números aleatorios de 3 cifras. Las muestras codificadas con números aleatorios de tres cifras fueron:

Patatas control (A): 321

Muestra 1 (B): 114

Muestra 2 (C): 456

Necesidades de material y preparación de las muestras:

Las necesidades de material para 10 personas fueron: 10 platos, 10 servilletas, 10 vasos, 1 botella de agua y dos bolsas de cada tipo de muestra elegidas al azar.

Se utilizó la ficha ensayo de consumidores de patatas fritas (anexo 3) creada según la norma UNE-ISO 8587 sobre metodología y ordenación y la norma UNE-ISO 4121 sobre escalas de respuestas cuantitativas. Se realizó una prueba hedónica en la cual debían valorar varios atributos y ordenarlos en función de la intensidad de cada uno de ellos, del mayor al menor, se adjuntó una ficha de descripción de atributos que aparece a continuación en la tabla 4, con el fin de aclarar a cada uno de los catadores los atributos que debían valorar y como debían hacerlo, creada a partir de la ISO 5492:2008. Por otro lado se hizo una prueba de preferencia para la cual se utilizó una escala de respuestas cuantitativas.

Tabla 4. Descripción de atributos para cata

ATRIBUTOS

ANÁLISIS VISUAL	
Aceite en superficie	Atributo de textura relacionado con la percepción de la cantidad o la calidad de la grasa en la superficie del producto. Se determina de forma táctil.
Color	Natural, amarillo típico, color uniforme.

OLOR

Olor a rancio	Magnitud de la sensación a rancio percibida.
Intensidad global	Magnitud de la sensación percibida. Característico a patatas fritas.

TEXTURA

Crujencia	Atributo que se percibe por vía aérea, el oído externo es el primero en percibir si un alimento es crujiente. Por lo general estos alimentos se quiebran fácilmente.
Masticabilidad	Atributo mecánico de textura asociado con el esfuerzo requerido para masticar un producto sólido hasta un estado listo para su deglución.

SABOR

Salado	Sabor básico producido por la sal.
Sensación grasa	Percepción de la grasa exhudada que produce la percepción del carácter graso.
Sabor rancio	Alimento graso ligeramente corrompido por el paso del tiempo, con sabor y olor fuertes y desagradables.
Sabores extraños	Sabores distintos al típico de las patatas fritas.

Las muestras se presentaron a los catadores según el diseño de bloques que se especifica a continuación:

Tabla 5. Diseño orden presentación de muestras para 10 catadores (prueba hedónica).

Catador	Muestra 1	Código 1	Muestra 2	Código 2	Muestra 3	Código 3
1	A	321	B	114	C	456
2	B	114	C	456	A	321
3	C	456	A	321	B	114
4	A	321	C	456	B	114
5	B	114	A	321	C	456
6	C	456	B	114	A	321
7	A	321	B	114	C	456
8	B	114	C	456	A	321
9	C	456	A	321	B	114
10	A	321	C	456	B	114

A continuación en la ilustración 39 se puede observar cómo era el puesto de cada uno de los catadores, con el plato de muestras, la hoja de cata donde apuntar los resultados y la hora de descripción de atributos, un vaso con agua y una servilleta. Cada una de las cabinas se encuentra aislada y se indicó utilizar la luz natural.

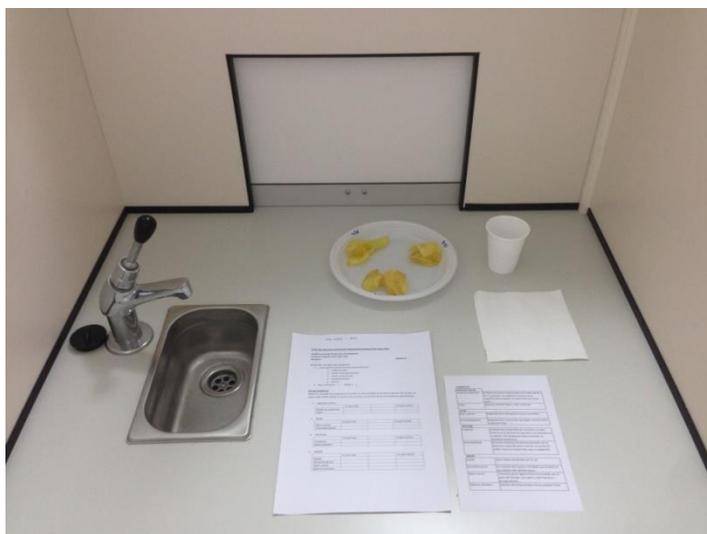


Ilustración 39. Cabina de cata con muestras y hojas

Mediante el programa de análisis estadístico Statgraphics se realizó el estudio de ANOVAS y múltiples rangos para observar diferencias entre las muestras a las distintas temperaturas. No hubo datos aberrantes.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Pruebas físico-químicas.

- **Caracterización nutricional del producto:**

En la tabla 6 se observa la información nutricional de las patatas fritas objeto de estudio. Los datos se obtuvieron por triplicado sobre el producto recién elaborado. Los datos se expresaron según el *Reglamento 1169/2011* sobre información alimentaria.

Tabla 6. Información nutricional patatas fritas

INFORMACIÓN NUTRICIONAL	
Valores nutricionales medios por cada 100g de producto	
Valor energético	1848,47 KJ 441,5 Kcal
Proteínas (g)	5
Hidratos de carbono (g)	48
de los cuales:	
Azúcares (g)	1,5
Grasas (g)	25,5
de las cuales:	
ácidos grasos saturados:	3,83
Sal (g)	1,5

El producto obtenido tuvo un contenido en agua del 20%. Esta gran cantidad de agua se debió a la ganancia del producto en el momento de elaboración al mantener a temperatura ambiente y en bandejas tras la fritura hasta el momento de envasado. El día de fabricación fue un día húmedo y lluvioso, lo que pudo influir en el producto final, dada la alta humedad ambiental.

A continuación como se puede observar en la tabla 7 se comparan los resultados obtenidos con los de la marca comercial *Lay's Estilo artesanas*:

Tabla 7. Comparación de la información nutricional con una marca comercial

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Valores nutricionales medios por cada 100g de producto		
	Patatas problema	Patatas Lay's
Valor energético	1848,47 KJ 441,5 Kcal	2131 KJ 511 Kcal
Proteínas (g)	5	6,1
Hidratos de carbono (g)	48	49,2
de los cuales:		
Azúcares (g)	1,5	0,5
Grasas (g)	25,5	31,1
de las cuales:		
ácidos grasos saturados:	3,8	4,7
Sal (g)	1,5	2,0

Las patatas objeto de estudio tuvieron un menor valor energético comparado con las patatas comerciales. Sobre todo cabe destacar el menor contenido graso del producto, en especial con menor nivel de ácidos grasos saturados. Por otro lado, el contenido en sal se redujo lo máximo posible.

Nota: Se planteó el análisis composicional sólo de la muestra control para adquirir habilidad en las pruebas de análisis.

- **Curva de estabilidad oxidativa:**

Para realizar la curva de estabilidad oxidativa se realizaron mediciones con Rancimat a cinco temperaturas diferentes de las tres muestras, haciendo cuatro repeticiones de cada una de ellas. Se realizó el cálculo de su tiempo de inducción, que se resume en la tabla 8 con sus medias y desviaciones típicas.

Dado que se ha imitado el proceso real de producción de patatas fritas en industria existen unas limitaciones que son la sartén de fritura, ya que se tuvieron que freír las muestras por turnos. Para conseguir una homogeneidad entre las muestras, se mezclaron en una bandeja antes de envasar. Otro factor de limitación fue el uso del equipo Rancimat, ya que no todas las muestras se podían medir a la vez, por eso las muestras de tiempo cero se envasaron en atmósfera modificada.

Tabla 8. Medidas de los tiempos de inducción a las distintas temperaturas

	CONTROL	MUESTRA 1	MUESTRA 2
	t inducción (h)	t inducción (h)	t inducción (h)
100°C	43,33±3,24	37,52±4,45	71,72±3,15
110°C	23,09±1,73	24,37±3,48	35,61±2,60
130°C	6,88±0,25	5,92±0,14	7,66±0,61
140°C	3,44±0,09	3,54±0,29	5,01±0,50
150°C	2,52±0,08	2,28±0,21	2,2±0,08

n= 3 valores medios± desviación típica

A 100°C se encontraron diferencias significativas entre las medias de las tres muestras ($p < 0,05$), encontrando diferencias entre la muestra control y la muestra 2 y, entre la muestra 1 y la muestra 2.

A 110°C se observó que las muestras control y muestra 2 son significativamente diferentes ($p < 0,05$), así como la muestra 1 y la muestra 2.

A 130°C se encontraron diferencias significativas entre las medias de las muestras encontrando significativamente diferentes ($p < 0,05$) la muestra control y la muestra 1; la muestra control y la muestra 2 y, la muestra 1 y la muestra 2.

A 140°C se puede afirmar que existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las medias de las muestras. Se encontraron diferencias significativas entre la muestra control y la muestra 2, y entre la muestra 1 y la muestra 2.

A 150°C existen diferencias significativas entre las medias de las tres variables para $p < 0,05$. Se establecieron diferencias significativas entre la muestra control y la muestra 1, entre la muestra control y la muestra 2, y entre la muestra 1 y la muestra 2 ($p < 0,05$).

A continuación se estimó el tiempo de vida útil del producto en el tiempo de forma acelerada. Se realizó el ajuste a 25°C de cada muestra con Q10 y Arrhenius directamente con el Stabnet y también se realizó el ajuste con el programa de análisis estadístico *Statgraphics*. En la tabla 9 se recoge el tiempo estimado de vida útil a 25°C con cada uno de los ajustes y su R^2 para posteriormente seleccionar la que mejor se ajusta.

Tabla 9. Tiempo estimado de vida útil del producto a 25°C

	Arrhenius			Q10			Statgraphics		
	R²	t(h)	t(años)	R²	t(h)	t(años)	R²	t(h)	t(años)
Control	0,9940	22235	2,53	0,9913	3388	0,38	0,9972	41504	4,74
M1	0,9881	20132	2,29	0,9870	3108	0,35	0,9937	36942	4,22
M2	0,9934	75165	8,58	0,9898	9165	1,04	0,9973	220717	25,20

Con *Statgraphics* se eligió el modelo multiplicativo dado que era el que mejor ajuste tenía. En todos los casos se obtuvo un R^2 bastante alto. La curva de estabilidad oxidativa nos permitió comparar la estabilidad de las distintas formulaciones del producto. Con los tres ajustes se observó la misma situación, la muestra 2 presentó un tiempo estimado de vida útil superior a la muestra control, que a su vez presentó mayor vida útil que la muestra 1.

A la vista de los resultados el modelo Q10 se ajusta más a los datos de vida útil real. La vida útil comercial de productos de aperitivo como patatas fritas envasados en aire es de unas 12 semanas y envasados en atmósfera modificada con una mezcla de 100% N_2 a una temperatura de almacenamiento de 20-25°C suele ser de aproximadamente 52 semanas (según *Messer*

Ibérica de Gases, S.A.), por lo que el uso del extracto de romero supondría un gran aumento en la vida útil comercial del producto.

Verificación

Con los datos obtenidos se obtuvieron los tiempos estimados de vida útil y, para realizar el estudio a tiempo real se seleccionó aquella temperatura cuyos tiempos de inducción se encontraron entre 4 y 12 horas, ya que según *Woestenburg y Zallberg (1986)*, la desviación estándar de la repetitividad es del 5% y un duplicado no pueden diferir con un 95% de confianza en más de 1,5 horas para un valor de 10 horas. Se eligió la temperatura de 130°C para realizar el estudio a tiempo real dado que se encontraron diferencias significativas entre las muestras y el tiempo de inducción entre las 4 y 12 horas previstas.

A continuación se observa una de las gráficas de tiempos de inducción a 130°C para cada una de las muestras (control, muestra 1 y muestra 2) obtenida con el software de Rancimat, Stabnet.

Curves overview

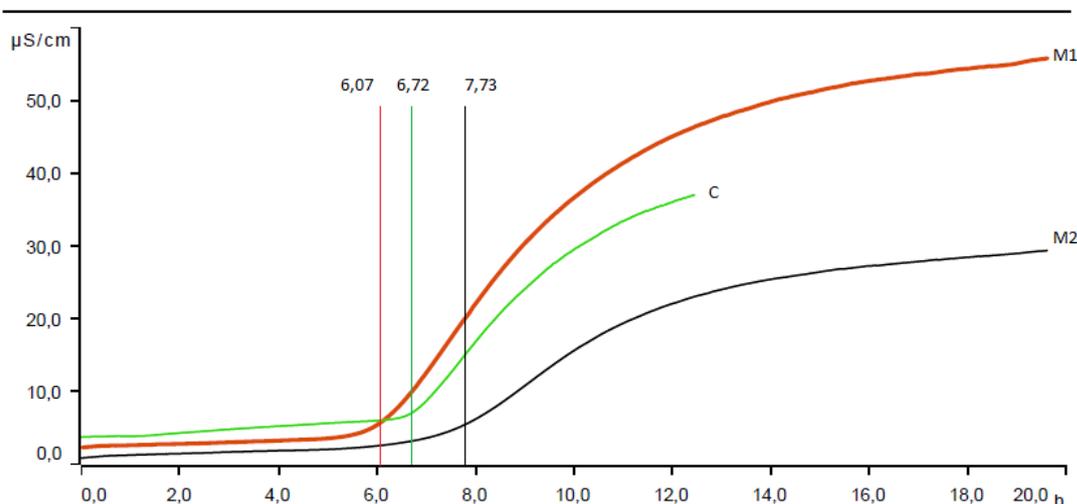


Ilustración 40. Ejemplo de gráfica de tiempos de inducción a 130°C

En la ilustración 40 se ven las tres fases que se dan en el proceso de oxidación: la primera es la fase de iniciación, las primeras horas en las que prácticamente no aumenta la conductividad, es una fase lenta; posteriormente, se produce la fase de propagación que comienza en el momento en el que se marca el tiempo de inducción (líneas verticales), se produce un aumento brusco de la conductividad debido al aumento de los productos de oxidación y, por último, se produce la fase de finalización, en la que se produce la descomposición en productos volátiles.

En la muestra 2 se observó cómo la fase de propagación se detuvo en comparación con la muestra control, por lo que se puede afirmar que el extracto de romero tiene efecto antioxidante sobre las patatas fritas. En cambio la muestra 1 sufrió un proceso de propagación más acentuado, probablemente debido a que el extracto de romero al añadirlo antes de la fritura ha actuado como prooxidante (*Hall and Cuppett, 1993*), posiblemente por la acumulación del extracto en el aceite de fritura. Quedaría abierta una línea de investigación para analizar el aceite de fritura y si efectivamente se acumuló gran cantidad de antioxidante en él.

- **Índice de estabilidad oxidativa (OSI)**

A continuación se realizó la medida del índice de estabilidad oxidativa. Se trata de un índice que mide la estabilidad de las grasas. Sirve para realizar estudios de estabilidad a tiempo real. Una vez seleccionada la temperatura, 130°C, se realizó el estudio con Rancimat transcurridos uno y dos meses tras la elaboración. En la tabla 10 se observan los datos de los tiempos de inducción obtenidos para cada una de las muestras en los tres tiempos en los que se desarrolló el estudio:

Tabla 10. Índice de estabilidad oxidativa (OSI) a 130°C

	CONTROL	MUESTRA 1	MUESTRA 2
MUESTRA	t inducción (h)	t inducción (h)	t inducción (h)
Control	6,88±0,25	6,91±0,31	6,99±0,98
Muestra 1	5,92±0,14	6,79±0,27	6,66±0,25
Muestra 2	7,66±0,61	8,76±0,28	8,87±0,34

n = 3 valores medios ± desviación típica

En el estudio realizado a los distintos tiempos se observó que la muestra 2 tardó más en oxidarse que la muestra control y que la muestra 1, debido al efecto antioxidante. La muestra 1 y la muestra control presentaron un tiempo de inducción similar no presentando diferencias significativas.

El índice de peróxidos mide el estado de oxidación inicial de un aceite o grasa, se puede afirmar que la grasa ha sufrido un proceso de oxidación. El índice de peróxidos no sirve para estudiar la oxidación a lo largo del tiempo.

Tabla 11. Índice de peróxidos de la grasa extraída de las patatas fritas

Índice de peróxidos			
	t= 0	t= 1	t= 2
Muestra	IP	IP	IP
Control	0,97±0,24	0,77±0,03	0,54±0,05
Muestra 1	0,98±0,06	0,76±0,02	0,62±0,03
Muestra 2	0,79±0,03	0,66±0,02	0,62±0,03

n= 3 valores medios ± desviación típica

Se observó una disminución del índice de peróxidos a lo largo del tiempo. Inicialmente se produce una oxidación del producto, posteriormente esos productos de oxidación primaria se van degradando produciéndose compuestos de oxidación secundaria. El índice de peróxidos inicial fue menor en la muestra 2, debido al efecto antioxidante que ralentiza la oxidación. La disminución del índice de peróxidos en la muestra 2 fue menor que en la muestra control y que en la muestra 1, se trata de un descenso lento y progresivo. La muestra 1 fue la que mayor índice de peróxidos inicial presentó, no se encontró efecto antioxidante al añadir el extracto de romero antes de la fritura.

El grado o índice de acidez es un indicador de la cantidad de ácidos grasos libres presentes en el aceite, expresada en tanto por ciento de ácido oleico. Un mayor grado de acidez significa mayor deterioro (*Reglamento 2568/91*). En la tabla 12 se observan los resultados del grado de acidez de las muestras a lo largo del tiempo:

Tabla 12. Grado de acidez de la grasa extraída de las patatas fritas

Ácidos grasos libres			
	Acidez (% oleico)		
	t=0	t=1	t=2
Control	19,76	17,06	8,66
Muestra 1	19,74	16,92	20,61
Muestra 2	18,33	18,51	12,45

Los ácidos grasos libres que aparecen en el aceite son debidos al agua eliminada del producto. En la muestra control y en la muestra 2 el grado de acidez disminuyó con el tiempo; en cambio en la muestra 1 se apreció un ascenso considerable de ácidos grasos libres en el segundo mes, consecuencia de un mayor deterioro del producto a lo largo del tiempo.

Según el *Reglamento 2568/91* las absorbancias o medidas espectrofotométricas en el ultravioleta son indicadores de la presencia en un aceite de compuestos de oxidación complejos, distintos de los peróxidos. Se originan por una mala conservación o por modificaciones inducidas por los procesos tecnológicos.

En la tabla 13 se observan las medidas de absorbancia en el ultravioleta de la grasa extraída de las patatas.

Tabla 13. Absorbancia en el ultravioleta de la grasa extraída de las patatas fritas

Espectrofotometría UV						
	t=0		t=1		t=2	
	k232	k270	k232	k270	k232	k270
Control	3,31±0,05	1,30±0,05	3,35±0,02	1,34±0,04	3,17±0,02	1,19±0,01
Muestra 1	3,34±0,02	1,74±0,07	3,32±0,06	1,64±0,06	3,25±0,01	1,46±0,02
Muestra 2	3,42±0,01	1,38±0,02	3,34±0,08	1,40±0,06	3,23±0,07	1,24±0,02

n=3 valores medios ± desviación típica

Según *Jorge Mir Bel (2010)* mediante espectrofotometría se pueden detectar compuestos de oxidación primaria, que presentan máxima absorbancia a 235 nm. Como indicador de la oxidación secundaria (distinta de peróxidos) se mide a 270 nm, ya que los compuestos de oxidación secundaria como aldehídos y cetonas absorben a esta longitud de onda. El coeficiente específico K232 indicó una disminución de los compuestos de oxidación primaria a lo largo del tiempo. En cuanto al coeficiente específico K270 se observó un aumento de los compuestos de oxidación secundaria en las muestras control y muestra 2 transcurrido un mes y un descenso posterior de los mismos. En cuanto a la muestra 1 se observa un descenso de los compuestos de oxidación secundaria a lo largo del tiempo. Lo que indica que la muestra 1 ha sufrido un proceso de oxidación más rápido que las otras dos muestras.

5.2. Pruebas sensoriales.

Se realizaron tres pruebas sensoriales a lo largo del tiempo, la primera el día 18 de febrero de 2016, con el producto recién elaborado, la siguiente transcurrido un mes, el día 22 de marzo de 2016 y la última transcurridos dos meses desde la elaboración, el día 21 de abril de 2016. En las tres catas el porcentaje de hombres y mujeres catadores fue el mismo, 50% hombres y 50% mujeres.

En la primera cata la frecuencia de consumo de los catadores fue de un 70% consumen varias veces por semana, un 10% varias veces a la semana y un 20% consumen patatas fritas ocasionalmente. En esta primera cata el 60% de los catadores eligió la muestra 2 en primer lugar, en segundo lugar un 50% de los catadores colocaría la muestra 1 y en tercer lugar el 50% de los catadores colocaría la muestra control.

Tabla 14. Orden de preferencia (%) de las muestras de patatas fritas

	1°	2°	3°
Muestra control	10	40	50
Muestra 1	30	50	20
Muestra 2	60	10	30

La muestra 2 fue la que mayor aceptabilidad global recibió con una valoración de $3,35 \pm 1,35$ sobre 5, seguido de la muestra 1 que recibió una valoración de $2,95 \pm 1,14$ y finalmente de la muestra control con una valoración de $2,84 \pm 1,05$. En general todas las muestras fueron aceptadas, por lo que podrían ser consumidas.

Como se ha podido observar la prueba de ordenación de atributos se evaluó según la norma *UNE-ISO 8587* sobre metodología de ordenación. Se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) en los atributos de olor y textura. En el olor a rancio se concluye que la muestra control es diferente de la muestra 1 ($p < 0,05$) y, que la muestra control es diferente de la muestra 2 ($p < 0,05$). Para el atributo de intensidad global se concluye que la muestra control es diferente de la muestra 2 ($p < 0,05$). En cuanto al atributo de textura de crujencia se concluye que la muestra control es distinta a la muestra 2 ($p < 0,05$) y, que la muestra 1 es distinta de la muestra 2 ($p < 0,05$). Por último para el atributo de masticabilidad se encuentra que la muestra control es distinta que la muestra 2 ($p < 0,05$).

En la cata realizada tras un mes la frecuencia de consumo de los catadores fue de un 50% consumen varias veces por semana, un 10% varias veces a la semana y un 40% consumen patatas fritas ocasionalmente. En esta cata el 50% de los catadores prefiere la muestra 2 en primer lugar, un 50% de los catadores colocaría la muestra 1 en segundo lugar y el 60% de los catadores colocaría la muestra control en tercer lugar.

Tabla 15. Orden de preferencia (%) de patatas fritas tras un mes

	1°	2°	3°
Muestra control	0	40	60
Muestra 1	50	20	30
Muestra 2	50	40	10

Tras un mes la aceptabilidad global de la muestra control disminuyó con una puntuación de $2,11 \pm 0,95$, la muestra 1 más o menos fue valorada de la misma manera ($3,05 \pm 1,16$) y la aceptabilidad de la muestra 2 aumentó con el tiempo, $3,62 \pm 1,14$.

En la prueba de ordenación de atributos se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), encontrando diferentes la muestra control de la muestra 2.

En la última cata realizada tras dos meses desde la elaboración del producto la frecuencia de consumo de los catadores fue de un 40% consumen varias veces al mes, un 10% varias veces a la semana y un 50% consumen patatas fritas ocasionalmente. En esta cata el 90% de los catadores prefiere la muestra 2 en primer lugar, un 50% de los catadores colocaría la muestra 1 en segundo lugar y el otro 50% la colocaría en tercer lugar y el 50% de los catadores colocaría la muestra control en tercer lugar.

Tabla 16. Orden de preferencia (%) de las patatas fritas tras dos meses

	1°	2°	3°
Muestra control	10	40	50
Muestra 1	0	50	50
Muestra 2	90	10	0

Se encontraron diferencias significativas entre el orden de preferencia de la muestra control respecto a la muestra 2 y entre la muestra 1 y la muestra 2.

La aceptabilidad global tras dos meses de la muestra control fue la que más disminuyó recibiendo una valoración de $1,76 \pm 1,05$; la muestra 1 tuvo una valoración de $2,29 \pm 0,97$. En cambio la muestra 2 aumentó la aceptabilidad a lo largo del tiempo, recibiendo una valoración de $3,60 \pm 0,82$. Un factor determinante para ello que debido a las características del envase que posee cierta permeabilidad al vapor de agua, la crujencia de la muestra aumentó con el tiempo, existiendo diferencias significativas en el atributo de crujencia y estableciendo diferencias ($p < 0,05$) entre la muestra control y la muestra 2.

6. CONCLUSIONES

1. El extracto de romero ha resultado efectivo a la hora de ralentizar el proceso de oxidación lipídica en patatas fritas tipo chips adicionándolo como aditivo tras la fritura. La dosis recomendada de extracto de romero de $1,25 \text{ g/kg}$ de producto ha resultado efectiva.
2. La muestra 2 a la que se añadió el antioxidante tras la fritura tuvo tiempos de inducción más altos que las otras muestras, siendo indicativo de que el antioxidante ralentiza el proceso de oxidación de las patatas fritas. Lo que conlleva una reducción del enranciamiento del producto.
3. En las evaluaciones sensoriales no se detectaron sabores extraños, el aspecto general fue similar a la muestra control y la aceptabilidad hacia el producto fue mayor que sobre la muestra control. En la evaluación realiza tras dos meses destacó que la muestra 2 fue un producto más crujiente respecto a las otras muestras.
4. El tiempo de vida útil comercial ha resultado ser mayor para la muestra 2 en comparación con las otras muestras. Estimando una vida útil comercial de 1 año.
5. Contrariamente a lo que se podría esperar la adición del antioxidante antes de la fritura no obtiene resultados satisfactorios, por lo que no se sigue por esa línea de investigación.

En conclusión, la vida útil comercial de las patatas fritas y sus características organolépticas pueden ser incrementadas añadiendo extracto de romero como antioxidante tras la fritura.

7. BIBLIOGRAFÍA

Ben Salem, M., Affes, H., Ksouda1, K., Dhoubi1, R., Sahnoun, Z., Hammami, S., Mounir Zegha, K. (2015) Pharmacological Studies of Artichoke Leaf Extract and Their Health Benefits. *Plant Foods Hum Nutr.* 70:441–453

Chammem, N., Saoudi, S., Sifaoui, I., Sifi, S., de Person, M., Abderraba, M., ... Hamdi, M. (2015). Improvement of vegetable oils quality in frying conditions by adding rosemary extract. *Industrial Crops and Products*, 74, 592–599.

Che Man, Y. B., Tan, C.P. (1999) Effects of Natural and Synthetic Antioxidants on Changes in refined, bleached, and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76:331-340

Decreto 2484/1967, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el texto del Código alimentario español.

Del Nobile, M. A. (2001) Packaging design for potato chips. *Journal of Food Engineering.* 47, 211-215.

Envasado en atmósfera protectora.
http://www.messer.es/Sectores_y_aplicaciones/Alimentacion/atmosferas_protectoras/Gases-alimentarios_MAP.pdf Consultado el: 21/06/2016

Frutos, M. J., Hernández-Herrero, J.A. (2005) Effects of Rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*) on the stability of bread with an oil, garlic and parsley dressing. *LWT*, 38: 651-655.

Gawel, K., Bujak, T., Nizioł-Lukaszewska, Z., Antosiewicz, B., Jakubczyk, A., Karaś, M., Rybczyńska, K. (2015) Stevia rebaudiana Bert. leaf extracts as a multifunctional source of natural antioxidants. *Molecules*. 20(4), 5468-5486.

Hall, C. A., & Cuppett, S. L. (1993). The effects of bleached and unbleached rosemary oleoresins on light-sensitized oxidation of soybean oil. *Journal of American Oil Chemists Society*, 70, 477-482.

Jimenez, L., Speisky, H. (2000). Radicales libre y antioxidantes en la prevención de enfermedades: II mecanismos de defensa antioxidantes. *Revista Chilena de nutrición.* 27(2), 210-219.

Kita, A. (2014). The effect of frying on fat uptake and texture of fried potato products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), 735–740.

Lalas, S., Dourtoglou, V. (2003) Use of rosemary extract in preventing oxidation during deep-fat frying of potato chips. *JAOCs*, 80 (6)

Lolos, M., Oreopoulou, V., Tzia, C. (1999) Oxidative stability of potato chips: effects of frying oil type, temperature and antioxidants. *Journal of science of food and agriculture.* 79, 1524-1528

Márquez-Ruiz, G., Ruiz-Méndez, M. V., & Velasco, J. (2014). Antioxidants in frying: Analysis and evaluation of efficacy. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(11), 1441–1450.

Mehta, U., Swinburn, B. (2001). A review of factors affecting fat absorption in hot chips. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 41 (2):133-54.

Metrohm. (1993). Determinación de la estabilidad a la oxidación de aceites y grasas por el método Rancimat.

Mir Bel, J. (2010) Caracterización y modelado de la fritura a vacío de productos amiláceos no laminados. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza. Zaragoza.

Norma UNE-ISO 4121:2003. Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cuantitativas.

Norma UNE-ISO 6886:2006. Animal and vegetable fats and oils. Determination of oxidative stability (accelerated oxidation test).

Norma UNE-ISO 8587:2006. Análisis sensorial. Metodología. Ordenación.

Norma UNE-EN-ISO 5492:2008. Análisis sensorial. Vocabulario.

Orden de 26 de enero de 1989 por la que se aprueba la Norma de Calidad para los Aceites y Grasas Calentados.

Reglamento (CEE) nº 2568/91 relativo a las características de los aceites de oliva y de los aceites de orujo de oliva y sobre sus métodos de análisis.

Reglamento (UE) 1129/2011 de la Comisión de 11 de noviembre de 2011 por el que se modifica el anexo II del Reglamento (CE) nº 1333/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo para establecer una lista de aditivos alimentarios de la Unión

Reglamento (UE) 1169/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 25 de octubre de 2011 sobre la información alimentaria facilitada al consumidor

Robert, P., Masson, L., Romero, N., Dobarganes, MC., Izaurieta, M., Ortiz, J., Witting, E. (2001) Fritura industrial de patatas críps. Influencia del grado de insaturación de la grasa de fritura sobre la estabilidad oxidativa durante el almacenamiento. *Grasas y aceites.* Vol. 52. Fasc. 6, 389-396

PRS-RO. <http://www.prosur.es/productos-antioxidantes.php> Consultado el: 21/06/201

Woestenburg, W. J., Zaalberg, J., Determination of the Oxidative Stability of Edible Oils - Interlaboratory Test with the Automated Rancimat(R) Method. *Fette Seifen Anstrichm.*, 88 (1986) 53.

8. ANEXOS

Anexo 1. Cálculos de producto para producción.

Curva estabilidad oxidativa					
	t ^a 1	t ^a 2	t ^a 3	t ^a 4	t ^a 5
Control	1	1	1	1	1
M1	1	1	1	1	1
M2	1	1	1	1	1
	3	3	3	3	3

Tiempo de inducción			
	T=0	T=1	T=2
Control	0	1	1
M1	0	1	1
M2	0	1	1
	0	3	3

Compuestos polares			
	T=0	T=1	T=2
Control	9	9	9
M1	9	9	9
M2	9	9	9
	27	27	27

Sensorial			
	T=0	T=1	T=2
Control	2	2	2
M1	2	2	2
M2	2	2	2
	6	6	6

Composicional					
	Humedad	Grasa	Solubles	Insolubles	Proteína
Control	1	1	1	1	1
M1	0	0	0	0	0
M2	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1

	Total N2	Total O2	Total
Control	19	26	45
M1	14	26	40
M2	14	26	40
Total	47	78	125
Total g	1645	2730	4375

1 bolsa = 35g

O2	
N2	

Anexo 2. Características del film de envasado.

WIPAK

BIAXOP 90 XX VFP

ESPESOR	µm	90
PESO	g/m ²	89
RENDIMIENTO	m ² /kg	11,2
BRILLO		120
TRANSMISION A LA LUZ	%	90
PERMEABILIDAD VAPOR DE AGUA	g/m ² /24h	0,6
PERMEABILIDAD OXIGENO	cc/m ² /24h, 23°C/50%RH	5,0
PERMEABILIDAD OXIGENO	cc/m ² /24h, 4°C/50%RH	<1
PERMEABILIDAD CO2	cc/m ² /24h, 23°C/50%RH	20
RESISTENCIA PERFORACION	N (outside/inside)	11/15
RESISTENCIA A LA ROTURA	Pinholes/dm ²	<1
PROFUNDIDAD TERMOFORMADO	mm	-
TEMPERATURA DE SELLADO	°C	110-150
METROS POR BOBINA	m	950
ML/PAL ANCHO>325MM 16bob/pal	m	15 200
ML/PAL ANCHO<325MM 24bob/pal	m	22 800
COMPOSICION	BOPP//PE HB VFP	

Todo el embalaje respeta las recomendaciones en vigor, FDA e BgVV.
Todas las especificaciones estan dadas a titulo informativo.
Total de tolerancias en el espesor +/- 10%

WIPAK

Anexo 3. Hoja de cata

Ficha de cata para evaluación sensorial de patatas fritas tipo chips

Análisis sensorial. Ensayo de consumidores

Producto: patatas fritas tipo chips

Nombre:

Cabina nº:

Responde a las siguientes preguntas:

1. ¿Con qué frecuencia consume este producto?:
 1. Todos los días.
 2. Varias veces por semana.
 3. Varias veces al mes.
 4. Ocasionalmente.
 5. Nunca.
2. Sexo: Hombre () Mujer ()

Prueba hedónica:

Observe y pruebe las muestras en el orden en que se indica en la parte superior de la hoja. En cada cuadro debe indicar el número de muestra, en función de la intensidad de cada atributo.

• **ANÁLISIS VISUAL:**

	La que más		La que menos
Aceite en superficie			
Color			

• **OLOR:**

	La que más		La que menos
Olor a rancio			
Intensidad global			

• **TEXTURA:**

	La que más		La que menos
Crujencia			
Masticabilidad			

• **SABOR:**

	La que más		La que menos
Salado			
Sensación grasa			
Sabor rancio			
Sabores extraños			

Observaciones: _____

Prueba de preferencia:

Valore la aceptabilidad global con la siguiente escala:

1. Me disgusta bastante
2. Me disgusta levemente
3. Ni me gusta ni me disgusta
4. Me gusta levemente
5. Me gusta bastante

Código de muestra			
Aceptabilidad global			

A continuación, ordene las muestras que ha probado de mayor a menor preferencia, siendo, 1 la que más le gusta y 3 la que menos le gusta.

Orden de preferencia	1	2	3
Código de muestra			