Universidad
Politécnica
de Cartagena

Mariano Otón
Alcaraz
Tesis Doctoral
2017

ELABORACIÓN INDUSTRIAL DE HABA MÍNIMAMENTE PROCESADA EN FRESCO. OPTIMIZACIÓN DE SU CALIDAD Y VIDA COMERCIAL

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE LOS ALIMENTOS Y DEL
EQUIPAMIENTO AGRÍCOLA**

Tesis Doctoral

**ELABORACIÓN INDUSTRIAL DE HABA MÍNIMAMENTE
PROCESADA EN FRESCO. OPTIMIZACIÓN DE SU CALIDAD Y
VIDA COMERCIAL**

MARIANO OTÓN ALCARAZ

Dirigida por

DR. FRANCISCO ARTÉS HERNÁNDEZ

DR. FRANCISCO ARTÉS CALERO

2017

**CONFORMIDAD DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE DEPÓSITO DE
TESIS DOCTORAL POR EL/LA DIRECTOR/A DE LA TESIS**

Los Drs. **Francisco Artés Hernández** y **Francisco Artés Calero** Directores de la Tesis doctoral **ELABORACIÓN INDUSTRIAL DE HABA MÍNIMAMENTE PROCESADA EN FRESCO. OPTIMIZACIÓN DE SU CALIDAD Y VIDA COMERCIAL**

INFORMAN:

Que la referida Tesis Doctoral, ha sido realizada por **D. Mariano Otón Alcaraz**, dentro del programa de doctorado **Técnicas Avanzadas en Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (TAIDA)**, dando nuestra conformidad para que sea presentada ante la Comisión de Doctorado para ser autorizado su depósito.

La rama de conocimiento en la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- ☐ Ciencias
- ☐ Ciencias Sociales y Jurídicas
- ☐ **Ingeniería y Arquitectura**

En Cartagena, a 17 de enero de 2017

LOS DIRECTORES DE LA TESIS

Fdo.: Francisco Artés Hernández

Fdo.: Francisco Artés Calero

COMISIÓN DE DOCTORADO

**CONFORMIDAD DE DEPÓSITO DE TESIS DOCTORAL
POR LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA**

D^a. ***Encarnación Aguayo Giménez***, Secretaria de la Comisión Académica del Programa ***Técnicas Avanzadas en Investigación y Desarrollo Agrario y Alimentario (TAIDA)***

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada, “***ELABORACIÓN INDUSTRIAL DE HABA MÍNIMAMENTE PROCESADA EN FRESCO. OPTIMIZACIÓN DE SU CALIDAD Y VIDA COMERCIAL***”, ha sido realizada, dentro del mencionado programa de doctorado, por D. ***Mariano Otón Alcaraz*** bajo la dirección y supervisión de los Drs. ***Francisco Artés Hernández*** y ***Francisco Artés Calero***

En reunión de la Comisión Académica de fecha 17/01/2017, visto que en la misma se acreditan los indicios de calidad correspondientes y la autorización de los Directores de la misma, se acordó dar la conformidad, con la finalidad de que sea autorizado su depósito por la Comisión de Doctorado.

La Rama de conocimiento por la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- ☐ Ciencias
- ☐ Ciencias Sociales y Jurídicas
- ☒ **Ingeniería y Arquitectura**

En Cartagena, a 18 de Enero de 2017

LA SECRETARIA DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA

Fdo: ***Encarnación Aguayo Giménez***

COMISIÓN DE DOCTORADO

El destino es el que baraja las cartas,
pero nosotros somos los que jugamos

William Shakespeare

AGRADECIMIENTOS

Los agradecimientos son una parte especial de cualquier Tesis Doctoral, recordar a las personas que te han ayudado, con los que has aprendido, vivido y compartido muchas cosas aparte de lo puramente científico, es algo importante y necesario.

Por diversos motivos he tenido la suerte de sentirme querido en los agradecimientos de innumerables Tesis y trabajos finales de Máster o de Carrera, tesinas o maestrías, ya sea por haber ayudado técnicamente o moralmente, algo esto último que en la mayoría de los casos es muy necesario en las personas que se embarcan en una carrera investigadora pues cuesta ver el final o se pierden los motivos por los que se empieza. Ahora me es imposible nombrar a todos y cada uno de ellos, pero llevo en el corazón cada palabra o frase que me ha permitido seguir ayudando a otros de la mejor manera que sé, con una sonrisa y sin esperar nunca nada a cambio. Por ello, ahora que me toca a mí recordar lo bueno de todas estas personas a las que he intentado tratar de la misma manera siempre, sin distinciones, como un padre que no tiene un hijo favorito y para el que todos son especiales y diferentes a la misma vez. Con unos he tenido más acercamiento, otros se han quedado en mi vida, otros han salido de ella porque tenemos caminos distintos o porque no éramos afines, siempre partiendo de mi forma particular de ver las cosas y que se resume en que quien sólo busca el aplauso de los demás, pone su felicidad en manos ajenas y eso no era ni mi objetivo ni mi filosofía. No me he podido llevar bien con todos, espero que aquel que esperaba que fuera de otra manera me perdone, nunca fue con maldad. Por suerte el balance es positivo y me ha permitido abrazar muchas partes del mundo con ello.

A quien no puedo olvidar, porque se merecen unas palabras es a las dos personas que le dieron una oportunidad, hace ya casi 14 años, a un recién titulado con ganas de aprender y trabajar y que se convirtieron en algún momento de estos años en jefes, compañeros y amigos y ahora Directores de Tesis, los Drs. Francisco Artés Calero y Francisco Artés Hernández. Todo lo que soy laboralmente se lo debo a ellos. Hemos vivido, compartido y trabajado codo a codo, rompiendo la barrera de empleado-jefes durante estos años, algo que siempre he valorado y apreciado y así me he sentido. Muchas gracias por todo. Creo haberos demostrado mi

agradecimiento día a día, siempre habéis podido contar conmigo y yo con vosotros, pero nunca lo había dicho tan directamente como en la oportunidad que se me presenta ahora.

Agradezco a mi esposa Laura e hijo Raúl (y a la que viene), por darme motivos para levantarte cada día a luchar y disfrutar la vida, el apoyo, las risas y buenos momentos de todos estos años, que no han sido fáciles. También a mi familia, por haberme permitido llegar hasta aquí y haberme apoyado en este camino. Y, en general, a todos mis amigos que han estado en algún momento para lo bueno y lo malo. Puedo decir que soy afortunado al decir que tendría que poner muchos nombres en este apartado pero prefiero guardarlos conmigo.

Por último, y no en última posición, a mis compañeros y amigos de la Universidad, a los que me soportan día a día y lo hacen todo más fácil, a los que me animan, a los alérgicos al chocolate que han luchado codo a codo conmigo librando grandes batallas, a los que me han enseñado muchas de las cosas que sé ahora, a los que me dan consejos sobre la vida, la alimentación, el deporte, los hijos, los que comparten un café o una comida, incluso un cigarrillo aunque yo no fume, ya sea en la cocina de IBV, en el Dower, la cantina, el “chino” o cualquier bar o restaurante donde relajarnos, a los que te devuelven una sonrisa cuando los visitas con un problema, a los que se han preocupado más por ti que tú por ellos, incluso cuando estaban en otro país de estancia o en su hogar, a los que me permiten disfrutar de una conversación profunda, trascendente o liberadora mientras se ajusta o estabiliza algún equipo o simplemente se ordena un cajón. También a los que en algún momento han estado allí cuando los he necesitado. Todo ha sido más fácil con su presencia y espero habérselo hecho fácil también a ellos.

Gracias a FRUTAS ESPARZA S.L. por haberme dado la oportunidad de presentar los datos que forman buena parte mi Tesis y a la Técnico de dicha Empresa y compañera de estudios, Raquel, por haberme ayudado en la elaboración y desarrollo de las experiencias.

Muchas gracias a todos.

(Pondría a “a todos y todas” pero no quiero que se enfade Arturo Pérez Reverte)

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	i
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	ix
1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES	1
1.1. Aspectos agronómicos del cultivo del haba	6
1.1.1. Taxonomía y origen	6
1.1.2. Clasificación y variedades	9
1.1.3. Ciclos del cultivo	10
1.1.4. Principales alteraciones postcosecha	12
1.1.5. Propiedades nutricionales del haba	14
1.2. Situación actual del cultivo del haba	17
1.2.1. El haba en la Región de Murcia	17
1.2.2. El haba en España	19
1.2.3. El haba en el mundo	21
1.3. Proceso de elaboración y manipulación para la comercialización del haba como producto mínimamente procesado en fresco	22
1.3.1. Generalidades del proceso	22
1.3.2. Recolección, recepción, prerrefrigeración	23
1.3.3. Tría, prelavado y desvainado	24
1.3.4. Lavado-desinfección, enjuague, escurrido-secado y envasado en atmósfera modificada	26
1.3.5. Control de calidad	27
1.3.6. Paletización, transporte, expedición y venta	28
1.4. Fisiología, bioquímica y seguridad alimentaria de los vegetales mínimamente procesados en fresco	29
1.4.1. Tasa respiratoria y emisión de etileno	29
1.4.2. Procesos enzimáticos	32
1.4.3. Seguridad alimentaria	33
2. INTERÉS Y OBJETIVOS	37
2.1. Interés	39

2.2. Objetivos	40
2.2.1. Objetivo general	40
2.2.1. Objetivos específicos	40
3. MATERIALES Y MÉTODOS	43
3.1. Material vegetal	45
3.2. Procesado	45
3.3. Análisis y determinaciones	45
3.3.1. Determinación de la actividad respiratoria y de la emisión de etileno	45
3.3.2. Determinación de la composición gaseosa en los envases	47
3.3.3. Color	48
3.3.4. Firmeza	49
3.3.5. Atributos químicos: sólidos solubles, pH y acidez titulable	50
3.3.6. Evaluación sensorial	51
3.3.7. Análisis microbiológicos	52
3.3.8. Análisis estadístico	53
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1. Caracterización fisiológica de los diversos cvs. estudiados	57
4.1.1. Tasa respiratoria	57
4.1.2. Emisión de etileno	59
4.2. Diseño del envase	61
4.2.1. Atmósfera óptima para la conservación de semillas de haba	61
4.2.2. Cálculo de la permeabilidad requerida del envase	63
4.3. Optimización de la atmósfera de conservación	69
4.3.1. Variedad Muchamiel cv. Valencia	71
4.3.2. Variedad Muchamiel cv. Palencia	73
4.3.3. Variedad Muchamiel cv. Granulla	74
4.4. Optimización del proceso de desinfección	77
4.4.1. Optimización de la desinfección con hipoclorito sódico para preservar la calidad de las habas mínimamente procesadas	77
4.4.2. Estudio de la composición atmosférica en bolsas y en tarrinas bajo diferentes condiciones de lavado	85
4.4.3. Estudio de la composición atmosférica y control de parámetros de calidad de las semillas de haba mínimamente procesadas a diferentes temperaturas de	103

conservación	
4.4.4. Efecto de agentes antipardeantes en semillas de haba mínimamente procesada en fresco para preservar su calidad	115
4.5. Transferencia tecnológica al sector industrial del procesado mínimo en fresco del haba	125
4.5.1. Control de calidad en la línea de procesado de semillas de haba	126
4.5.2. Control microbiológico en la línea de proceso	131
4.5.3. Estudio de la composición gaseosa bajo diferentes temperaturas de conservación y control del proceso de elaboración de las semillas de haba	141
4.5.4. Control de calidad de las semillas de haba mínimamente procesada en fresco	147
4.5.5. Efecto de agentes desinfectantes alternativos al hipoclorito sódico en la calidad de habas mínimamente procesadas en fresco	153
4.6 Patente de un método industrial para el procesado mínimo en fresco de habas y de guisantes y planta de procesado	163
5. CONCLUSIONES GENERALES	195
6. BIBLIOGRAFÍA	201
7. PUBLICACIONES Y PATENTE DERIVADAS DE LA PRESENTE TESIS DOCTORAL	213

RESUMEN

El actual estilo de vida y hábitos alimentarios han definido un perfil de consumidor que demanda alimentos cada vez más naturales, sanos, seguros, saludables y de elevada calidad sensorial y nutritiva, dispuestos para su consumo fácil, inmediato e íntegro, que hayan sufrido un procesado mínimo y sostenible. En este sentido, un producto como las semillas de haba en un envase listo para consumir, sin tener que desvainar las semillas para ello, es una alternativa práctica e innovadora. Por tanto, a través de un contrato de investigación con FRUTAS ESPARZA S.L., proveedora de MERCADONA S.A., se desarrolló el concepto de semillas de habas mínimamente procesadas en fresco y la ejecución y optimización de su proceso industrial en las instalaciones de la empresa. Para obtener la semilla de haba mínimamente procesada, ha sido necesario acometer una serie de etapas de proceso que aseguraran su calidad y seguridad, incluyendo el desvainado, prelavado, lavado-desinfección, enjuagado, secado y envasado bajo atmósfera modificada, entre otras.

En primer lugar ha sido imprescindible conocer y controlar la respiración de la semilla para prolongar su supervivencia comercial, además de poder definir un envase que permitiera generar una atmósfera modificada de equilibrio óptima para su conservación. El diseño de las distintas operaciones unitarias del proceso y su aplicación a una línea de producción industrial real fue un reto difícil. Para superarlo se realizaron una serie de experiencias que comenzaron con la caracterización de las variedades comerciales cultivadas en la zona del Campo de Cartagena (Murcia) donde está asentada la citada empresa. El haba utilizada fue de la variedad población Muchamiel, cvs. Palenca, Granulla y Valencia. Se observó que algunos cvs. como el Valencia, conservado a 8°C, alcanzaba una respiración muy elevada (aproximadamente 200 mg CO₂ kg⁻¹·h⁻¹) mientras que la emisión de etileno era muy baja (inferior a 2 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹) y no afectaba prácticamente a la conservación. Se continuó con la determinación de las presiones parciales óptimas de los gases de interés fisiológico en la atmósfera durante la conservación, concluyendo que la mezcla de 5 kPa O₂ + 20 kPa CO₂ + 75 kPa N₂ era la más apropiada para obtener una vida comercial de al menos 8 días a 5°C. Tras la determinación de la atmósfera modificada objetivo, se diseñó el envase idóneo, calculando las permeabilidades

selectivas a los gases que debería tener la película para el envasado. Posteriormente se estudió el proceso óptimo de desinfección para obtener una adecuada calidad microbiológica de las semillas durante la vida comercial.

Para proteger a la semilla de los daños por roces e impactos, se continuó con el estudio de diversos polímeros rígidos en forma de tarrinas, pero aunque presentaban un buen comportamiento, el riesgo de generar anaerobiosis por la escasa permeabilidad del material hizo descartar esta posibilidad. Por ello, de acuerdo con la empresa se consideró idóneo el formato bolsa de 200 g a base de polipropileno con permeabilidad para una conservación en el rango de 5 a 8°C entre 44 y 79 L/m² día·atm para el O₂ y entre 35 y 64 L/m² día·atm para el CO₂ y para 3°C, una permeabilidad al O₂ entre 15,7 y 45 L/m² día·atm y entre 12,5 y 37 L/m² día·atm para el CO₂.

Seguidamente se llevaron a cabo diversos ensayos con desinfectantes alternativos al NaClO, por sus inconvenientes en la aplicación, con efecto antipardeante además del antimicrobiano, recurriendo al ácido ascórbico, etilen diamino tetra-acético y ácido peroxiacético. Se concluyó que la eficacia lograda fue similar a la obtenida en las muestras tratadas con NaClO, sin observarse grandes mejoras, pero abriendo la posibilidad de poder sustituir al NaClO en el caso que éste llegase a ser prohibido.

Tras realizar los ensayos en la Planta Piloto de la Universidad Politécnica de Cartagena, con un control preciso de las condiciones de proceso y de conservación, se procedió a la transferencia de la tecnología a las instalaciones de FRUTAS ESPARZA S.L., para intentar producir industrialmente las bolsas de semillas de haba mínimamente procesadas. Para ello se realizaron diversos ensayos de puesta a punto y de optimización de las condiciones de proceso, monitorizándose y controlando los parámetros de la línea industrial. Finalmente se ensayaron en ella otros diversos higienizantes alternativos al NaClO, como el ácido oxálico junto con ácido cítrico, el dióxido de cloro, el ácido isoascórbico y el 4-hexilresorcinol, en los que se comprobó que el dióxido de cloro y el ácido isoascórbico presentaron resultados muy

prometedores.

En conclusión, los trabajos aquí presentados se han mostrado eficaces para lograr el objetivo previsto. Debido a ello, se ha patentado el procedimiento diseñado como “Método industrial para el procesado mínimo en fresco de habas y de guisantes y planta de procesado”, Patente nº ES 2 412 959 B1, concedida en 2014, cuyos inventores son Artés Calero, Francisco; Artés Hernández, Francisco de Asís y Otón Alcaraz, Mariano, de la Universidad Politécnica de Cartagena.

ABSTRACT

The current lifestyle and dietary habits have defined a consumer profile that demands more natural, healthy, safe, nutritional and ready to eat food products, which have been minimally processed under sustainable techniques. This demand leads to consider whether offering a product such as faba bean seeds ready-to-eat in a container, without having to extract manually the seeds, can be a practical alternative. For this reason under a research contract with FRUTAS ESPARZA S.L., supplier of MERCADONA S.A., it has been developed the concept of minimally processed faba beans seeds as well as the execution and optimization of its industrial processing in the company's facilities after the proper industrial design. In order to reach the minimally processed faba bean seed, it is needed to undertake a series of processing steps that will assure its quality and safety, which include among others, shucking, prewashing, washing-disinfecting, rinsing, drying and modified atmosphere packaging.

Monitoring and controlling the respiration rates of the seeds for extending its commercial life, in addition to defining a container that would allow generating a modified atmosphere of optimal gas balance for its conservation was a critical step. The design of the different unit operations of the process and its application to a real industrial production line has been a difficult challenge. In order to achieve this, several experiments that began with the characterization of commercial varieties cultivated in the Campo de Cartagena (Murcia) area have been conducted. The faba bean used was from the population variety Muchamiel, cvs. Palenca, Granulla and Valencia. It was determined that some cvs. such as Valencia, stored at 8°C, could reach a very high respiration, of about 200 mg CO₂ kg⁻¹· h⁻¹, while the ethylene emission was very low (2 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹) and practically did not affect seeds quality during shelf life. The study of the optimum partial pressures of the gases with physiological interest in the atmosphere throughout storage was conducted, concluding that 5 kPa O₂ + 20 kPa CO₂ + 75 kPa N₂ was the most appropriate mixture to reach a shelf life of at least 8 days at 5°C.

Subsequently, the packaging was designed by calculating the selective permeabilities to the gases that the film should have. In addition, the optimal disinfection process was studied to obtain a satisfactory microbiological quality of the seeds during shelf life, without affecting other quality parameters.

Rigid polymers containers to protect the seed from impacts were tested, but although they showed a good behavior, the risk of generating anaerobic conditions due to the low permeability of the material discarded this possibility. Therefore, according to the company, the polypropylene 200 g bag format, considered as very suitable, was the one with permeability for a storage between 5 and 8°C between 44 - 79 L / m² day · atm for O₂ and between 35 - 64 L / m² day · atm for CO₂. Meanwhile, an O₂ permeability between 15.7 - 45 L / m² day · atm and between 12.5 - 37 L / m² day · atm for CO₂ was calculated for 3°C storage. Subsequently, experiments with alternative disinfectants to NaClO were conducted, showing antimicrobial and antobrowning effects, like ascorbic acid, ethylene diamine tetraacetic acid and peroxyacetic acid. It was concluded that its effect was similar to NaClO, without relevant improvements, which opens the door to an alternative in case of needing a future replacement.

After carrying out the tests in the Pilot Plant of the Universidad Politécnica de Cartagena, with a precise control of all processing and storage conditions, the technology was transferred to the facilities of FRUTAS ESPARZA S.L., in an attempt to industrially elaborate minimally processed faba bean seeds. For this purpose, several tests were conducted to fine-tune and optimize processing conditions by monitoring and controlling the parameters of the industrial line. Finally, several in-line sanitizers, such as oxalic acid, jointly with citric acid, chlorine dioxide, isoascorbic acid and 4-hexylresorcinol, were tested as alternatives to conventionally used NaClO. It was found that chlorine dioxide and isoascorbic acid showed promising results.

As main conclusion, the work developed and presented in the current Ph D Thesis has been patented as 'Industrial method for the fresh-cut faba beans and peas processing and design of its industrial plant', Patent No. ES 2 412 959 B1, granted in 2014, whose inventors

are Artés Calero, Francisco; Artés Hernández, Francisco de Asís and Otón Alcaraz, Mariano, of the Universidad Politécnica de Cartagena (Spain).

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AC: atmósfera controlada

AFHORLA: Asociación española de frutas y hortalizas lavadas, listas para su empleo

AM: atmósfera modificada

ANOVA: análisis de la variancia

AT: acidez titulable

atm: atmósferas

C*: Croma

C₂H₄: etileno

CCAA: Comunidades Autónomas

CE: comunidad europea

CG: cromatógrafo de gases

cm: centímetros

cv: cultivar

d: día

DE: desviación estándar

EAM: envasado en atmósfera modificada

EARM: Estadística Agraria de la Región de Murcia

FAO: organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación

FEPEX: Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas y Hortalizas

FID: detector de ionización de llama

g: gramos

GPR: Grupo de Postrecolección y Refrigeración

h: horas

Ha: hectárea

HR: humedad relativa

kg: kilogramos

kPa: kilopascales

L*: luminosidad
LSD: prueba de rango múltiple de las mínimas diferencias significativas
m: metros
MAGRAMA: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente
mg: miligramos
min: minutos
MPF: mínimamente procesado(s) en fresco
N: Newtons
°C: grados centígrados
°K: grados Kelvin
ODEPA: Oficina de Estudios de Políticas Agrarias
OMS: Organización mundial de la salud
p: probabilidad
pf: peso fresco
PP: polipropileno
PPB: polipropileno biorientado
ppm: partes por millón
PPO: polipropileno monorientado
RD: Real Decreto
S.L.: sociedad limitada
s: segundos
S: superficie
SST: sólidos solubles totales
TCD: detector de conductividad térmica
t: toneladas métricas
TR: tasa respiratoria
UFC: unidades formadoras de colonias
V: volumen

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En los últimos años se ha asistido a un extraordinario auge comercial de una nueva gama de productos vegetales, acondicionados para su consumo directo mediante métodos físicos simples de preparación, envasados en una película plástica y que se conservan bajo refrigeración, cuya denominación genérica es la de productos mínimamente procesados en fresco (PMPF). Se les ha modificado solo ligeramente su apariencia original, contienen prácticamente en su totalidad tejidos vivos y muestran un aspecto fresco tanto en sus características como en su calidad, pero sus tejidos no presentan idénticas respuestas fisiológicas que los tejidos vivos sin tratar, debido a las operaciones sufridas (Wiley, 1994).

Este tipo de productos ha recibido numerosas denominaciones, generalmente imprecisas, según los países y el modo de preparación. Así, en los de influencia francófona se les llama casi en exclusiva de la IV Gama de la Alimentación (“4ème Game”) y en los de influencia anglosajona, mínimamente procesados (“minimally processed”, “slightly processed” o “partially processed”) o dispuestos para consumir (“ready to eat” o “ready to use”) o recién cortados (“fresh-cut”). Convendría unificar criterios y que se fijara una definición precisa, clara y correcta.

La apreciación general es que los productos hortofrutícolas mínimamente procesados son alimentos a los que se les ha modificado levemente su apariencia original o que han recibido un tratamiento suave, ligero o mínimo, en general poco agresivo con la calidad del producto. Dentro de la amplia gama de productos vegetales mínimamente procesados, existe un grupo de productos hortofrutícolas transformados, que se han denominado “mínimamente procesados en fresco” (PMPF). Se corresponde bien con la denominación de recién cortados (“fresh-cut”), que se emplea sobre todo en EEUU. Se considera que la denominación PMPF, atendiendo a razones puramente tecnológicas, es la que mejor define y se ajusta a su modo de preparación y de comercialización (Artés y Artés-Hernández, 2000).

De este modo, denominaremos PMPF a los elaborados a partir de frutas, hortalizas o plántulas, enteras o troceadas, que en su acondicionamiento y preparación para el consumo han sufrido tratamientos suaves, cuya diferenciación clave es que el producto permanece vivo tras su procesado. Para lograrlo, se aplican métodos simples o combinados (tría, selección, deshojado, pelado, partido, troceado, cortado, rallado, mezclado, lavado, desinfección con cloro o alguna alternativa sostenible u otros), seguidos de envasado en atmósfera modificada (EAM) activa o pasiva, generada con plásticos de permeabilidad selectiva o no, a veces bajo moderado vacío parcial, y permanencia constante entre 0 y 5°C para limitar las alteraciones microbiológicas, mecánicas y bioquímicas (Artés et al., 1999).

Estos tratamientos, basados en la tecnología de barreras frente a la alteración, no modifican lo esencial de sus características nutritivas y sensoriales, mientras mejoran las relacionadas con la facilidad de su utilización (Artés y Artés-Hernández, 2000). Son más perecederos que los intactos de los que proceden y suelen tener una vida comercial de 1 a 2 semanas, en las que se garantiza su seguridad alimentaria, cumpliendo las exigencias legales y de los consumidores (Artés y Artés-Hernández, 2010). Por todo ello, el consumo de PMPF satisface una necesidad fisiológica, procura placer, favorece el bienestar y la salud (en general tienen un alto contenido en compuestos nutritivos) y, al comprarlos, aportan el valor añadido de prestar un servicio y ahorrar tiempo de preparación al consumidor.

Diversos autores prefieren utilizar el concepto de mínimamente procesados para este tipo de alimentos, por ajustarse de modo más fidedigno que Cuarta Gama a su esencia y modo de preparación. Además, la mayoría de agentes en su cadena productiva y comercial, así como los consumidores, desconocen qué significa Cuarta Gama y, por otra parte, muchos de estos productos no sufren cortes al procesarlos, como sucede en la espinaca, brotes de lechugas y otros de hoja pequeña, canónigos, rúcola, colleja, col de Bruselas, brotes foliáceos (mizuna, tat soi, red chard, etc), plántulas, planta de perejil, semillas germinadas, zanahoria mini,

rabanito, tomate tipo cereza o ciruela, dientes de ajo, maíz, guisante, algunas frutas (uva, cereza, etc), flores comestibles, etc. (Artés y Artés-Hernández, 2012).

Realmente constituyen una nueva forma de presentar las frutas y hortalizas frescas, que tiene ante sí enormes expectativas de futuro en los mercados de nuevos productos alimentarios de origen vegetal. Es, sin duda, el subsector con el crecimiento más rápido dentro de la industria hortofrutícola española y europea, pero también de numerosos países en desarrollo. Esta gama de alimentos se consumen en muchos países, y también en España, en comedores colectivos (empresas, centros de enseñanza, militares, hospitales, etc), empresas de catering y en restaurantes (tanto de comidas rápidas y preparadas, como incluso de elevado nivel) y, cada vez más a escala doméstica. De hecho, el consumidor cada día demanda más alimentos naturales frescos, ya preparados, fáciles de presentar en la mesa para su consumo inmediato, y, sobre todo, prefiere la presencia exclusiva de ingredientes naturales. Ello ha impulsado un notable crecimiento en España de instalaciones artesanales y semi-industriales para tratar de satisfacerla, aunque con excesiva frecuencia no reúnen las óptimas condiciones técnicas, higiénicas y sanitarias exigibles en estos productos (Artés y Artés-Hernández, 2012).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomiendan el consumo de 400 g de frutas y hortalizas por día y por persona. En España, por grupos de alimentos, las frutas y hortalizas son, dentro de toda la alimentación en el hogar, las que mayor volumen ocupan en la cesta de la compra (FAO, 2004). Sin embargo, su consumo ha descendido en un 1% los últimos tres años y además, aún se encuentra por debajo de las recomendaciones de las guías alimentarias, según se desprende de los datos del Panel de Consumo Alimentario del Ministerio de Agricultura (MAGRAMA, 2014a). Pero un reciente estudio demuestra que los niños y los adolescentes incrementan el consumo de fruta hasta en un 70% cuando se les ofrece pelada y cortada. Estos resultados ponen de manifiesto que para incentivar cambios en los hábitos alimentarios es necesario facilitar al consumidor actual alimentos saludables, como las frutas

y hortalizas, de una forma más cómoda. Las frutas MPF son una interesante alternativa como producto preparado y fácil de consumir (Wansink et al, 2013).

El mercado de los PMPF llegó a España con unos años de retraso respecto a Inglaterra o Francia, pero está ya muy arraigado y con un crecimiento sostenido como sucede en los países europeos de su entorno. En España ha presentado unas tasas muy elevadas del 20% de aumento anual del consumo hasta 2007, y aún más en numerosos países en desarrollo. Incluso en 2008 y 2009, a pesar de la crisis económica, en España ha crecido a una tasa próxima al 9%. El subsector de los PMPF sigue presentando el mayor dinamismo y crecimiento comercial de los subsectores alimentarios en todo el mundo. A pesar de esas buenas cifras, el consumo en España de este tipo de productos dista mucho del de otros países europeos ya que nuestro país ronda los 1-1,5 kg por persona al año de consumo de frutas y hortalizas MPF, frente a los 12 kg de Reino Unido, los 6 kg de Francia e Italia, estando la media europea de consumo rondando los 5 kg (ODEPA, 2014).

En España, la elaboración de PMPF se localiza en unas pocas empresas que atienden un consumo nacional aún relativamente reducido pero creciente. La demanda principal es la de los comedores de empresas e instituciones y en las cadenas de establecimientos de comidas preparadas. En menores cantidades, aunque progresivamente más importantes, los adquieren restaurantes y para consumo doméstico. Su distribución se ha extendido gradualmente a supermercados y a los comercios de alimentación más o menos especializados (Artés-Hernández y Artés, 2005; Artés, 2010).

El consumo de PMPF se ha visto influenciado porque los consumidores desean tener una alimentación más saludable, pero sin tener que emplear mucho tiempo en su preparación, por la incorporación de la mujer al mundo laboral, la moda alimenticia del gusto por lo fresco, crudo y crujiente y el gran aprecio por las mezclas de hortalizas en ensaladas. Sin embargo, siguen existiendo factores que frenan el desarrollo de estos productos, como el limitado conocimiento tecnológico para resolver algunos problemas, la falta de normativa

sanitaria o comercial, restricciones socio-culturales, competencia de los productos ya existentes y por el precio, que a veces es relativamente elevado (Artés y Artés-Hernández, 2003).

En cuanto a la venta de PMPF en España ha crecido, llegando en 2014 a un volumen de comercialización de frutas y hortalizas preparadas de 81,5 millones de kg (con un incremento del 4,9% frente al año anterior), de los cuales 79 millones corresponden a hortalizas y 2,5 millones a frutas (Figura 1.1.). Según la Federación Española de Asociaciones de Productores Exportadores de Frutas y Hortalizas (FEPEX), en 2014 del total de PMPF comercializados, el 80% se destinaron a distribución y el 20% a restauración, alcanzando un volumen de negocio cercano a los 200 millones € (AFHORLA-FEPEX, 2014).

Figura 1.1. Evolución de las ventas de PMPF en España durante los últimos 10 años (FEPEX, MAGRAMA, 2015).

El desarrollo de nuevos productos contribuye a agregar una nueva actividad económica ligada con el sector hortofrutícola en las regiones donde se ubican las factorías de procesado.

Determinadas zonas españolas, que tradicionalmente habían sido muy fuertes en el sector primario y presentaban una reducción de su actividad, han experimentado un nuevo impulso industrial creador de empleo. Por tanto, la industria de PMPF está desempeñando un papel importante para aumentar la producción agraria en las regiones donde se ha implantado. El ritmo de crecimiento de estas empresas es cada vez más notable, por lo que precisan muchas de ellas ampliar sus instalaciones e incorporar maquinarias con últimas tecnologías.

1.1. Aspectos agronómicos del cultivo del haba

1.1.1. Taxonomía y origen

Las habas (Fotografía 1.1) son originarias de Oriente Próximo, extendiéndose pronto por toda la Cuenca Mediterránea, casi desde el mismo comienzo de la agricultura. Los romanos fueron los que seleccionaron el tipo de haba de grano grande y aplanado que es el que actualmente se emplea para consumo en verde, extendiéndose a través de la Ruta de la Seda hasta China, siendo después introducido en América, tras el descubrimiento del Nuevo Mundo (Everard, 1982). Las habas son leguminosas que pertenecen a la familia *Fabaceae* y presentan una diferenciación morfológica muy característica por la presencia de las semillas dentro de una vaina, siendo este fruto lo que conocemos como haba (Moreno, 1983). En España su origen se encuentra en el Libro de Agricultura de Abu Zacaraía Ishaia, de principios del siglo XVI, que ya recoge técnicas de siembra y de producción junto con los efectos beneficiosos y perjudiciales del consumo de las legumbres. Esto proporciona una idea de la importancia que ha tenido el cultivo de legumbres en España (Juste, 1992).

Fotografía 1.1. Habas desvainadas, variedad Muchamiel.

El haba (Figura 1.2) es un cultivo tradicional, arraigado en la huerta y cultura murciana, con relativa importancia en toda España por su interés económico, ya que tiene una gran diversidad de usos o aprovechamientos. De hecho puede servir tanto para consumo humano en fresco como para alimentación animal debido a su alto contenido proteico, que llega hasta los 6 g de proteína por 100 g de producto fresco (Moreiras et al., 2013). Para el consumo en fresco, se pueden aprovechar las vainas y granos conjuntamente, o bien únicamente los granos, dependiendo del estado de desarrollo en que se encuentre, si bien las vainas sólo en estados muy inmaduros. También es una materia prima para la industria transformadora, tanto para conservas convencionales appertizadas como para congelado.

- Clasificación: División *Spermatophyta*, subdivisión *Angiospermae*, clase *dicotyledoneae* (*Magnoliopsida*), orden *Fabales*, familia *Fabaceae*, tribu *Vicieae*, género *Vicia* y especie *Vicia Faba L.* (Cronquist, 1981).
- Planta: herbácea anual. Porte recto.
- Sistema radicular: muy desarrollado.
- Tallos: de coloración verde, fuertes, angulosos y huecos, ramificados, de hasta 1,5 m

de altura. Según el ahijamiento de la planta varía el número de tallos.

- Hojas: alternas, compuestas, paripinnadas, con folíolos anchos ovales-redondeados, de colores verdes y desprovistos de zarcillos.
- Flores: axilares, agrupadas en racimos cortos de 2 a 8 flores, poseyendo una mancha grande de color negro o violeta en las alas, que raras veces van desprovistas de mancha.
- Fruto: legumbre de longitud variable, pudiendo alcanzar hasta más de 35 cm. El número de granos oscila entre 2 y 9. El color de la semilla es verde amarillento, aunque las hay de otras coloraciones más oscuras (Everard, 1982).

Figura 1.2. Ilustración de *Vicia faba* (Thomé, 1885)

1.1.2. Clasificación y variedades

La denominación botánica de las habas es *Vicia faba* L. Se considera que es una especie dividida en cuatro variedades botánicas: paucijuga, una forma primitiva; mayor, de semilla grande; equina, con semilla de tamaño intermedio y minor, con semilla de tamaño pequeño (Cubero, 1974). Sin embargo, algunos autores agrupan la primera y las tres últimas en dos subespecies: paucijuga y eu-faba (Hebblethwaite, 1983). Dentro de ellas hay tipos de invierno y de primavera, y también tipos mediterráneos y del norte de Europa (Bond et al., 1985). Las variedades que más se han cultivado y se cultivan y comercializan en España son (MAGRAMA, 2016; Mateo, 1957):

Aguadulce o Sevillana: es precoz. Sus matas alcanzan una altura de 80 a 100 cm, con tendencia al ahijamiento. Tallos robustos y sin ramificaciones. Las hojas tienen los foliolos de color verde-grisáceo en el envés. Vainas grandes, hasta de unos 30 cm de longitud, muy colgantes. El número de granos por vaina es de 5 a 9. Su ciclo vegetativo está entre los 200-220 días.

Granadina: procede de la Vega de Granada, donde se utiliza tanto para la alimentación humana, como animal. De semillas bastante grandes y coloración clara. Con producción más limitada que el resto de las cultivadas en España, pero es la que mejor resiste el frío.

Mahón blanca y morada: se destina para consumo humano y para el ganado. En buenas condiciones de humedad y suelo alcanzan un porte de hasta 110 cm. Tiene poca tendencia al ahijamiento. Vainas semi-erguidas, estrechas y con 5-6 granos. Probablemente es una selección del haba Muchamiel, adaptada a las condiciones climáticas de las Islas Baleares. Son más resistentes a la sequía que las demás habas de huerta, pero son muy sensibles al frío.

Valenciana: muy bien adaptada a las condiciones climáticas y de suelo de la huerta de Valencia. Culinariamente es muy apreciada ya que es más dulce y sabrosa, que otras

variedades más comerciales, pero su producción es más corta y concentrada en el tiempo. Si el invierno es suave y no hay fuertes heladas a partir de mitad de febrero se puede empezar a cosechar.

Muchamiel: es la que más se cultiva en la zona mediterránea. Procede de dicho municipio de Alicante. Es precoz. Plantas de porte alto, con flores blancas y con una mancha negra. Vainas no muy largas, entre 15-20 cm. Tiene de 3 a 7 granos por vaina . A veces se las conoce como “cuarentenas”, ya que sembradas a mediados de septiembre y transcurridos cuarenta días están aptas para el consumo. Su ciclo vegetativo normal hasta la maduración de la semilla está entre 190 y 200 días.

Ramillete: según algunos autores es una adaptación de las habas Muchamiel al clima de la huerta de Murcia. Tiene tallo erecto de altura media, con hojas de folíolos algo menores que en los otros tipos. Son característicos sus frutos, que en número de 2-3 se encuentran situados en los nudos más bajos de la planta y en posición erguida, formando un ángulo muy agudo con el tallo. Son de pequeño tamaño.

Goliath: es una selección de las habas Muchamiel. Tiene características botánicas y agrícolas muy semejantes a las de la variedad de origen, aunque un ciclo de cultivo algo más largo.

Otras Variedades: Reina Blanca: menos precoz que la Muchamiel, granos color blanco grisáceo; Reina Mora: sus semillas son de color púrpura; Arbo: también llamada Haba Blanca, es erguida, tiene los granos blancos y los tallos verdes.

1.1.3. Ciclo de cultivo

El haba de la variedad Muchamiel se siembra en tres fechas diferentes, distinguiéndose un ciclo temprano, uno intermedio y otro tardío por lo que para cada una de las siembras, los agricultores, emplean semillas que se han seleccionado en función de su precocidad,

recibiendo distintos nombres, según la fecha en la que se suelen sembrar, pero con el mismo nombre Muchamiel. Así se hacen dos siembras, una a principios de septiembre y otra a mediados de octubre, obteniéndose de la primera dos recolecciones, una a primeros de enero, de donde saldrán las semillas que se sembrarán en el ciclo temprano, conocidas como “Cuarentena” y una segunda en marzo, de donde saldrán los cultivares conocidos como “Palenca” y “Granulla” empleados en el ciclo intermedio. De la segunda siembra se hacen de dos a tres recolecciones, destinándose la totalidad de la semilla para el ciclo tardío denominándose este cultivar como “Valencia” (Parra et al., 2008).

Debido a que la planta posee una potente raíz pivotante, hay que realizar una labor profunda para acondicionar el terreno, de 25 a 40 cm de profundidad, aprovechando para la incorporación del abonado de fondo. En general esta especie es bastante rústica y poco exigente en suelos, aunque prefiere los arcillosos calizos, bien provistos de materia orgánica, profundos y frescos. Los suelos con humedad excesiva y los muy secos no son adecuados para este cultivo. Prefieren los climas marítimos, templado-cálidos. Tiene cierta resistencia a la sequía, con tal de que no sea prolongada, siendo la cosecha inversamente proporcional a ella. Si el año es muy seco, la floración se adelanta con pérdida en producción y en calidad. Es muy sensible a las heladas, sobre todo con suelo seco, pero si éstas no son prolongadas ni fuertes, las plantas se rehacen con facilidad e incluso las flores (que son los órganos más sensibles), aunque se destruyen con facilidad por las bajas temperaturas, vuelven a aparecer cuando éstas cesan (Mateo, 1957).

La época de siembra está ligada al clima y se realiza desde agosto-septiembre en cultivos precoces hasta noviembre y, en las zonas de interior, en primavera. La siembra se realiza a chorrillo, a golpe, a mano o con sembradora. Las semillas se disponen en líneas o caballones, con una distancia entre líneas de 50-60 cm y 25-30 cm entre plantas. La nascencia se produce a los 8-12 días, dependiendo de la temperatura y la recolección se realiza transcurridos unos 90 días (según variedades). Además del aporte nitrogenado realizado por la bacteria simbiótica *Rhizobium leguminosarum*, que es variable dependiendo del suelo, clima, técnicas

de cultivo y genotipo de la planta, que se estima entre 59-126 kg Ha⁻¹ año⁻¹, es necesario un aporte de N₂ adicional para las primeras fases del cultivo, complementario al de P y K.

Junto a las labores de preparación del terreno se aporta un abonado por ha como el siguiente (cantidades orientativas): estiércol (20 t), superfosfato de cal al 18% (500 kg), cloruro o sulfato de potasio (200 kg) y sulfato amónico al 21% (200 kg).

1.1.4. Principales alteraciones postcosecha

Malas hierbas:

La más común es el jopo (*Orobanche crenata* Forssk), que es una planta parásita fanerógama que fija sus haustorios en las raíces de las habas, absorbiendo gran parte de los nutrientes. Puede causar graves daños y en algunas zonas es el factor limitante para su cultivo, debido a que provocan la pérdida total de la producción. Su altura puede ser de 1 m e incluso más, aunque por lo general no pasa de 40 cm. Tiene color amarillo rojizo o violáceo. La inflorescencia terminal puede tener hasta 150 flores. Las plantas atacadas tienen abortos de flores, frutos raquíuticos que muchas veces se secan (Mesa y García, 1984)

Plagas y enfermedades (Bovey, 1989, Messiaen et al., 1985):

Pulgón negro (*Aphis fabae* Scop.), que es un insecto muy polífago y ocasiona importantes daños directos e indirectos. Segrega una melaza que favorece la aparición de negrillas, interfiriendo en el normal desarrollo del cultivo, además de los daños directos causados por picaduras principalmente en las hojas, provocando su abarquillamiento.

Sitona (*Sitona lineatus* L.). Es un escarabajo que roe de forma muy regular los bordes de las hojas, quedando éstas con un festoneado característico. Estos daños son producidos por

el adulto, pero también las larvas pueden destruir los nódulos de *Rhizobium* reduciendo su capacidad fijadora de N₂ con consecuencias directas sobre el crecimiento.

Trips del guisante (*Kakotrips robustus* Uzell): En primavera ataca a los cultivos y después la larva se refugia en el suelo donde pasa el invierno hasta la siguiente primavera. Los daños consisten en picaduras de las vainas que adquieren posteriormente una coloración plateada y deformaciones.

Mildiu (*Peronospora viciae* (Berk.) Gaumann): Produce manchas de localización marginal en las hojas, las cuales se desecan posteriormente.

Mosaico del guisante: este virus provoca un mosaico amarillo, y una disminución del rendimiento que puede llegar al 50%.

Antracnosis del guisante (*Didymella pinoides*): Es un hongo que forma pequeñas manchas pardas bordeadas de negro en hojas, tallos, vainas y semillas.

Roya de las habas (*Uromyces viciae-fabae* Pers.): Este hongo ataca principalmente a las hojas y tallos. Las lesiones son generalmente locales en las que se rompe la epidermis y aparecen masas pulverulentas de esporas que dan aspecto de herrumbroso.

Heterodera del guisante (*Heterodera göttingiana*): Es un nematodo muy nocivo que provoca retraso en el crecimiento con un amarilleamiento de las hojas y su caída prematura.

Botritis (*Botrytis fabae* Sardiña): Este hongo se desarrolla en las hojas, aunque los tallos y flores también pueden ser infectados bajo condiciones favorables. Sobre las hojas los síntomas varían desde pequeños puntos de color marrón-rojizo a manchas circulares con el margen marrón rojizo y el centro de color café claro.

Gorgojo de las habas (*Bruchus rufimanus*): Pone los huevos en las vainas para después

penetrar en ellas y en los granos, perforándolos.

Tras la recolección y durante el almacenamiento de las habas pueden producirse alteraciones fisiológicas y enfermedades que pueden perjudicar su comercialización o incluso destruir el producto almacenado. Normalmente estas infecciones vienen desde el campo.

Podredumbre: El causante es el hongo *Rhizoctonia solani*. La infección se realiza en el campo y se delata porque aparecen manchas de color pardo y con contorno irregular. Este hongo se ve favorecido por temperaturas y humedades altas (Messiaen et al., 1985).

Podredumbre gris: Producida por el hongo *Botrytis cinerea*. En la vaina se forma una mancha o moho gris (Messiaen et al., 1985).

1.1.5. Propiedades nutricionales del haba

La semilla del haba tiene dos partes diferenciadas, una es la cubierta, envuelta o testa, formada por capas que la protegen de agresiones de tipo medioambiental y constituye un 13% del peso total, con un pequeño contenido proteico, ya que principalmente se localiza en el embrión (Figura 1.3). Este embrión está formado por un eje embrionario unido a dos cotiledones, que actúan como órganos de reserva donde se almacena todo lo necesario para la respiración y desarrollo del embrión, constituyendo el 87% del peso de la semilla (Kadam et al., 1989).

Figura 1.3. Taxonomía de la semilla de haba (Astiasaran y Martínez, 2003)

El embrión posee gran cantidad de proteínas, carbohidratos y lípidos por lo que tiene un gran interés nutritivo, aunque la composición nutricional varía en función del cultivar, localización geográfica y las condiciones de desarrollo (Kadam et al. 1989). En la Tabla 1.1 se recoge la composición nutricional media de la semilla del haba, siendo los carbohidratos y proteínas los más abundantes.

Tabla 1.1. Composición nutricional haba (Moreiras et al., 2013, EFSA, 2010).

Composición nutricional	Por 100 g de porción comestible	Por ración (150 g)	Recomendaciones día-hombres	Recomendaciones día-mujeres
Energía (kcal)	65	98	3.000	2.300
Proteínas (g)	4.6	69	54	41
Lípidos totales (g)	0.4	06	100-117	77-89
AG saturados (g)	0.05	008	23-27	18-20
AG monoinsaturados (g)	—	—	67	51
AG poliinsaturados (g)	0.2	030	17	13
Colesterol (mg/1000 kcal)	0	0	<300	<230
Hidratos de carbono (g)	8.6	129	375-413	288-316
Fibra (g)	4.2	63	>35	>25
Agua (g)	82.2	123	2.500	2.000
Calcio (mg)	23	345	1.000	1.000
Hierro (mg)	1.7	26	10	18
Magnesio (mg)	28	420	350	330
Zinc (mg)	0.7	11	15	15
Sodio (mg)	120	180	<2.000	<2.000
Potasio (mg)	323	485	3.500	3.500
Fósforo (mg)	84	126	700	700
Tiamina (mg)	0.17	026	12	09
Riboflavina (mg)	0.09	014	18	14
Equivalentes niacina (mg)	2.8	42	20	15
Folatos (µg)	78	117	400	400
Vitamina B12 (µg)	0	0	2	2
Vitamina C (mg)	24	360	60	60
Vitamina A: Eq. Retinol	42	630	1.000	800
Vitamina D (µg)	0	0	15	15
Vitamina E (mg)	Tr	Tr	12	12

Kadam y Salunkhe (1989) destacan de estos componentes de la semilla:

Proteínas: su contenido es del 15-45% y se localizan principalmente en la parte embrionaria. Es rica en lisina y pobre en aminoácidos azufrados. La presencia de ácido fítico, taninos o inhibidores de proteasas, entre otros limitan su digestibilidad y absorción en el

tracto digestivo.

Carbohidratos: pueden llegar hasta el 68% de la composición. Los oligosacáridos presentes (rafinosa, estaquiosa, verbascosa y ajucosa) originan problemas a los animales monogástricos, como el ser humano, ya que al no poder ser hidrolizados y llegar intactos al colon, son fermentados por la flora intestinal causando flatulencias, aunque también tienen un efecto prebiótico beneficioso.

Lípidos: su composición varía entre un 1-7%, siendo los ácidos oleico, linoleico y linolénico los principales de tipo insaturado y relacionados con la reducción de los niveles de colesterol. Casi todo este contenido se centra en los cotiledones.

Otros nutrientes: de los minerales presentes, destacan el K con 1062 mg/100 g pf, el P 421 mg/100g pf., el Ca 103 mg/100 g pf., el Mg 192 mg/100 g pf. y el Fe 6 mg/100 g pf. El problema de la acumulación de estos minerales es que tienen baja biodisponibilidad por la formación de complejos debido a la presencia de fibra, almidón, entre otros. Cabe destacar la presencia de vitaminas del grupo B. Esta fibra puede ayudar a combatir varias enfermedades en humanos (Chuang et al., 2012)

1.2. Situación actual del cultivo del haba

1.2.1. El haba en la Región de Murcia

El cultivo del haba tiene gran tradición en la Región de Murcia por ser muy utilizada en la gastronomía regional. Murcia era en 2013, la tercera Región española en superficie de cultivo con 635 Ha. La mayor superficie corresponde al municipio de Murcia, con 130 Ha, seguido de Fuente Álamo con 85 Ha (EARM, 2015). La producción principal se centra en la variedad Muchamiel. Pero este cultivo no es la actividad principal de ninguna empresa, sino que complementa otros, ya que su estacionalidad impide disponer de ella todo el año.

La producción de haba en la Región de Murcia en 2013 fue de 9.684 t, lo que supone una reducción del 15% respecto a 2004 (12.998 t) como podemos ver en la Figura 1.4 (EARM, 2015). A pesar de ello, los datos de producciones son muy variables de un año para otro y estos datos sitúan a Murcia como segunda productora de haba a nivel nacional en 2013. La Región de Murcia en 2013 es la que mejores rendimientos obtuvo en España con 15.250 kg/Ha, seguida de Andalucía con 10.566 kg/Ha, situándose la media nacional en torno a 9.121 kg/Ha (Tabla 1.2.).

Figura 1.4. Producción de haba en la Región de Murcia (EARM, 2015)

De los datos de 2013 (Tabla 1.2 y Figura 1.4), se observa una clara disminución de la superficie de cultivo y de producción de haba. En relación a las producciones de otros cultivos como la lechuga (370 tn), el tomate (298 tn), el melón (223 tn) o el brócoli (206 tn), el cultivo del haba no representa una gran producción a nivel regional.

Tabla 1.2. Evolución de la superficie cultivada y producción de haba en la Región de Murcia.

AÑO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
SUPERFICIE (Ha)	4.003	3.683	2.546	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PRODUCCIÓN (Tn)	44.033	43.850	22.986	21.258	15.36	12.259	10.168	11.890	10.768	11.250	12.088	8.627	12.883

AÑO	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
SUPERFICIE (Ha)	-	844	789	738	729	696	706	744	634	639	635	618
PRODUCCIÓN (Tn)	13.444	12.998	10.730	11.195	10.935	11.136	10.943	11.532	10.144	9.585	9.684	9.425

Fuente: Estadística Agraria de la Región de Murcia (EARM, 2015)

1.2.2. El haba en España

El cultivo del haba en España ha sufrido un descenso paulatino en el cultivo y producción durante los últimos años y se desarrolla principalmente en Andalucía, Navarra y Murcia. En 2013, la superficie total cultivada fue de 5.170 Ha con una producción de 45.300 Tn, entre secano y regadío (Tablas 1.3 y 1.4).

La superficie cultivada en España ha pasado de 15.600 Ha en 1990 a 6.200 ha en 2012 y la producción de 124.900 t en 1990 a 45.300 t en 2013. Posiblemente este descenso se deba a un cambio en los hábitos de consumo del haba por las nuevas generaciones hacia otros productos, si bien otra causa, puede haber sido el aumento en los volúmenes de importación de habas, lo que ha restado cuota de mercado.

Los precios han ido aumentando a lo largo del tiempo, llegando a picos de más de 1 €/kg en 2005 y 2007, estabilizándose en torno a 0,75 €/kg en los últimos años (Tabla 1.3).

Tabla 1.3. Serie histórica de la superficie total en producción y producción de haba en España.

Año	Superficie (miles Ha)	Rto. (qm/Ha)	Producción (miles Tn)	Precio medio	Valor (miles €)	Comercio exterior (Tn)	
						Importación	Exportación
1990	15,6	80	124,9	41,23	51.496	45	2.403
1991	15,7	82	128,6	43,06	55.378	43	3.914
1992	11,8	54	64,2	39,26	25.208	13	3.479
1993	12,4	72	89,0	43,18	38.427	19.598	3.936
1994	10,9	75	82,3	38,60	31.765	9.183	5.179
1995	10,4	70	72,6	45,89	33.308	40.850	4.017
1996	8,1	80	65,2	51,84	33.802	7.096	4.356
1997	8,2	85	69,7	50,10	34.920	2.870	5.292
1998	8,3	88	72,9	65,05	47.424	3.437	3.930
1999	8,1	91	73,5	64,50	47.408	602	3.968
2000	9,0	87	78,0	57,84	45.116	14.273	12.793
2001	8,6	76	65,5	60,68	39.744	1.656	12.369
2002	7,7	86	66,2	58,57	38.752	1.119	13.395
2003	7,7	85	65,0	98,17	63.775	2.126	10.220
2004	7,9	80	63,4	78,74	49.917	6.846	6.513
2005	8,0	67	53,6	102,80	55.120	9.035	12.497
2006	9,4	74	69,4	77,28	53.634	7.968	5.893
2007	9,3	73	67,9	102,63	69.731	2.252	5.948
2008	8,4	78	66,0	94,09	62.130	5.040	4.645
2009	8,9	78	69,9	62,70	43.829	-	-
2010	8,6	93	80,2	84,82	67.988	-	-
2011	8,0	85	68,0	79,27	53.881	-	-
2012	6,2	81	50,1	74,91	37.567	-	-
2013	5,2	-	45,3	-	-	-	-

Fuente: Anuario de estadística Agroalimentaria (MAGRAMA, 2014b)

Tabla 1.4. Análisis provincial de superficie, rendimiento y producción por CCAA en España durante 2013.

	Superficie (Ha)			Rendimiento (kg/Ha)			Producción	
	Secano	Regadío		Total	Secano	Regadío		(Tn)
		Aire	Protegido			Aire	Protegido	
P. de Asturias	8	-	-	8	7.000	-	-	56
Cantabria	1	-	-	1	8.500	-	-	9
País Vasco	32	10	-	42	4.938	6.500	-	223
Navarra	-	1.015	-	1.015	-	2.217	-	2.251
La Rioja	-	41	-	41	-	2.700	-	111
Aragón	-	92	-	92	-	7.000	-	644
Cataluña	-	290	-	290	-	10.491	-	3.043
Baleares	1	4	-	5	2.000	7.300	-	31
Castilla y León	3	18	-	21	3.580	5.253	-	105
Madrid	-	1	-	1	-	9.000	-	9
Castilla-La	4	174	-	178	650	5.987	-	1.045
C. Valenciana	-	559	-	559	-	11.177	-	6.248
R. de Murcia	-	635	-	635	-	15.250	-	9.684
Extremadura	-	38	-	38	-	8.352	-	317
Andalucía	304	1.886	-	2.190	4.187	10.566	-	21.201
Canarias	21	33	-	54	2.905	8.485	-	341
España	374	4.796	-	5.170	4.202	9.121	-	45.318

Fuente: Anuario de estadística Agroalimentaria (MAGRAMA, 2014b)

1.2.3. El haba en el mundo

La producción de haba en el mundo no presenta unos datos claros, ya que siempre va ligada a otras variedades destinadas a la alimentación animal. La superficie de cultivo ha disminuido en la Unión Europea (Tabla 1.5). Se ha pasado de 500 Ha en 2010 a 408 Ha en 2014. Lo mismo sucede con la producción, donde se ha pasado de 1.349 t en 2010 a 1.180 t en 2014.

En el resto de mundo, destaca el crecimiento que ha experimentado su comercio, aumentando por encima del 21% en los últimos 5 años, llegando a alcanzar más de 500 millones € en importaciones con un volumen de 1,4 M t. Egipto, Sudán, Arabia Saudita, Noruega, Emiratos Árabes Unidos e Italia, con un 80% del total importado, fueron los principales exportadores.

Tabla 1.5. Datos de superficie y producción en la Unión Europea.

Año	Superficie (miles Ha)	Producción (miles Tn)
2010	500	1.349
2011	385	1.136
2012	346	990
2013	363	1.019
2014	408	1.191

Fuente: Dirección General de Producciones y Mercados Agrario. Comisión Europea, 2015.

1.3. Proceso de elaboración y manipulación para la comercialización del haba como producto mínimamente procesado en fresco

1.3.1. Generalidades del proceso

Para alcanzar una calidad óptima final en los PMPF es imprescindible seguir unas buenas prácticas agrícolas y de procesado, siguiendo un diagrama de proceso idóneo (Artés-Hernández et al., 2014). La calidad final óptima de un PMPF se alcanza a través de todas las etapas del proceso para su elaboración. Por ello, las buenas prácticas agrícolas deben considerar la elección y uso correcto de variedades, fertilizantes y plaguicidas autorizados, hasta la gestión del suelo, agua, residuos y desechos, etc.

Igualmente hay que definir unas buenas prácticas de procesado que incluyan desde el estado de madurez óptimo en la cosecha, hasta la recolección, manipulación, procesado, envasado, transporte, distribución y venta, con las respectivas etapas básicas y parámetros de proceso de cada elaborado. Ambos aspectos son complementarios y sinérgicos, debido a la gran susceptibilidad a diversas alteraciones que perjudican la calidad y seguridad de los productos vegetales MPF (Artés y Artés-Hernández, 2005). Los requerimientos para el procesado de cada producto específico aparecen en la bibliografía especializada, aunque habitualmente sin detallar.

Como los PMPF no reciben tratamientos con calor ni aditivos conservantes, para prolongar su vida comercial deben mantenerse refrigerados y envasados bajo una atmósfera estable que frene su metabolismo, el desarrollo de microorganismos y evite la deshidratación, aunque la refrigeración y el envasado en atmósfera modificada (EAM) no tienen letalidad microbiana significativa. Debe evitarse el exceso de CO₂ y de etileno, mientras el nivel de O₂ ha de ser bajo, pero superior a 1 kPa, para evitar la fermentación y el desarrollo de bacterias anaerobias o aerobias patógenas (*C. botulinum*, *S. aureus* o *L. monocytogenes*), coliformes (*Enterobacter sp.*, *Y. enterocolitica*, y *E. coli*) *A. hydrophila*, *Salmonella sp.*), etc, que crecen a menos de 5°C (Brackett, 1994; Artés y Artés-Hernández, 2003)

En la Figura 1.5. se presenta un diagrama de flujo del proceso de elaboración de semillas de haba MPF, el cual se procede a describir por etapas a continuación.

1.3.2. Recolección, recepción, prerrefrigeración

Las habas a procesar deben seleccionarse para este fin, estar recolectadas lo más recientemente posible, sanas, sin defectos, con textura firme para minimizar los destríos y reducir daños mecánicos en el procesado y con la mínima carga microbiana. Tras el destrío previo en el campo, llegan a la industria en palox a temperatura ambiente. En la recepción debe efectuarse un adecuado control de calidad (Artés-Hernández et al., 2006).

Es esencial prerrefrigerar las habas hasta unos 2°C, por aire frío forzado, para moderar rápidamente la intensa actividad fisiológica, reducir la actividad enzimática, limitar la deshidratación, el marchitamiento y el crecimiento de hongos y bacterias causantes de podredumbres, inhibir la emisión de etileno y minimizar sus efectos, y prolongar así la vida comercial. Otra ventaja es que permite recolectar las vainas con su máximo peso y calibre, considerados como atributos de calidad y con mayor interés económico y en plena madurez de consumo. A continuación, las habas enteras se introducen en una cámara frigorífica, entre 4 y 5°C y 90/95% HR para regularizar el abastecimiento de la línea de procesado. Además de adaptarse al procesado, las habas han de ser lo más homogéneas posible, de buena calidad, y, sobre todo, con inocuidad sanitaria, tanto en la carga microbiana, decisiva para asegurar unos niveles aptos para el consumo, como en plagas y residuos de plaguicidas y deberán estar lo más limpias posible.

1.3.3. Tría, prelavado y desvainado

En la industria de procesado mínimo del haba, la zona de producción-elaboración debe estar dividida físicamente en dos áreas: la de desvainado o pelado (“zona sucia”), por la presencia de materias primas y la de lavado-desinfección y envasado o “zona limpia” (Artés y Artés-Hernández 2000b, 2003, 2004, 2005; Artés-Hernández et al., 2006).

El desvainado de las habas se debe efectuar entre 5 y 8°C, bajo condiciones higiénicas, y en salas dotadas del correspondiente equipamiento de proceso diseñado para facilitar el trabajo y la limpieza. Las habas se introducen en las peladoras, eliminándose la parte no comestible, en mesas especialmente diseñadas para este fin. Se suelen emplear peladoras mecánicas con dobles cuchillas. Los destríos, que pueden ser del 70-75%, se evacúan rápidamente hacia el exterior, para su traslado y empleo en alimentación animal, fertilización orgánica o tratando de revalorizar los subproductos (Artés y Artés-Hernández, 2003; 2005). La semilla del haba pelada se conduce hacia la zona contigua de lavado. Para reducir al máximo

los daños del pelado y cortado, el producto debe estar a 5°C como máximo. Las cortadoras son un punto crítico en el procesado y requieren su limpieza y desinfección diaria.

Figura 1.5. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de semillas de haba mínimamente procesadas en fresco (Artés-Hernández et al., 2014).

1.3.4. Lavado-desinfección, enjuague, escurrido-secado y envasado en atmósfera modificada

Las semillas de haba extraídas pasan a la “zona limpia”, acondicionada entre 0 y 5°C, a través de una ventana practicada en el paramento vertical de separación con la “zona sucia”. El acceso del personal a esta “zona limpia” debe estar muy restringido, cumpliendo una estricta higiene. Al inicio del proceso, en la “zona limpia” se dispondrán las balsas de prelavado y de lavado con agua de buena calidad según lo establecido en el RD 140/2003 de 2003, a temperatura entre 1 y 5°C, tratada con hipoclorito sódico (entre 50 y 150 ppm) y, en su caso, ácido cítrico (entre 250 y 300 ppm), para llevar el pH a un rango de 6,5 a 7,5 en el que la eficacia bactericida del cloro se considera como óptima. Además la seguridad del cloro como desinfectante en la preparación de alimentos está siendo cuestionada. Ello se debe a que la reacción entre el cloro y los compuestos orgánicos, favorecen la formación de compuestos órgano-clorados como las cloro-dihidro-furanonas y los trihalometanos (Villanueva et al., 2004). Estos compuestos son potencialmente cancerígenos (IARC, 1999a,b). Por esta razón, el uso del hipoclorito sódico en el lavado de productos hortofrutícolas, ya está prohibido en varios países europeos, como Suiza, Holanda, Dinamarca y Alemania.

El NaClO se disocia en el agua de lavado, dando lugar a ácido hipocloroso (HClO) e hidróxido sódico (NaOH):

El HClO es el responsable de la acción biocida al perturbar la pared celular de los microorganismos (Giese, 1991). En concreto, es la forma no disociada del HClO, la que proporciona el efecto germicida. Debido a que la disociación de este ácido depende del pH, la mayor concentración de la forma no disociada y, por tanto, la mayor eficacia se produce con pH ácido, si bien es menos estable y provoca mayor corrosión en los equipos. Por este motivo,

se suele trabajar en un rango de pH entre 6 y 7,5 antes mencionado (Beuchat, 1998; Artés y Artés-Hernández, 2003; Artés-Hernández et al., 2006).

El prelavado con agua de la red elimina la suciedad, residuos de pesticidas y jugos celulares exudados en el pelado. Suele prolongarse entre 1 y 2 minutos. Hay que esmerarse en el lavado-desinfección, porque es la única etapa de proceso que reduce la carga microbiana del producto, mientras el cortado, el secado y el enjuague, por este orden, normalmente provocan aumentos importantes en el procesado mínimo (Allende y Artés, 2003). Las semillas de haba una vez lavadas-desinfectadas pasan a una balsa de enjuague con agua sin cloro y a unos 2°C, para eliminar los restos de aditivos y, en particular, el cloro activo. La duración del enjuague no suele exceder de 2 minutos.

A continuación las semillas se escurren y se secan superficialmente con aire frío. Seguidamente convendrá realizar un último destrío de las semillas previo a conducir las hasta la pesadora electrónica para alcanzar el peso programado para cada envase. Seguidamente se efectúa el EAM pasiva (eventualmente se podría hacer en atmósfera activa), en flujo continuo ("flow pack") vertical para bolsas. Para prolongar la vida comercial de las habas peladas hay que mantener el producto elaborado por debajo de 5°C y generar en los envases una atmósfera estable que frene su metabolismo, el pardeamiento, el desarrollo de microorganismos y evite la deshidratación.

1.3.5. Control de calidad

Tras el envasado, una vez sellados, todos los envases pasan por el control de cierres, el por un control automático de pesos y por el detector de metales, y se efectuará la toma de muestras para el control de calidad. En él se examinarán los atributos físicos, químicos, sensoriales y se efectuarán los conteos microbiológicos según la legislación vigente (Artés y Artés-Hernández, 2005).

En el momento de llevar a cabo las experiencias de esta Tesis estaba en vigor en España

el RD 3484/2000 (2001), que fijaba los límites máximos de microorganismos tolerados durante la vida útil de los productos MPF. Sin embargo, este RD fue derogado por el RD 135/2010 (2010) estableciéndose por tanto el requerimiento para el control de los microorganismos presentes en este tipo de alimento (y otros) en base al Reglamento de la UE 1441/2007 (2007).

Para lograr una buena calidad final de los elaborados MPF, las salas de fabricación deben estar protegidas contra insectos y roedores, carecer de ventanas, tener una iluminación eléctrica idónea, permanecer con las puertas cerradas para prevenir la contaminación del exterior, y controlar en ellas la temperatura, la HR y la calidad del aire (Artés-Hernández y Artés, 2005).

Es también imprescindible un buen mantenimiento, limpieza, lavado y desinfección (a diario y en cada cambio de producto) de todos los elementos de las líneas, maquinaria e instalaciones y de los locales de elaboración (incluidas las rejillas de desagüe y los sumideros). Al menos semanalmente, se producirá el lavado y desinfección de todas las cámaras frigoríficas (paredes, techos y suelos), mientras las cajas, palets, contenedores y remolques, se lavarán y desinfectarán tras cada uso. Además, es imprescindible implantar sistemas de análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC) y autocontroles microbiológicos preventivos que garanticen la seguridad al consumidor (Artés y Artés-Hernández, 2000ab, 2004).

1.3.6. Paletización, transporte, expedición y venta

Las bolsas de habas peladas se disponen en cajas, que se paletizan y se mantienen en una cámara a temperatura lo más próxima posible a 0°C. Allí permanecerán el mínimo tiempo necesario para preparar las cargas de los palets, para abastecer las plataformas logísticas o los clientes directos. Desde allí pasarán directamente a la expedición, en vehículos refrigerados. Es muy aconsejable que en el curso de la logística y venta al por menor, todos los PMPF se mantengan entre 1 y 5°C, así como en los frigoríficos domésticos hasta el consumo, ya que es

esencial para su calidad y seguridad (Artés y Artés-Hernández, 2005).

1.4 Fisiología, bioquímica y seguridad alimentaria de los vegetales mínimamente procesados en fresco

Al hablar de la fisiología de un producto MPF, normalmente, debemos centrarnos en los numerosos estudios sobre los daños y reacciones que se producen en ellos debido a los golpes o heridas que sufren durante el proceso, con liberación de ácidos y enzimas hidrolíticas, daños en la membrana celular, descompartimentación celular, entre otros, lo que supone una aceleración en la respiración y un ablandamiento de los tejidos (Rolle y Chism, 1987; Watada 1990; Saltveit 1996; Solomos 1997).

En el caso de las habas desvainadas, el principal problema no se encuentra en lo anteriormente expuesto, debido a que no se producen cortes del producto final, sino que es una extracción de la semilla de la vaina que la contiene de un modo mecánico en su mayor parte. Debido a ello, hay que considerar otros aspectos que puedan afectar a la calidad de las semillas.

1.4.1. Tasa respiratoria y emisión de etileno

El haba es una semilla en crecimiento, por ello su tasa respiratoria cuando se extrae de la vaina que la protege es alta. Hasta donde se conoce, no existe bibliografía al respecto de dicho incremento de la respiración ya que, por ser un cultivo que se consume directamente de la vaina, en caso del consumo humano, no se ha considerado hasta nuestros trabajos su uso como PMPF.

La actividad respiratoria de las frutas y hortalizas suministra a las células vegetales la energía para realizar los procesos metabólicos y fisiológicos. Mediante la respiración aeróbica los ácidos orgánicos, lípidos y carbohidratos se oxidan (Figura 1.6) hasta moléculas más simples liberando energía, CO₂ y agua (Teologis y Laties 1978; Kader, 1989; Kays, 1991; Gorris

y Peppelenbos, 1999; Artés, 2000a; Fonseca et al., 2002a).

Figura1.6. Respiración aerobia de los órganos vegetales.

La actividad respiratoria de un producto vegetal, como indicador de la actividad metabólica de un órgano o de un tejido vegetal, es una guía muy útil para conocer su vida útil potencial ya que indica la velocidad de deterioro (Kader, 2002). La tasa respiratoria (TR) de un producto está determinada por diversos factores como son: el tiempo de conservación postcosecha, el estado de desarrollo (Fonseca et al., 2002) o los daños mecánicos, que estimulan la síntesis de C_2H_4 que conduce a aumentar la TR (Brecht, 1995).

En un producto entero o sin procesar, las etapas que componen el proceso respiratorio y la cadena de transporte de electrones se encuentran controladas, pero durante el procesado mínimo, el estrés al que se somete el producto provoca una rápida respuesta fisiológica y bioquímica, reconociéndose por un incremento de la TR. Este aumento de la TR produce una mayor actividad en la cadena de electrones (reduciendo la vida útil del producto), en algunos casos, un incremento de la producción de etileno y una mayor transpiración del producto (lo que supone un aumento de las pérdidas de peso) (Artés, 2000b).

Respecto al C_2H_4 es una hormona reguladora del crecimiento de las plantas, se produce de forma natural, con numerosos efectos en el desarrollo, el crecimiento y la conservación de los productos vegetales (Saltveit, 1999). La biosíntesis del C_2H_4 se inicia con el aminoácido metionina (MET), el cual se transforma en S-adenosil metionina (SAM) mediante la adición de adenina y la acción de la enzima S-adenosil-metionina-sintetasa. Posteriormente SAM se transforma en el ácido 1-amino-ciclopropano carboxílico (1-ACC) mediante la enzima ACC sintetasa (Yang y Hoffman, 1984; Adams y Yang, 1989). La producción de ACC es el paso fundamental que regula la síntesis del C_2H_4 . En la última etapa, el ACC es oxidado con el concurso de la enzima ACC oxidasa para formar C_2H_4 (Yang, 1987). Esta reacción de oxidación requiere la presencia del O_2 y bajos niveles de CO_2 (Fig. 1.7).

Figura 1.7. Diagrama esquemático de la biosíntesis del etileno en las plantas superiores y algunos de los factores intrínsecos y extrínsecos que promueve (+) o inhibe (-) la síntesis del C_2H_4 (Saltveit, 1999)

En el caso de las habas no existen referencias bibliográficas reativas a la producción de etileno ni a su sensibilidad a esta hormona vegetal. En el inicio de las experiencias se midieron valores relativamente bajos, pero no se observó un aumento de la concentración de la hormona en las bolsas durante su almacenamiento y comercialización, ni tampoco que su presencia o ausencia acelerara o retrasara la senescencia de las semillas.

Existen numerosos medios para mitigar los efectos del C_2H_4 , como reducir la concentración de O_2 durante la conservación para frenar el metabolismo celular (Loughee, 1987; Saltveir, 1999). También existen productos químicos como el $KMNO_4$ o el ozono que oxidan el C_2H_4 . Por otra parte el 1-metilciclopropeno (1-MCP) y el CO_2 pueden bloquear la acción de C_2H_4 (Abeles et al., 1992).

El C_2H_4 parece inducir la actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL) en el tejido afectado y, con ellos, un incremento en el total de compuestos fenólicos en las células, que tras su oxidación podría producir una alteración celular e incluso su muerte (Hyodo et al., 1978; Ke y Saltveit, 1986). La susceptibilidad del tejido depende de la temperatura de conservación, niveles de C_2H_4 , O_2 y CO_2 , estado de maduración y cultivares (Peiser et al., 1998).

1.4.2. Procesos enzimáticos

El pardeamiento enzimático (Figura 1.8) es una de las principales alteraciones en los productos MPF, en la que los compuestos fenólicos de la célula son oxidados hasta o-quinonas, moléculas muy reactivas que condensan rápidamente, combinándose con grupos amino o sulfidrilo de las proteínas y con azúcares reductores, dando lugar a polímeros pardos, rojizos o negros, de alto peso molecular y estructura desconocida (melanoides). Esta oxidación está catalizada por las enzimas denominadas genéricamente polifenoloxidasas (PPO). La formación de o-quinonas es una reacción reversible en presencia de agentes reductores como el ácido ascórbico, dando lugar a o- difenoles incoloros, mientras que la polimerización posterior es irreversible (McEvily et al., 1992; Taylor y Clydesdale, 1987).

Figura 1.8. Esquema del pardeamiento enzimático

Durante el procesamiento mínimo de frutas y hortalizas, tras el corte, se produce un incremento de la actividad metabólica. Además, debido a la descompartimentación celular, se ponen en contacto los substratos fenólicos, situados en la vacuola, con las enzimas PPOx de localización citoplasmática. La intensidad del pardeamiento dependerá de la concentración y estructura de los compuestos fenólicos, el estado de madurez, presencia de enzimas y actividad de la PPO (Nicoli et al., 1994; Rocha et al., 1998; García y Barrett, 2002).

1.4.3. Seguridad alimentaria

El control microbiológico en los productos MPF es esencial ya que juegan un papel fundamental por ser los microorganismos responsables de su alteración. Además causan pérdidas económicas, el rechazo que suscita al consumidor un producto con desórdenes microbiológicos y el riesgo de intoxicación alimentaria. Todo ello explica el cuidado que se debe tener a este respecto. Aunque la mayoría de los brotes de toxiinfecciones alimentarias se deben al consumo de carnes o productos cárnicos, ocasionalmente, los productos vegetales MPF también producen trastornos alimentarios (Brackett, 1997). Los microorganismos normalmente implicados son las bacterias y géneros fúngicos, aunque también son importantes los virus y parásitos.

Debido a que las hortalizas frescas poseen un alto contenido en agua y nutrientes y un pH ligeramente ácido, hace que sean susceptibles a que crezcan en ellas cualquier microorganismo, aunque conforme disminuye el pH el crecimiento microbiano se dificulta, por lo que se pueden esperar ciertos grupos o especies en función del producto (Brackett, 1997; Jaxsens et al., 2002). Así las bacterias gram-negativas suelen encontrarse en hortalizas. Respecto a las frutas, como poseen un pH más ácido y mayor cantidad de azúcares son mejores hospedantes para los hongos. En la Tabla 1.1. se muestran los principales géneros de microorganismos aislados en frutas y hortalizas.

Tabla 1.5. Géneros microbiológicos más comúnmente aislados en frutas y hortalizas

	Hortalizas (pH > 4,6)	Frutas (pH < 4,6)
Bacterias	Gram-: <i>Pseudomonas</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Enterobacter</i> Gram+: <i>Bacillus</i> , <i>bact. coreniformes</i>	Bacterias ácido lácticas (<i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Lactobacillus spp.</i>)
Levaduras	<i>Cryptococcus</i> , <i>Rhodotorula</i> , <i>Candida</i> , <i>Kloeckera</i>	<i>Saccharomyces</i> , <i>Hanseniospora</i> , <i>Pichia</i> , <i>Koeckera</i> , <i>Candida</i> , <i>Rhodotorula</i>
Mohos	<i>Aureobasidium</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Epicoccum</i> , <i>Mucor</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Rhizopus</i> , <i>Phoma</i>	<i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Botrytis</i>

Fuente: Brackett, 1997

En los productos MPF existe mayor posibilidad de crecimiento microbiano que en el producto fresco. El pelado y corte facilitan el ataque de los microorganismos y pone a disposición de éstos los nutrientes del vegetal, aunque en el caso del haba no se presentan tanto estos riesgos ya que la semilla se extrae por medios mecánicos de la vaina y no sufre el troceado propio de los PMPF. Pero no por ello deja de ser imprescindible un lavado y desinfección adecuados para eliminar la mayor parte posible de carga microbiana (Garg et al., 1990). Además, el lavado sirve para eliminar parte del exudado de los vegetales después del corte, evitando así la disposición de alimento para los microorganismos. Se ha demostrado que el producto, una vez ha pasado por las distintas fases de procesado, posee menos carga microbiana que el vegetal entero inicial (King et al., 1991), pero a pesar de ello se ha visto que el cortado, enjuague y secado por centrifugación favorecen el desarrollo microbiano (Allende

et al., 2003).

Una vez el producto está elaborado, la temperatura constituye el método de control del crecimiento microbiológico más importante. No obstante, algunas bacterias patógenas como *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* y *Aeromonas hydrophila* son capaces de crecer en función del binomio pH-temperatura (Steinbruegge et al., 1988; Berrang et al., 1989). En general, los microorganismos psicrófilos son capaces de desarrollarse en un producto vegetal MPF sometido a refrigeración. Esto lo consiguen aumentando la proporción de ácidos grasos más cortos y/o insaturados, modulando de esta forma la actividad de proteínas integradas que realizan funciones de bombeo de iones o absorción de nutrientes (Russell et al., 1995).

La flora microbiana que se encuentra en la superficie de un producto no necesariamente entraña un riesgo para la salud, pero sí indica su estado de deterioro (Garret, 1997). En este sentido, los recuentos microbiológicos sirven para conocer la carga microbiana aunque no reflejan si la población es perjudicial o no. Además, los microorganismos difieren en su sensibilidad a los gases usados en EAM, ocurriendo en ocasiones que la AM utilizada no tiene ningún efecto sobre la población microbiana (Priepke et al., 1996; Babic y Watada, 1996)

Se debe tener en cuenta que para optimizar la calidad final de los productos MPF, en primer lugar hay que definir unas buenas prácticas agrícolas y de procesado, siguiendo un diagrama de proceso general con las etapas básicas y parámetros esenciales correspondientes, con las particularidades de los diferentes elaborados, que lógicamente se han de adaptar al haba. Tras ello, el diseño de los procesos de elaboración y de las instalaciones debe basarse en rigurosos conocimientos técnicos y en la legislación específica

Como se ha citado anteriormente, hasta el 25 de febrero de 2010, era de obligado cumplimiento en España el RD 3484/2000 (2001) por el que se establecían las normas de higiene para la elaboración, distribución y comercio de comidas preparadas con vegetales crudos. Los puntos 11 y 12, así como el Anexo del citado RD han sido derogados y desde la

fecha señalada es de obligado cumplimiento el RD 135/2010 (2010) que transpone la normativa de la Unión Europea. La legislación anterior fijaba un nivel máximo de contaminación microbiana de 7 log ufc g⁻¹ en la fecha de su caducidad y de 5 log ufc g⁻¹ en el día de procesado para bacterias aerobias, prohibía la presencia de microorganismos patógenos como la bacteria *Salmonella* sp, mientras que los recuentos de *Escherichia coli* o *L. monocytogenes* estaban restringidos a 10² ufc g⁻¹ tanto para el día de proceso como el de caducidad. En el Reglamento CE 1447/2007 (2007) se elimina el límite de aerobios mesófilos y solo se tiene en cuenta como criterios microbiológicos para la seguridad alimentaria la presencia de microorganismos patógenos. Pero la presente Tesis fue realizada siguiendo el RD 3484/2000 (2001) que se encontraba vigente en la fecha de realización de las experiencias.

A nivel europeo la comercialización de PMPF se rige por el citado reglamento del RD 135/2010 donde se especifican los siguientes límites microbiológicos:

- ✓ *Salmonella*: Ausencia en 25 g de producto durante su vida útil.
- ✓ *L. monocytogenes*: Ausencia en 25 g de producto en el día de procesado y 100 ufc g⁻¹ durante su vida útil.
- ✓ *E. coli*: Entre 100 y 1.000 ufc g⁻¹ durante el proceso de elaboración.

Las referidas medidas adoptadas por la UE en materia de seguridad alimentaria se enmarcan dentro del “Código de prácticas de higiene para las frutas y hortalizas frescas” (FAO, 2003a), desarrollado por la Comisión del *Codex Alimentarius* (CCA) y en concreto en su anexo referido a frutas y hortalizas frescas cortadas listas para el consumo

2. INTERÉS Y OBJETIVOS

2. INTERÉS Y OBJETIVOS

2.1. Interés

El creciente interés de los consumidores por los PMPF, condujo a FRUTAS ESPARZA S.L. (El Estrecho, Fuente Álamo, Murcia), proveedora en exclusiva de éste producto para MERCADONA S.A. en el momento del planteamiento y ejecución de las experiencias de la presente Tesis Doctoral, al desarrollo de habas bajo dicha presentación de venta al público, manteniendo su estado fresco y aportándoles valor añadido a las mismas. El principal fundamento del interés de la empresa elaboradora es procurar una alternativa de preparación industrial de las habas que produce para su comercialización en fresco en esta cadena de supermercados a nivel nacional.

El beneficio esperado de este procesado reside en que existe una demanda por los consumidores, ya que dicho producto no se comercializaba bajo este formato en el momento del desarrollo de las experiencias, existiendo por tanto, un nicho de mercado que se pretendía cubrir con el desarrollo tecnológico derivado de los trabajos que aquí se recogen. Hasta esa fecha no se habían llevado a cabo estudios sistemáticos sobre del procesado óptimo del haba entera en vaina, para obtener sus semillas listas para consumir.

En ensayos preliminares se observó que las principales alteraciones eran el notable desarrollo microbiano y la grave pérdida de calidad sensorial, fundamentalmente debida al pardeamiento de las semillas. El origen del referido desarrollo microbiano es doble: de una parte el aportado por la materia prima y, de otra, el que se incorpora a las semillas en el curso de la preparación del PMPF. En consecuencia, ambos orígenes han de ser detectados, analizados y definidos de tal forma que se puedan minimizar, asegurando al consumidor que ingiere un producto seguro desde el punto de vista microbiológico-alimentario, que cumpla estrictamente todos los requisitos que prevé la legislación alimentaria.

En cuanto a la pérdida de calidad sensorial conviene reseñar que la mayoría de las reacciones de pardeamiento en hortalizas se producen debido a la reacción oxidativa de los compuestos fenólicos que existen en las células, por la acción de la enzima PPO. En el caso particular de la semilla de haba, este proceso se desarrolla de forma muy rápida y con gran intensidad, lo que provoca su rechazo para el consumo si no se adoptan las oportunas medidas en un periodo generalmente no superior a unas 3 a 4 horas.

Además era conveniente disponer el producto bajo una adecuada AM de equilibrio en el interior de los envases, cuyo mayor problema radica en la elevada intensidad respiratoria de las semillas. La falta de optimización del envase conduciría a concentraciones de CO₂ excesivamente elevadas en su interior y al empobrecimiento excesivo del O₂ del mismo. Ambas situaciones entrañan como consecuencia el riesgo muy elevado de generación de un ambiente de anaerobiosis, lo que conducirá a dos graves dificultades: la primera, la aparición de sabores y aromas extraños, que se pueden observar en los primeros días de almacenamiento y, la segunda, sin duda la más importante, la elevada probabilidad de desarrollo de microorganismos anaerobios patógenos, anteriormente citados, cuya ausencia hay que garantizar para el consumo.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo general

El objetivo general de la presente Tesis Doctoral es diseñar un proceso industrial integrado para la obtención de semillas de habas MPF con una vida comercial adecuada, así como elaborar la memoria del proceso técnico que permita patentar el desarrollo tecnológico efectuado en los trabajos realizados.

2.2.2. Objetivos específicos

El primer objetivo específico de la presente Tesis Doctoral es la definición del protocolo

óptimo de preparación de semillas de haba MPF de manera industrial. Se realizará mediante experiencias de laboratorio y planta piloto en la UPCT, Así como en las propias instalaciones semi-industriales de FRUTAS ESPARZA S.L. Se pretende de este modo establecer unos protocolos generales para la elaboración de los citados productos a escala semi-industrial, de manera que su supervivencia comercial sea de, al menos, una semana bajo refrigeración.

El segundo de los objetivos específicos es el desarrollo y puesta a punto de los métodos idóneos para optimizar a escala industrial la preparación de semillas de haba MPF, embolsadas y dispuestas para el consumo directo, preservando la calidad inicial de la materia prima y cumpliendo los parámetros establecidos para la consecución de la seguridad alimentaria del producto. Además, se buscarán alternativas de desinfección al NaClO, recurriendo a otros agentes antimicrobianos que, además de controlar la contaminación microbiológica, sean capaces de actuar como agentes antipardeantes.

El tercer objetivo específico es patentar el método industrial para el procesado mínimo en fresco de las habas en una planta de procesado industrial, sobre la base de los conocimientos adquiridos en los objetivos previos

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Material vegetal

El material vegetal de las experiencias realizadas en la presente Tesis Doctoral fueron habas de las variedades Muchamiel cvs. Palencia, Granulla y Valencia, recolectadas por operarios cualificados en los campos de cultivo de FRUTAS ESPARZA S.L. situados en Albacete y Murcia.

Las habas procedentes de Albacete se transportaron unos 150 km a las instalaciones de la empresa ubicadas en Fuente Álamo (Murcia) en “palox” o “bins” de unos 180-200 kg de producto y desde allí hasta las instalaciones de la UPCT en cajas de campo de unos 18-20 kg, donde se dispusieron en una cámara frigorífica para su enfriamiento a 5-7°C. En cada una de las experiencias que se describen en la presente Tesis Doctoral se detallará con precisión tanto la temperatura de preenfriamiento lograda, así como la variedad de haba utilizada.

3.2. Procesado

El procesado se llevó a cabo siguiendo las pautas generales marcadas en el correspondiente epígrafe de la Introducción, detallándose las particularidades correspondientes en cada uno de los Capítulos de los que consta la presente Tesis Doctoral.

3.3. Análisis y determinaciones

3.3.1. Determinación de la actividad respiratoria y de la emisión de etileno

Para la determinación de la TR ($\text{mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$) se utilizaron frascos de cristal de cierre hermético para alojar en su interior una masa conocida de producto. Dichos frascos se alojaron en una cámara frigorífica a una determinada temperatura y se cerraron

herméticamente durante 10 minutos. Tras finalizar este periodo de tiempo se tomaron muestras de 1 mL del espacio de cabeza, para determinar la cantidad de CO₂ acumulado, que se analizaron en un cromatógrafo de gases (CG) (Thermofinnigan GC, Milán, Italia) provisto con un detector de conductividad térmica (TCD) y utilizando He como gas portador. Las condiciones cromatográficas fueron las siguientes:

- Temperatura del horno: 100°C
- Temperatura del inyector (manual): 150°C
- Detector de Conductividad térmica (TCD)
- Temperatura del detector: 150°C
- Flujo del gas portador (He): 20 mL/min
- Tipo de calibración: patrón externo
- Tiempo de retención: CO₂ = 1,2 min
- Separación mediante columna empaquetada tipo Porapak 80/100, 1,2 m x 20 mm Ø (Supelco Inc, Bellefonte, PA, EEUU).

De la misma forma que para el CO₂, se tomaron muestras de 1 mL, para conocer la cantidad de C₂H₄ acumulado, que se analizaron en otro CG de las mismas características que el anterior, pero provisto de un detector de ionización de llama (FID), siendo las condiciones cromatográficas las siguientes:

- Temperatura del horno: isotérmico a 60°C durante 2,2 min y rampa de 80°C/min hasta el min 2,45
- Temperatura del inyector (manual): 200°C
- Detector de Ionización de llama (FID)
- Temperatura del detector: 250°C
- Flujo del gas portador (He): 6 mL/min
- Flujo de creación de llama: 350 mL/min de aire + 35 mL/min de N₂
- Tipo de calibración: patrón externo
- Tiempo de retención: C₂H₄ = 1,5 min

- Separación mediante columna semicapilar tipo Agilent J&W, GS Q, 30 m x 0,53 mm Ø (Pennsylvania, EEUU).

Para determinar los mL de CO₂ kg⁻¹h⁻¹ emitidos mediante el sistema estático se emplearon las siguientes expresiones: (Artés, 1976; Kays, 1991; Kader, 2002):

$$mLkg^{-1}h^{-1} = \frac{\Delta CO_2 \%}{100} \times \frac{Volumenlibre(mL)}{Peso(kg)} \times \frac{1}{Tiempo(h)}$$

Para convertir mL CO₂ en mg, se recurre a la ecuación de los gases perfectos (P·V=n·R·T) a partir de la cual se obtiene un factor que depende de la temperatura (T) expresada en °K:

$$mg = \frac{mL \times 536,59}{T}$$

3.3.2. Determinación de la composición gaseosa de los envases

Se determinó periódicamente la concentración gaseosa en el interior de los envases bajo AM, tomando 0,5 mL de muestra gaseosa con una jeringuilla plástica a través de un septum de silicona colocado sobre la película plástica. Estas muestras fueron analizadas en un CG como el descrito para analizar la actividad respiratoria en el apartado 3.3.1. En este caso, el horno trabajó en tres etapas según se detalla:

- Isotérmico: 4,5 min a 40°C
- Gradiente: 60°C/min hasta 90°C
- Isotérmico: 90°C hasta el min 7

El calibrado y comprobación del correcto funcionamiento de los CG se realizó mediante botellas de patrones de O₂, CO₂ y C₂H₄ de concentración conocidas (Air Liquide S.A., Murcia, España) siguiendo el método descrito por Artés et al. (2000).

3.3.3. Color

Las medidas de color se realizaron con un fotocolorímetro tri-estímulo (Chroma Meter, CR-300, Minolta, Ramsey, NJ, EEUU). El colorímetro utiliza un sistema de iluminación geométrica d/0, con una apertura de visión de 8 mm. En las determinaciones de color el equipo se calibró con una placa reflectiva estándar ($Y = 94,3$; $x = 0,3142$; $y = 0,3211$) y se utilizó "C" como fuente de iluminación y 2° observador (CIE, Comisión Internationale de l'Eclairage).

Las coordenadas espaciales de color del sistema CIELab son L^* , a^* , y b^* . La escala L^* indica la luminosidad o claridad del color y varía del 0 (negro, sin reflexión) a 100 (blanco, reflexión difusa perfecta). El valor a^* se mueve en un rango que va desde valores positivos que indican un tono rojo hasta valores negativos para el verde. La escala b^* representa un eje que varía entre valores positivos para el amarillo hasta valores negativos para tonos azules. A partir de los parámetros a^* y b^* se crean otros índices que permiten identificar más claramente las variaciones de color (Figura 3.1).

Figura 3.1. Coordenadas espaciales en el sistema de color CIELab (Minolta, 1998).

La semilla del haba, debido a su tamaño (Fotografía 3.1), suponía un problema el realizar tres disparos equidistantes para establecer un valor medio, por lo que el color se determinó en un punto medio de la semilla y se incrementó en número de muestras. Se consideró necesario contar con 30 muestras por tratamiento para disponer de unos valores medios aceptables.

Fotografía 3.1. Método de manual de determinación de los parámetros de color.

3.3.4. Firmeza

La medida de la firmeza se define como la resistencia mecánica o fuerza máxima ofrecida por el fruto a lo largo de todo el recorrido de la prensa y debe expresarse en N (Kader, 1982). Para tal evaluación se utilizó una máquina universal de ensayos (Ibertest modelo SAE, Madrid, España), provista de una célula de carga de 2kN.

Para realizar el ensayo, se dispuso cada semilla de haba sobre el plato de prensa, con su eje principal (el que pasa por la zona de inserción del pedúnculo) perpendicular al eje de compresión de la prensa. Para determinar la evolución de la firmeza durante el ensayo se utilizó un punzón de 2,5 mm, que realizaba un trabajo a compresión con una velocidad de

ensayo de 40 mm/min en una carrera de 3 mm (adaptado de Artés et al., 1999), expresándose el resultado como la resistencia a tal deformación en N.

3.3.5. Atributos químicos: sólidos solubles, pH y acidez titulable

En cada día de análisis y para cada tratamiento, se separaron 3 repeticiones con frutos tomados al azar de cada tratamiento. Cada muestra (repeticón) fue triturada con una licuadora (Moulinex, Barcelona, España) y sobre el zumo obtenido se realizaron los análisis de sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable (AT).

3.3.5.1. Sólidos solubles totales (SST)

Los azúcares son el principal sólido soluble (SS) en el zumo de los productos hortofrutícolas por lo que habitualmente se utiliza el resultado de los SS para estimar el contenido en azúcares. Pero hay que tener en cuenta que se está cometiendo un leve error ya que existen otros SS presentes en el zumo, como por ejemplo ácidos orgánicos, aminoácidos, compuestos fenólicos, pectinas solubles, etc.

Los SST se pueden determinar en una pequeña proporción de zumo mediante un refractómetro. El refractómetro mide el índice de refracción, que nos indica la proporción de una luz brillante que se retarda al pasar a través de un líquido (en este caso zumo). Por ello, los SST fueron medidos por el índice de refracción obtenido con un refractómetro (Atago N1, Tokio, Japón) a 20°C y se expresaron en °Brix.

3.3.5.2. pH

En el zumo licuado de cada una de las repeticiones comentadas con anterioridad se midió el pH utilizando un pH-metro (Crison 501, Barcelona, España).

3.3.5.3. Acidez Titulable (AT)

La AT se expresó como g de ácido cítrico por 100 mL de zumo, al ser éste, uno de los ácidos dominantes en el haba. Los valores de la AT, se obtuvieron por titulación de 10 mL de zumo con NaOH 0,1 N hasta pH 8,1 (AOAC, 2005). Para realizar estas medidas se usó un titulador automático (Metrohm 716 DMS, Herisau, Suiza).

3.3.6. Evaluación sensorial

Para determinar los efectos de los distintos tratamientos de conservación sobre las características organolépticas del haba procesada, se trabajó con un panel de cata formado por al menos 5 personas (25-65 años de edad), conocedoras de las características sensoriales del producto, siguiendo las recomendaciones de Ibáñez (2001).

La apariencia visual, el color, el sabor, la textura a la masticabilidad y la calidad global se evaluó con una escala de intensidad de 9 puntos en la que 1: extremadamente pobre o blando para textura; 3: pobre o blando para textura; 5: moderado – límite de comercialización; 7: bueno y 9: excelente.

Por su parte, los principales daños referentes a los atributos sensoriales de calidad se evaluaron con una escala de intensidad del daño de 5 puntos cuya codificación fue 1: ninguno; 2: ligero; 3: moderado – límite de comercialización; 4: severo; 5: extremo. Con esta escala se evaluaron la pérdida de brillo, la deshidratación, el pardeamiento y los aromas extraños. Para ello se utilizó la hoja de cata de la Figura 3.2.

PANEL DE CATA PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Evaluador:

Producto

Fecha

Estado de Conservación

MUESTRA	A	B	C	D	E	F	G			
Apariencia (1-9)										
Color (1-9)										
Perdida de Brillo (1-5)										
Deshidratación (1-5)										
Pardeamiento (1-5)										
Aromas extraños (1-5)										
Sabor (1-9)										
Textura al masticar (1-9)										
Calificación Global (1-9)										

Escalas de puntuación:**Escala de 1 a 9:**

- 1: extremadamente malo o pobre
- 2: muy malo o pobre
- 3: malo o pobre
- 4: ligeramente malo o pobre
- 5: aceptable como límite de consumo
- 6: ligeramente bueno
- 7: bueno
- 8: muy bueno
- 9: extremadamente bueno

Escala de daños o pérdidas de 1 a 5

- 1: sin daños o pérdidas
- 2: leves daños o pérdidas
- 3: aceptable como límite de consumo
- 4: algunos daños o pérdidas
- 5: muy dañado

Observaciones del catador:

Figura 3.2. Hoja de evaluación sensorial para las semillas de haba MPF

3.3.7. Análisis microbiológicos

Con el objeto de conocer el estado sanitario de las semillas de haba tanto tras la recolección como tras los periodos de conservación ensayados se tomaron 30 g de semillas de haba que se introdujeron en bolsas estériles junto con 270 mL de agua peptonada estéril

(Scharlau, Barcelona, España). A continuación se dispusieron durante 1 min en un masticador (Modelo IUL Instruments, Barcelona, España). A partir de esta solución se preparó una batería de diluciones que se sembraron en placas Petri, disponiéndose en cada una de ellas 20 mL del medio de cultivo adecuado en cada caso. Las bacterias mesófilas y psicrotrofas, como flora aerobia, se incubaron en “Plate Count Agar” (Scharlau, Barcelona, España) a 30°C durante 48 h y a 7°C durante 7 días respectivamente. Los mohos y las levaduras se incubaron en “Potato Dextrose Agar” (Scharlau, Barcelona, España) al que se le adicionó 0,1 gL⁻¹ del antibiótico oxitetraciclina (para evitar el crecimiento bacteriano), y se incubaron a 20°C durante 5 y 3 días respectivamente. Cuando se estudiaron enterobacterias se utilizó como medio “Violet Red Bile Dextrose Agar” (Scharlau, Barcelona, España) incubándose a 37°C durante 24-36 h. Los recuentos totales fueron expresados logarítmicamente a través de unidades formadoras de colonias por g de producto (log UFC g⁻¹). En adelante, todos los datos de recuentos microbianos se expresaran como un dato de ufc g⁻¹ que corresponderá a las unidades logarítmicas del dato.

La calidad microbiológica del producto se evaluó de acuerdo con la normativa vigente en el momento de realizar las experiencias en base al RD 3484/2000 (2001), donde en España estaban legislados unos límites máximos en el día de caducidad del producto, de 10⁷ ufc g⁻¹ para bacterias aerobias, 10⁵ para levaduras y 10³ para mohos, y establecido que, de un total de 5 muestras, sólo 2 tengan recuentos de *E. coli* (testigo de falta de higiene) y entre 10 y 10² ufc g⁻¹ de *L. monocitogenes*, con ausencia de *Salmonella* en 25 g de producto. Como ya se ha comentado, este RD fue derogado por el RD 135/2010 (2010) estableciéndose por tanto partir de esa fecha el requerimiento para el control de los microorganismos presentes en este tipo de alimento en base a Reglamento de la UE 1441/2007 (2007).

3.3.8. Análisis estadístico

En las determinaciones de la concentración gaseosa para los distintos envases bajo AM se calculó la media aritmética y la desviación estándar, mediante la hoja de cálculo de

Microsoft Excel. Los valores medios tras la cosecha y al finalizar todos los periodos de conservación ensayados en cada experiencia (para establecer la vida comercial de los elaborados) se han comparado para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos y con respecto al valor inicial.

Para estudiar el efecto de los tratamientos sobre los distintos atributos de calidad, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), y se establecieron diferencias significativas a $P=0,05$ mediante el test de rango múltiple LSD. Para ello se empleó el programa informático Statgraphics plus versión 5.1.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Caracterización fisiológica de los diversos cvs estudiados

Como se ha detallado en la sección 1.1.3, la variedad a estudio fue Muchamiel y dentro de ella se trabajó con los cvs. Palenca, Granulla y Valencia. Cada uno con una fecha de recolección aproximada en función de la condiciones de cultivo de:

- Habas tempranas (cv. Palenca) con fecha de recolección de finales de octubre a primeros de febrero.
- Habas de media estación (cv. Granulla) con fecha de recolección de enero a marzo.
- Habas tardías (cv. Valencias) con fecha de recolección finales de marzo hasta principios de mayo.

4.1.1. Tasa respiratoria

La evolución de la TR respiratoria a 3, 5 y 8°C para los cultivares analizados se presenta en la Figura 4.2. Para el cv. Valencia, la TR a 3°C mostró unos valores iniciales superiores a 120 mg CO₂ kg⁻¹·h⁻¹, correspondientes al momento de más estrés tras el procesado mínimo, produciéndose la estabilización de la intensidad respiratoria a partir del segundo día y situándose en unos valores entre 100 y 110 mg CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ (Figura 4.2.). A 5°C, la TR aumentó llegando hasta los 160 mg CO₂ kg⁻¹·h⁻¹, estabilizándose también en el segundo día de conservación entre 117 y 120 mg CO₂ kg⁻¹·h⁻¹. A 8°C se registraron los mayores valores de respiración con un valor inicial en torno a 215 mg CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ bajando levemente hasta los 180 mg CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ en el tercer día donde se estabilizó en valores parecidos. Este hecho era de esperar por la mayor actividad fisiológica de los productos hortofrutícolas a medida que aumenta su temperatura de conservación.

En el caso de la variedad Muchamiel cv. Valencia, a 3°C se encontró una TR de 140 mg CO₂ kg⁻¹·h⁻¹ por el estrés tras el procesado mínimo, pero en esta ocasión no llegó a un punto

de equilibrio alcanzando su TR en el día 7 valores ligeramente superiores a $70 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. A 5°C volvió a suceder el estrés tras el desvainado estando la TR por encima de los $180 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ estabilizándose en el cuarto día en valores $114 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, aunque continuó disminuyendo ligeramente hasta los $105 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ en el día 7 de análisis.

El cv. Palenca, a 3°C presentó los valores más bajos determinados en el haba con $40 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, que continuaron manteniéndose después de 7 días, no observándose estrés tras el procesado. Algo similar ocurrió cuando se midió la TR a 5°C , donde no se apreció tampoco el estrés tras el desvainado pero sí unos mayores valores de TR, respecto a 3°C , con más de $120 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. También ocurrió que, al contrario que en el resto de cultivares, se produjo un ligero aumento de la TR al final de los 7 días llegando a más de $130 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Este aumento también ocurrió a 8°C , pasando de unos valores de $137 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a $146 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ en el último día de medición.

Para el cv. Granulla, al igual que en el cv. Palenca, no se aprecia un fuerte estrés tras el procesado en los primeros días ni a 3°C ni a 5°C y sí un ligero aumento a 8°C . Respecto a los valores a 3°C fueron superiores al cv. Palenca pero inferiores al cv. Valencia, manteniéndose en promedio en torno a $85 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. A 5°C los valores iniciales fueron de $105 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ manteniéndose estables durante todo el ensayo. A 8°C se produjo un aumento inicial de la TR hasta $110 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ para después aumentar hasta los $127 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, valores que se mantuvieron más o menos estables durante el ensayo.

En conclusión, la TR media de las habas Muchamiel, tras el estudio de 3 cultivares de la misma, se puede clasificar como muy alta, según la clasificación de Kader (2002) por presentar valores a 5°C superiores a $60 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, al igual que sucede con el guisante (Collado et al., 2016). Ello marca la pauta que para poder conservar las semillas de haba bajo AM se precisará un film muy permeable a los gases (O_2 y CO_2) y con la suficiente rigidez estructural como para soportar el proceso de formación de la bolsa y el sellado a nivel industrial.

4.1.2. Emisión de etileno

La emisión de C₂H₄ fue baja en todos los casos, con valores inferiores a 2 µL C₂H₄ kg⁻¹ h⁻¹ a 3, 5 y 8°C, mostrando un leve aumento poco relevante tras el procesado que luego disminuyó ligeramente para llegar a estabilizarse durante la conservación refrigerada (datos no mostrados).

Figura 4.2. Evolución de la tasa respiratoria de semillas de haba de los cultivares de la variedad Muchamiel seis días a 3, 5 y 8°C.

4.2. Diseño del envase

4.2.1 Atmósfera óptima para la conservación de semillas de haba

Previo al desarrollo del envase en AM, para calcular la cantidad de producto vegetal, superficie de intercambio y la elección y características de la película plástica se ha estudiado la atmósfera idónea de conservación que se debiera estabilizar en el interior de las bolsas. Para tal fin, mediante la conservación de las semillas de habas bajo condiciones de refrigeración, elevada HR y AC, se ha determinado la atmósfera más apropiada para su conservación en base a la calidad sensorial de las habas tras un periodo apropiado de vida comercial

Se ensayaron las siguientes AC (equilibradas con N₂) mediante un sistema representado en la Fotografía 4.1

- Aire: 20,9 kPa O₂ + 0,03 kPa CO₂
- 2 kPa O₂ + 15 kPa CO₂
- 5 kPa O₂ + 15 kPa CO₂
- 10 kPa O₂ + 15 kPa CO₂
- 2 kPa O₂ + 20 kPa CO₂
- 5 kPa O₂ + 20 kPa CO₂
- 5 kPa O₂ + 30 kPa CO₂

Fotografía 4.1. Montaje experimental para la determinación de la atmósfera más adecuada para de las semillas de haba mediante un sistema de Atmósfera Controlada.

Tras nuestras apreciaciones sensoriales se determinó que la atmósfera idónea de conservación era la de 5 kPa O_2 + 20 kPa CO_2 . Se observó que la aplicación de 20 kPa CO_2 durante aproximadamente una semana de conservación a 5°C no producía sabores ni olores extraños, así como que no se producían pardeamientos de las semillas que pudieran afectar a su vida comercial.

Por otra parte, consideramos recomendable no bajar de 3 kPa de O_2 pues se corre el riesgo de respiración anaerobia especialmente cuando se envasen las habas en un film plástico para la generación de la AM. Igualmente creemos que es posible variar estas presiones parciales en aproximadamente ± 2 kPa obteniendo buena calidad del producto.

Por otro lado no hubo relevantes recuentos microbianos de microorganismos alterantes tras la vida comercial (datos no mostrados).

4.2.2 Cálculo de la permeabilidad requerida al envase

Los cálculos para determinar concentraciones de O₂ y CO₂ en el interior del envase se realizaron siguiendo el modelo planteado por Artés (1976, 1993). En este modelo se asumirá un cociente respiratorio (CR) o relación entre el CO₂ emitido y el O₂ consumido en la respiración del haba igual a la unidad. Además, teniendo en cuenta la TR expresada en O₂ consumido, la concentración final de O₂ en el interior del envase que mejor se adapta al haba pelada y una superficie conocida del envase, se procede a aplicar la siguiente expresión y así calcular la permeabilidad necesaria

$$RO_2 \times M = PO_2 \times (0,21 - y) \times \frac{1}{24}$$

$$PO_2 = \frac{RO_2 \times M \times 24}{S \times (0,21 - y)}$$

En donde:

RO₂: actividad respiratoria en O₂ consumido [mL / kg h]

M: masa de producto [kg]

S: superficie total del envase [m²]

PO₂: permeabilidad al O₂ de la película plástica [mL / m² d atm]

0,21: concentración de O₂ atmosférico [atm]

y : concentración de O₂ en el interior del envase [atm]

1/24 : conversión de horas a días [d / h]

Teniendo en cuenta la TR expresada en CO₂ producido, la concentración final de CO₂ en el interior del envase y una superficie conocida del envase, se procede a aplicar la siguiente expresión y calcular la permeabilidad necesaria

$$RCO_2 \times M = S \times PCO_2 \times (z - 0,0003) \times \frac{1}{24}$$

$$PCO_2 = \frac{RCO_2 \times M \times 24}{S \times (z - 0,0003)}$$

En donde:

RCO₂: actividad respiratoria en CO₂ consumido [mL / kg h]

M: masa de producto [kg]

S: superficie total del envase [m²]

PCO₂: permeabilidad al CO₂ de la película plástica [mL / m² d atm]

0,0003: concentración de CO₂ atmosférico [atm]

z: concentración de CO₂ en el interior del envase [atm]

1/24: conversión de horas a días [d / h]

A continuación, sobre la base de las experiencias previas del Grupo de Investigación, se calcularon las permeabilidades (mL CO₂ m⁻² d⁻¹ atm⁻¹) al O₂ y CO₂ que debería tener el film plástico apropiado para la consecución de la AM de equilibrio que se ha determinado como óptima en su interior.

Los cálculos se realizaron sobre una bolsa de 17 x 11 cm (con 2 caras de intercambio)

para contener 200 g de producto procesado en fresco. En la Tabla 4.1 se muestran resumidos los valores medios de tasa respiratoria para todas las variedades determinados previamente en el Capítulo 4.1.1. Con ellos se calcularán las permeabilidades al O₂ y CO₂ del plástico más adecuado a las diferentes temperaturas estudiadas.

Tabla 4.1. Valores medios de tasa respiratoria, expresada en mL kg⁻¹ h⁻¹, de los diferentes cultivares de la variedad Muchamiel de las semillas de haba estudiadas.

Tasa respiratoria (mL kg ⁻¹ h ⁻¹)	Temperatura		
	3°C	5°C	8°C
cv. Valencia	57,81	61,91	98,95
cv. Granulla	43,68	55,54	62,709
cv. Palenca	19,47	65,492	74,89

Permeabilidad al O₂ cv. Valencia:

$$PO_2 [3^\circ C] = \frac{57,81 [\text{mL/kg h}] \times 0,2 [\text{kg}] \times 24 [\text{h/d}]}{0,0374 [\text{m}^2] \times (0,21 [\text{atm}] - 0,05 [\text{atm}])}$$

$$PO_2 [3^\circ C] = \mathbf{46663,30} [\text{mL/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{atm}]$$

$$PO_2 [5^\circ C] = \frac{61,91 [\text{mL/kg h}] \times 0,2 [\text{kg}] \times 24 [\text{h/d}]}{0,0374 [\text{m}^2] \times (0,21 [\text{atm}] - 0,05 [\text{atm}])}$$

$$PO_2 [5^\circ C] = \mathbf{49972,76} [\text{mL/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{atm}]$$

$$PO_2 [8^\circ C] = \frac{98,95 [\text{mL/kg h}] \times 0,2 [\text{kg}] \times 24 [\text{h/d}]}{0,0374 [\text{m}^2] \times (0,21 [\text{atm}] - 0,05 [\text{atm}])}$$

$$PO_2 [8^\circ C] = \mathbf{79870,85} [\text{mL/m}^2 \cdot \text{dia} \cdot \text{atm}]$$

Permeabilidad al O₂ cv. Granulla:

$$PO_2 [3^\circ C] = \frac{43,68 [mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,21 [atm] - 0,05 [atm])}$$

$$PO_2 [3^\circ C] = \mathbf{35257,79 [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]}$$

$$PO_2 [5^\circ C] = \frac{55,54 [mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,21 [atm] - 0,05 [atm])}$$

$$PO_2 [5^\circ C] = \mathbf{44831,00 [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]}$$

$$PO_2 [8^\circ C] = \frac{62,709 [mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,21 [atm] - 0,05 [atm])}$$

$$PO_2 [8^\circ C] = \mathbf{50617,70 [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]}$$

Permeabilidad al O₂ cv. Palencia:

$$PO_2 [3^\circ C] = \frac{19,47[mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,21 [atm] - 0,05 [atm])}$$

$$PO_2 [3^\circ C] = \mathbf{15715,87 [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]}$$

$$PO_2 [5^\circ C] = \frac{65,492 [mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,21 [atm] - 0,05 [atm])}$$

$$PO_2 [5^\circ C] = \mathbf{52864,09 [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]}$$

$$PO_2 [8^\circ C] = \frac{74,89 [mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,21 [atm] - 0,05 [atm])}$$

$$PO_2 [8^\circ C] = \mathbf{60450,01} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

Permeabilidad al CO₂ cv. Valenciana:

$$PCO_2 [3^\circ C] = \frac{57,81 [mL/kg \ h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374 [m^2] \times (0,2 [atm] - 0,0003 [atm])}$$

$$PCO_2 [3^\circ C] = \mathbf{37153,06} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

$$PCO_2 [5^\circ C] = \frac{61,91 [mL/kg \ h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374 [m^2] \times (0,2 [atm] - 0,0003 [atm])}$$

$$PCO_2 [5^\circ C] = \mathbf{39788,02} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

$$PCO_2 [8^\circ C] = \frac{98,95 [mL/kg \ h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374 [m^2] \times (0,2 [atm] - 0,0003 [atm])}$$

$$PCO_2 [8^\circ C] = \mathbf{63592,72} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

Permeabilidad al CO₂ cv. Granulla:

$$PCO_2 [3^\circ C] = \frac{43,68 [mL/kg \ h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374 [m^2] \times (0,2 [atm] - 0,0003 [atm])}$$

$$PCO_2 [3^\circ C] = \mathbf{28072,05} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

$$PCO_2 [5^\circ C] = \frac{55,54 [mL/kg \ h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374 [m^2] \times (0,2 [atm] - 0,0003 [atm])}$$

$$PO_2 [5^\circ C] = \mathbf{35694,18} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

$$PCO_2 [8^\circ C] = \frac{62,709 [mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,2 [atm] - 0,0003 [atm])}$$

$$PCO_2 [8^\circ C] = \mathbf{40301,52} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

Permeabilidad al CO₂ cv. Palencia:

$$PCO_2 [3^\circ C] = \frac{19,47[mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,2 [atm] - 0,0003 [atm])}$$

$$PCO_2 [3^\circ C] = \mathbf{12512,89} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

$$PCO_2 [5^\circ C] = \frac{65,492 [mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,2 [atm] - 0,0003 [atm])}$$

$$PCO_2 [5^\circ C] = \mathbf{42090.09} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

$$PCO_2 [8^\circ C] = \frac{74,89 [mL/kg h] \times 0,2 [kg] \times 24 [h/ d]}{0,0374[m^2] \times (0,2 [atm] - 0,0003 [atm])}$$

$$PCO_2 [8^\circ C] = \mathbf{48129.95} [mL/m^2 \cdot dia \cdot atm]$$

4.3. Optimización de la atmósfera de conservación

A continuación se presentan los datos agrupados por cvs. de la variedad Muchamiel tras la realización de las experiencias. Se ensayaron los diferentes cvs. en distintas fechas de cultivo teniendo en cuenta los datos obtenidos para la atmósfera idónea de conservación mediante los ensayos de AC en el Capítulo 4.2.1. (que se resumen en la Tabla 4.3.1.) y que se completan con la determinación teórica de la permeabilidad de los polímeros plásticos, obtenidos en el Capítulo 4.2.2. Con ello se logrará conocer la permeabilidad que mejor contribuya a generar la AM idónea para la conservación de las semillas de haba MPF.

Tabla 4.3.1. Permeabilidades teóricas idóneas para la conservación de diversos cultivares de semillas de haba variedad Muchamiel mínimamente procesadas en fresco.

Cultivar	Temperatura conservación (°C)	Permeabilidad O ₂ (mL/m ² día·atm)	Permeabilidad CO ₂ (mL/m ² día·atm)
Valencia	3	46.663	37.153
	5	49.972	39.788
	8	79.870	63.592
Granulla	3	35.257	28.072
	5	44.831	35.694
	8	50.617	40.301
Palenca	3	15.715	12.512
	5	52.864	42.090
	8	60.450	48.129

En el Capítulo 4.2.1, se obtuvo que las presiones parciales de la atmósfera recomendadas para la conservación de semillas de haba MPF fue 5 kPa O₂ + 20 kPa de CO₂. Para conseguir esta AM de equilibrio se han estudiado diferentes polímeros a temperaturas

de conservación de 3, 5 y 8°C de manera que se consiga mantener la calidad sensorial y microbiológica durante el mayor tiempo posible de vida comercial. Por ello, se estimó que el polímero que mejor podía generar la atmósfera para la conservación de las semillas de haba sería aquel cuya permeabilidad, calculada entre 5°C y 8°C, estuviese comprendido entre 44.000 - 79.000 mL/m² día·atm para el O₂ y entre 35.000 – 64.000 mL/m² día·atm para el CO₂. Por su parte a 3°C, aunque sea difícil comercialmente mantener las semillas de haba durante toda su vida útil a esta temperatura, se ha calculado una permeabilidad al O₂ entre 15.700 - 45.000 mL/m² día·atm y entre 12.500 – 37.000 mL/m² día·atm para el CO₂.

En la Tabla 4.3.2 se recogen los datos de permeabilidad de los polímeros ensayados, todos ellos a base de OPP pero con diferentes características, tanto físicas como comerciales. Dependiendo del momento del ensayo se estudiaron dichas permeabilidades en función de la variedad de haba que se encontraba en campo en ese momento. Existen polímeros que se han ensayado con varios cvs. de la variedad Muchamiel y otros con sólo un cv. Además, cuando se comprobaba que no alcanzaba la AM objetivo con ese modelo de polímero no se volvía ensayar con otros cvs. descartándose y buscando otro polímero diferente.

En la Tabla 4.3.2. se observa como el polipropileno J ensayado a 5 y 8°C es el que presentó los valores de permeabilidad más idóneos para la consecución de la AM de equilibrio recomendada con anterioridad. De este modo, es el que más se aproximó a las presiones parciales de O₂ y CO₂ fijadas como óptimas para la conservación de las semillas de haba MPF.

En los siguientes apartados se presentará de manera gráfica la evolución de las presiones parciales alcanzadas durante los ensayos con las variedades objeto de estudio, y que son el resultado de la permeabilidad del polímero usado en cada momento.

Los ensayos de los polímeros se han realizado en base a la experiencia previa del Grupo de Postrecolección y Refrigeración en la permeabilidad de los films, ya que los datos técnicos que proporcionan las empresas suministradoras son medidos a 23°C y 0% HR. Dichas

condiciones no son las adecuadas para la conservación del producto, cuya temperatura de conservación para los ensayos se ha establecido a 3, 5 y 8°C con una HR del 90-95%. Se sabe que a bajas temperaturas, las propiedades de los polímeros se suelen modificar (Artés, 1976). Por ello, se decidió inicialmente ensayar polímeros que a priori podían no cumplir los requisitos de permeabilidad, pero que no se habían ensayado a dichas bajas temperaturas de conservación y que quizás pudieran ser efectivos.

Tabla 4.3.2. Permeabilidades de los diferentes films ensayados en diversos cultivares de semillas de haba MPF de la variedad Muchamiel. Datos de permeabilidades en mL/m²·día·atm.

Tipo de Film (Polipropileno)	Temperatura (°C)	Cultivar	Permeabilidad O ₂ (mL/m ² ·día·atm)	Permeabilidad CO ₂ (mL/m ² ·día·atm)
A	5	Valencia	83.746	69.011
B	3	Valencia	35.842	17.347
C	3	Valencia	36.455	14.518
C	5	Valencia	39.927	20.926
D	3	Valencia	38.244	22.710
D	8	Valencia	62.252	22.213
E	3	Valencia	37.283	17.266
E	8	Valencia	63.816	21.176
F	3	Valencia	36.825	14.814
G	5	Palenca	131.334	77.326
H	5	Palenca	195.474	120.593
I	5	Palenca	44.192	145.674
J	5	Palenca	51.252	36.592
J	8	Palenca	68.653	43.748
J	5	Granulla	47.839	32.444
J	8	Granulla	55.162	38.471
M	5	Palenca	442.388	196.847

4.3.1. Variedad Muchamiel cv. Valencia

En esta variedad se ha ensayado una diversa gama de polímeros plásticos a diferentes temperaturas de conservación para conocer la evolución de la calidad de las semillas de habas mínimamente procesadas en fresco. En la Figura 4.3.1 se observa como los polipropilenos D y

E a 8°C son los que mayor acumulación de CO₂ presentaron, obteniéndose presiones parciales de hasta 55 kPa tras 7 días de conservación, con una casi nula presión parcial de O₂ que probablemente pudo iniciar un proceso de anaerobiosis.

Los polipropilenos B y E a 3°C también presentaron una acumulación de CO₂ alta llegando a 40 kPa, siendo superior a la determinada como óptima. Los niveles de O₂ son también muy bajos, estando en la zona de peligro para la anaerobiosis. Por tanto, estos films no se aconsejan para las condiciones de trabajo establecidas.

Los dos últimos films correspondientes a los polipropilenos C y D, con temperaturas de conservación de 5 y 3°C, rondan los 30 kPa CO₂ tras una semana de vida comercial, superando los 20 kPa recomendados.

Figura 4.3.1. Evolución de las presiones parciales en el interior de envases de habas Muchamiel cv. Valencia mínimamente procesadas en fresco durante 7 días a 3, 5 y 8°C en bolsas de polipropileno de diferentes características técnicas. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas los de CO₂.

En otros ensayos, presentados en la Figura 4.3.2, al observar la evolución de la atmósfera

en el interior de los envases se ve cómo los polipropilenos F y C a 3°C superaron ya en el primer día de conservación los 25 kPa CO₂ y tras una semana cerca de 50 kPa de CO₂. Además presentó presiones parciales de O₂ cercanas a 1 kPa con riesgo de anaerobiosis. Estos resultados descartan la aplicación comercial de dichos films en estas condiciones. El polipropileno A a 5°C presentó unos valores de 15 kPa CO₂ y 10-12 kPa O₂. Dichas presiones parciales están cercanas a las recomendadas aunque el O₂ sería conveniente disminuirlo ligeramente para minimizar pardeamientos y frenar la actividad fisiológica. Se pensó para ello la utilización de films microperforados en las siguientes experiencias.

Figura 4.3.2. Evolución de las presiones parciales en el interior de envases de habas Muchamiel cv. Valencia mínimamente procesadas en fresco durante 7 días a 3 y 5°C en bolsas de polipropileno. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas representan los kPa de CO₂.

4.3.2. Variedad Muchamiel cv. Palencia

Para este cultivar se han ensayado otra serie de polímeros para complementar los que se ensayaron en Capítulo anterior con semilla de ciclo tardío de la segunda siembra de la variedad Muchamiel. En este caso se optó por films microperforados para poder estabilizar

las presiones parciales. En la Figura 4.3.3 se ve cómo exclusivamente el polipropileno J a 5 y 8°C alcanzó unas presiones parciales de CO₂ dentro de los límites de tolerancia determinados previamente, alcanzando tras 10 días de conservación valores en torno a 20 kPa CO₂. Por otro lado, los valores de O₂ se mantuvieron cercanos a 2,5 kPa. Por ello este film fue recomendado para su uso bajo las condiciones descritas.

El resto de films ensayados no consiguieron estabilizar las presiones parciales de CO₂ y O₂ en valores cercanos a los recomendados que hicieran pensar en su hipotética utilización comercial para las semillas de haba MPF.

Figura 4.3.3. Evolución de las presiones parciales en el interior de envases de habas Muchamiel cv. Palanca mínimamente procesadas en fresco durante 10 días a 5 y 8°C en bolsas de polipropileno microperforado. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas representan los kPa de CO₂.

4.3.3. Variedad Muchamiel cv. Granulla

En este cv. de primera siembra y segundo corte de la variedad Muchamiel se realizaron

las pruebas con el polipropileno J a 5 y 8°C ya que fue el que mejores resultados ofreció durante los anteriores ensayos en el cv. Palenca. En la Figura 4.3.4 se ve cómo a 8°C se produjo un aumento de la presión parcial de CO₂, significativamente mayor que a 5°C durante los primeros días de conservación, para luego estabilizarse en valores cercanos a 21 kPa CO₂ en los niveles recomendados. Los niveles de O₂ oscilaron entre 4-5 kPa evitando problemas de anaerobiosis y manteniendo la calidad de las semillas. De nuevo en este cv. de la variedad Muchamiel se ha conseguido seleccionar un film microperforado que consiguió estabilizar las presiones parciales de O₂ y CO₂ en los niveles óptimos para la conservación.

Figura 4.3.4. Evolución de las presiones parciales en el interior de envases de habas Muchamiel cv. Granulla mínimamente procesadas en fresco durante 10 días a 5 y 8°C en bolsas de polipropileno microperforado. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas representan los kPa de CO₂.

4.4. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE DESINFECCIÓN

4.4.1 Optimización de la desinfección con hipoclorito sódico para preservar la calidad de habas mínimamente procesadas

4.4.1.1. Introducción y Objetivos

Para conocer la fisiología de las habas y preservar su calidad inicial durante la vida comercial, se desarrollaron los pasos para estudiar cómo afecta a la evolución del color y de la calidad sensorial y microbiológica de las semillas de habas MPF bajo diferentes concentraciones de NaClO con y sin la adicción de ácido cítrico que, además de actuar como agente antipardeante (Artés et al., 1998), lo hace como reductor del pH para que la acción bactericida del hipoclorito sea más eficaz (Artés y Artés Hernández, 2003; Allende et al., 2004).

4.4.1.2. Materiales y Métodos

Las habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia, se procesaron a 10°C en la sala de procesado mínimo de la Planta Piloto del Área de Tecnología de Alimentos de la UPCT. Seguidamente se embolsaron en un OPP de 35 µm de espesor (con permeabilidad de 900 cm³ O₂ m⁻² d⁻¹ atm⁻¹ y 1.100 cm³ O₂ m⁻² d⁻¹ atm⁻¹ a 23 °C y 0% HR) conservándose a 3°C durante 7 días (Fotografía 4.4.1). Todas las bolsas contenían un peso de semillas de habas de 200 g.

Los tratamientos realizados fueron:

- **Testigo:** lavado con agua potable de la red a 5°C sin adición de cloro. Tratamiento testigo.
- **C50:** lavado con agua potable de la red a 5°C clorada con 50 ppm NaClO.
- **C100:** lavado con agua potable de la red a 5°C clorada con 100 ppm NaClO.
- **C50 + AC:** lavado con agua potable de la red a 5°C clorada con 50 ppm NaClO + 200 ppm de ácido cítrico.

- **C100 + AC:** lavado con agua potable de la red a 5°C clorada con 100 ppm NaClO + 200 ppm de ácido cítrico.

Todas las semillas correspondientes a los distintos tratamientos fueron posteriormente enjuagadas con agua a 5°C durante 1 minuto.

Fotografía 4.4.1. Embolsado de las semillas de haba MPF.

Los análisis y determinaciones se realizaron según lo expuesto en el apartado de Materiales y Métodos de la presente Tesis Doctoral. Para esta experiencia con la variedad Muchamiel cv. Valencia se analizaron tras la recolección y para cada salida de conservación los siguientes parámetros en las semillas pertenecientes a todos los tratamientos:

- composición gaseosa del interior de los envases
- color
- análisis sensorial
- análisis microbiológico

4.4.1.3. Resultados y Discusión

4.4.1.3.1. Determinación de la composición gaseosa

En la Tabla 4.4.1 se observa la escasa presencia de etileno y por tanto su reducida relevancia en la evolución de la calidad.

Tabla 4.4.1. Valores medios de concentración de etileno (ppm) en el interior de las bolsas (200 g de semillas de habas Muchamiel cv. Valencia) durante 7 días de conservación a 3°C y 5°C bajo distintos tratamientos efectuados en el lavado.

Días	T ^a (°C)	Tratamientos				
		T	C50	C100	C50+AC	C100+AC
1	3	0,07 ± 0,01	0,18 ± 0,02	0,13 ± 0,01	0,08 ± 0,02	0,22 ± 0,03
	5	0,14 ± 0,02	0,12 ± 0,003	0,21 ± 0,006	0,22 ± 0,024	0,17 ± 0,008
3	3	0,25 ± 0,003	0,12 ± 0,002	0,07 ± 0,005	0,10 ± 0,002	0,2 ± 0,003
	5	0,11 ± 0,04	0,05 ± 0,001	0,06 ± 0,001	0,12 ± 0,01	0,14 ± 0,004
5	3	0,14 ± 0,02	0,20 ± 0,008	0,06 ± 0,002	0,07 ± 0,002	0,06 ± 0,001
	5	0,06 ± 0,006	0,05 ± 0,001	0,1 ± 0,01	0,08 ± 0,005	0,07 ± 0,004
7	3	0,18 ± 0,003	0,09 ± 0,002	0,16 ± 0,002	0,24 ± 0,01	0,14 ± 0,006
	5	0,05 ± 0,001	0,02 ± 0,006	0,04 ± 0,003	0,06 ± 0,003	0,1 ± 0,03

Por su parte, la Figura 4.4.1 muestra cómo se alcanzaron elevadas presiones parciales de CO₂ desde el segundo hasta el séptimo día a 3°C, llegando incluso a 60 kPa, y una baja presión parcial de O₂ en ese mismo periodo, rozando el punto de compensación anaeróbica.

Figura 4.4.1. Evolución de la atmósfera en el interior de las bolsas de habas Muchamiel cv. Valencia durante 7 días y 3°C bajo distintos tratamientos de lavado. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas representan CO₂.

4.4.1.3.2. Análisis sensorial

Tras 7 días a 3°C los parámetros de apariencia visual, color, pérdida de brillo, deshidratación, pardeamiento y textura al masticar, obtuvieron unos valores calificados como “no comercializables” debido a la inadecuada AM generada en el interior de los envases. En la Tabla 4.4.2. se recoge la evaluación del sabor y del olor, que fueron considerados como comercializables. En el Testigo (T) se apreció un olor intenso a haba que persistió después de abrir la bolsa, siendo el tratamiento C100 + AC el que presentó una menor intensidad de olor. También se observó un alto grado de pardeamiento de las semillas de habas en todas las bolsas (Fotografía 4.4.2) así como un rápido pardeamiento al abrir las bolsas y dejarlas a 10°C breves momentos. Se notaron ligeros aromas relativos a la fermentación.

Tabla 4.4.2. Evolución del sabor y el olor en semillas de habas Muchamiel cv. Valencia inicial y tras 7 días de conservación a 3°C.

Tratamientos	Sabor	Olor
Inicial	8a ^z	8a
Tras 7 días a 3°C		
Testigo	7c	6c
C50	7c	6c
C50 + AC	7c	6c
C100	7c	6c
C100 + AC	7,5b	6,5b

Escala de puntuación organoléptica: 1: extremadamente desagradable; 3: desagradable; 5: moderado; 7: bueno y 9: excelente. ^z Las letras minúsculas comparan diferencias significativas entre los tratamientos y el valor inicial tras el periodo de conservación frigorífica ($p \leq 0,05$) de acuerdo con el test de rango múltiple LSD.

Fotografía 4.4.2. Semillas de haba después de 7 días a 3°C bajo diferentes tratamientos de conservación.

4.4.1.3.3. Color

El color externo de la epidermis de las semillas presentó unos valores de los parámetros CIELab de luminosidad (L^*) = 71,70 y a^* = -14,17 no pudiéndose medir al final de los 7 días a 3°C por la elevada intensidad del pardeamiento, que las hacía no comerciales.

4.4.1.3.4. Análisis microbiológico

La Figura 4.4.2 presenta el recuento de enterobacterias y total de aerobios mesófilos. No se detectó la presencia de bacterias patógenas. En ambos casos no se consideran valores excesivamente altos tras 7 días a 3°C.

Figura 4.4.2. Recuento microbiano de microorganismos mesófilos (A) y enterobacterias (B) en semillas de habas Muchamiel cv. Valencia procesadas en fresco bajo distintos tratamientos y conservadas 7 días a 3°C.

4.4.1.4. Conclusiones

En esta experiencia se ha identificado un tipo de polímero plástico para el EAM que no puede ser aconsejado para las semillas de habas, que debe tener mucha mayor permeabilidad selectiva a los gases. Por ello será preciso en nuevas experiencias realizar un adecuado diseño del envase que permita optimizar la generación y estabilización de AM idóneas para la conservación de este producto.

Se concluye igualmente la necesidad de añadir NaClO como agente desinfectante debido a la baja contaminación lograda, aunque por los problemas expuestos y comentados no se ha podido optimizar aún su concentración, objetivo que se abordará en las siguientes experiencias.

4.4.2. Estudio de la composición atmosférica en bolsas y en tarrinas bajo diferentes condiciones de lavado.

4.4.2.1. Introducción y Objetivos

Se ha estudiado la posibilidad de conservar las semillas de habas MPF en un envase más rígido que la bolsa para evitar posibles daños mecánicos por impacto o rozaduras que pudieran afectar a la apariencia por aparición de pardeamientos durante el procesado, transporte y venta al público. Por ello, en las siguientes experiencias se recurrió al uso de tarrinas de polipropileno de alta densidad. Además, la estabilidad y facilidad de transporte y termosellado serían muy probablemente adecuadas para su comercialización. A la misma vez se probó una película plástica en formato de bolsa, para observar cómo se comportaban las semillas durante la conservación refrigerada. Se optó por una temperatura de conservación de 3°C para lograr una disminución conveniente de la TR respiratoria de las semillas.

4.4.2.2. Materiales y Métodos

Las semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia se lavaron en agua clorada o sin clorar, según los tratamientos que a continuación se describen, siendo las temperaturas durante las etapas de procesado en los experimentos las que se presentan en la Tabla 4.4.3.

Tabla 4.4.3. Registro de temperaturas en la Línea de procesado en la Planta Piloto.

ZONA DE PROCESO	TEMPERATURA
	(°C)
Agua de enjuague	8,6
Agua de lavado	9,2
Semilla de haba	10-11
Sala de procesado	14 -14,5
Conservación	3

El tiempo de conservación osciló entre 7 y 8 días a 3°C bajo los distintos tratamientos que se detallan a continuación:

T1: Tarrina agua PPB-20. 200 g de habas peladas se lavaron con agua de la red durante 2 minutos y se dispusieron sobre una tarrina con un volumen libre de 1.500 mL (Borden, Alicante, España). Dichas tarrinas fueron termoselladas al borde utilizando un polipropileno biorientado (PPB) de 20 µm de espesor. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento (Fotografía 4.4.3).

T2: Tarrina agua PPB-50. Este tratamiento fue similar al T1 pero el termosellado de la tarrina se produjo mediante un PPB de 50 µm de espesor. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.

T3: Tarrina cloro PPB-20. 200 g de habas peladas se lavaron con agua clorada con 100 ppm NaClO y ácido cítrico hasta alcanzar un pH entre 6,5 y 7 durante 2 minutos. Posteriormente se realizó un enjuague con agua exenta de cloro durante 2 minutos y se dispusieron sobre la misma tarrina que en T1 y T2. Las tarrinas fueron termoselladas al borde utilizando un PPB de 20 µm de espesor. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.

T4: Tarrina cloro PPB-50. Este tratamiento es similar al T3 pero el termosellado de la tarrina se produjo mediante un PPB de 50 µm de espesor. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.

T5: Bolsa agua PPO-25. 200 g de habas peladas se lavaron con agua exenta de cloro durante 2 minutos y se dispusieron sobre una bolsa para 1 L realizada en la Planta Piloto de la UPCT mediante un OPP de 25 µm de espesor. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.

T6: Bolsa cloro PPO-25. Este tratamiento fue similar al T5 pero las semillas de habas se

lavarón durante 2 minutos con agua clorada con 100 ppm NaClO y ácido cítrico hasta alcanzar un pH entre 6,5 y 7 y posteriormente se enjuagaron con agua exenta de cloro durante 2 minutos.

Los análisis y determinaciones se realizaron según lo expuesto en el apartado de Materiales y Métodos de la presente Tesis Doctoral. Para esta experiencia con la variedad Muchamiel cv. Valencia, se analizaron tras la recolección y para cada una de las salidas de conservación, los siguientes parámetros de calidad en las semillas pertenecientes a todos los tratamientos:

- composición gaseosa del interior de los envases
- color
- firmeza
- SST
- pH
- AT
- análisis sensorial
- análisis microbiológico

Fotografía 4.4.3. Envasado de las semillas de haba en tarrinas para su conservación.

4.4.2.3. Resultados

4.4.2.3.1. Evolución de la composición gaseosa

En las Figuras 4.4.3 y 4.4.4 se recoge la evolución de la atmósfera en el interior de las tarrinas y bolsas respectivamente conteniendo semillas de habas Muchamiel cv. Valencia lavadas con agua clorada o no y envasadas bajo diferentes películas. En las tarrinas, debido a la excesiva modificación de la atmósfera que se indujo, con grave riesgo de anaerobiosis, en base a nuestra experiencia previa y de acuerdo a las permeabilidades que se deberían requerir en los plásticos se tuvo que realizar el 2º día de conservación 1 perforación a la película PPB20 y 2 perforaciones al PPB50 ambas de 0'52 mm de $\varnothing$. Ello fue debido a que el aumento de la presión parcial de CO₂ estaba hinchando las tarrinas de ambos tipos.

En la Figura 4.4.3 se observa cómo en las tarrinas, a pesar de estar termoselladas con la película menos permeable (PPB-50), se alcanzaron unas presiones parciales con muy bajo O₂ (aprox. 1 kPa) y muy elevadas de CO₂ (aprox. 28 kPa). Sin embargo en las tarrinas termoselladas con PPB-20, se mantuvieron al final de la conservación unas concentraciones de O₂ y de CO₂ dentro de un rango aceptable según nuestras recomendaciones (2-5 kPa O₂ y 20-22 kPa CO₂).

Figura 4.4.3. Evolución de la atmósfera en el interior de las tarrinas de PPB 50 y PPB 20 con semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia conservadas durante 7 días a 3°C. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas los de CO₂.

En la Figura 4.4.4, que recoge la evolución de la composición gaseosa en el interior de las bolsas, se puede observar que se alcanzaron unas presiones parciales muy elevadas de CO₂ (superiores a 28 kPa) y muy bajas de O₂ (aproximadamente 1 kPa), con el consiguiente riesgo comentado con anterioridad. Por ello, se les realizó en algunas bolsas en el 5º día de conservación 1 perforación de 0'52 mm Ø y se estudió su evolución. En dicha Figura se puede observar en las bolsas que se perforaron cómo los niveles de O₂ se situaron entre 2 y 5 kPa y los de CO₂ alcanzaron unos 22 kPa. Estas últimas presiones parciales se consideran dentro del rango recomendado para la conservación de las semillas de haba MPF.

Figura 4.4.4. Evolución de la atmósfera en el interior de bolsas de PPO 25 conteniendo 200 g de semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia lavadas con agua sin o con cloro, tras ser conservadas durante 8 días a 3°C. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas los de CO₂.

El hecho de tener que perforar las tarrinas y bolsas para lograr los rangos adecuados de composición gaseosa obligó a replantear el ensayo de manera que los datos que se analizaron a continuación son los relativos a las muestras de las bolsas perforadas ya que son las que mayor riesgo de contaminación presentaban y las que, aparentemente, iban a tener unos datos de composición gaseosa más adecuados para la conservación, como al final se ha confirmado.

4.4.2.3.2. Análisis físico-químico: SST, pH y AT

Los atributos físico-químicos de calidad prácticamente no sufrieron variaciones tras los 8 días de conservación a 3°C preservándose los parámetros iniciales de SST (entre 8 y 9°Brix), el pH (entre 6,12 y 6,25) y la AT (aproximadamente 0,22 g de ácido cítrico/100 mL de zumo).

4.4.2.4. Análisis y determinaciones realizadas tras 7 días de conservación a 3°C4.4.2.4.1. Color y firmeza

La Tabla 4.4.4 muestra la evolución de los parámetros de color y firmeza en semillas de habas Muchamiel cv. Valencia bajo los distintos tratamientos ensayados tras una conservación de 7 días a 3°C. En dicha Tabla se observa como la luminosidad se mantuvo constante respecto al valor registrado tras ser peladas las habas ($L^*=70$) para las semillas de habas conservadas en las tarrinas, mientras que en las conservadas en las bolsas se observó un aumento poco relevante de 2 unidades. Dichos datos confirman que prácticamente no existió pardeamiento ni pérdida de brillo en las semillas. El parámetro a^* registró ligeros aumentos, poco relevantes, para todos los tratamientos ensayados. Por su parte el parámetro b^* también sufrió descensos poco relevantes al finalizar los 7 días de conservación a 3°C.

Prácticamente no se observaron cambios importantes de la firmeza inicial de las semillas de habas recién peladas (4,5 N) asociados a los tratamientos aplicados, variando este parámetro de calidad entre 4 y 4,7 N al finalizar los 7 días a 3°C.

Tabla 4.4.4. Evolución de los parámetros CIELab de color y de la firmeza en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia mínimamente procesadas en fresco tras una conservación de 7 días a 3°C bajo distintos tratamientos.

Tratamientos	L^*	a^*	b^*	Firmeza (N)
Inicial	70 ^z b	-19b	36a	4,5ab
Tras 7d 3°C				
Tarrina agua PPB20	69b	-16a	34bc	4,7a
Tarrina agua PPB50	70b	15a	32c	4,6ab
Tarrina cloro PPB20	70b	-15a	34b	4,4bc
Tarrina cloro PPB50	70b	-15a	34b	4,5ab
Bolsa agua OPP-25	72a	-16a	32c	4d
Bolsa cloro OPP-25	72a	-16a	33bc	4,2cd

^z valores dentro de una misma columna seguidos por letras diferentes son significativamente distintos ($p \leq 0,05$) de acuerdo con el test de rango múltiple LSD.

4.4.2.4.2. Análisis sensorial

La Tabla 4.4.5 recoge la evolución de los principales atributos de calidad sensorial en semillas de habas Muchamiel cv. Valencia tras 7 días a 3°C bajo los distintos tratamientos aplicados. En ella se puede observar cómo las habas disminuyeron la muy buena apariencia visual que tenían recién desvainadas, aunque las calificaciones otorgadas a todos los tratamientos fue con aspecto ligeramente bueno y sin diferencias entre los tratamientos ensayados. Se observó de manera sensorial un ligero descenso del color en todos los tratamientos, sin diferencias entre ellos. Se encontró una leve pérdida de luminosidad para todos los tratamientos tras los 7 días de conservación a 3°C, sin diferencias entre tratamientos.

Del mismo modo, se encontraron ligeros indicios de deshidratación en todos los tratamientos, aunque siempre se calificaron como de leves y por lo tanto las habas eran comercializables. Prácticamente no se observaron pardeamientos en ninguno de los tratamientos, como se reflejó en el análisis de color, ni tampoco presencia de aromas extraños. El sabor se calificó en todos los casos como de ligeramente bueno a bueno, sin diferencias entre los tratamientos, al igual que sucedió con la textura a la masticabilidad, que fue calificada como buena. Al analizar la calificación global se observó un ligero descenso respecto a la muy buena calificación de las habas recién peladas, aunque todos los tratamientos fueron finalmente comercializados, obteniendo valores de ligeramente buenos y sin diferencias entre ellos.

Tabla 4.4.5. Evolución de los principales atributos de calidad sensorial en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia mínimamente procesadas en fresco tras una conservación de 7 días a 3°C bajo distintos tratamientos.

	Apariencia	Color	Pérdida	Deshidratación	Pardeamiento	Aromas	Sabor	Textura	Calificación
	visual		Brillo			extraños		masticar	Global
	(1-9)	(1-9)	(1-5)	(1-5)	(1-5)	(1-5)	(1-9)	(1-9)	(1-9)
Inicial	8 ^z a	8a	1b	1ns	1b	1 ns	8a	8a	8a
Tras 7 días a 3°C									
Tarrina agua PPB20	6b	6b	2a	2	1,3ab	1,3	6,5ab	7ab	6,1b
Tarrina agua PPB50	6b	5,6b	2a	1,8	1,8a	1,3	7ab	7,3b	6,1b
Tarrina cloro PPB20	6b	6b	2a	1,8	1,1ab	1,3	5,3b	7,6ab	5,5b
Tarrina cloro PPB50	5,8b	5,5b	2a	2	1,1ab	1,3	5,6b	7,3ab	5,8b
Bolsa agua OPP-25	6b	6b	2a	1,8	1,3ab	1,3	6,6ab	7,6ab	6,6b
Bolsa cloro OPP-25	5,6b	5,3b	2a	2,1	1,5ab	1,3	6,3b	7,3ab	5,5b

Escala de puntuación organoléptica (1-9): 1: extremadamente pobre (o blando para textura); 3: pobre (o blando para textura); 5: moderado; 7: bueno y 9: excelente. Escala de valoración del daño (1-5): 1: sin daño; 2: leve; 3: moderado; 4: severo y 5: extremo. ^z Las letras minúsculas comparan diferencias significativas entre los tratamientos y el valor inicial tras el periodo de conservación frigorífica ($p \leq 0,05$) de acuerdo con el test de rango múltiple LSD. ns: no existen diferencias significativas de acuerdo con el test de rango múltiple LSD.

4.4.2.4.3. Análisis microbiológico

En la Figura 4.4.5 se recoge la evolución del recuento de microorganismos mesófilos y enterobacterias en semillas de habas Muchamiel cv. Valencia procesadas en fresco bajo distintos tratamientos y conservadas 7 días a 3°C. En ella se observa cómo en el 7º día los recuentos de mesófilos no superaron los límites establecidos por la legislación entonces vigente, siendo las habas bajo el tratamiento Tarrina Agua PPB-50 las que mayor crecimiento registraron mientras que el tratamiento Bolsa Cloro OPP-25 fue el que menor crecimiento obtuvo.

De la misma manera sucedió con el recuento de enterobacterias, donde a pesar de no sobrepasar lo establecido por la legislación, el tratamiento Tarrina Agua PPB-50 se situó muy cerca del límite y el tratamiento Bolsa Cloro OPP-25 el que menos.

Figura 4.4.5. Recuento microbiano de microorganismos mesófilos (A) y enterobacterias (B) en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia procesadas en fresco bajo distintos tratamientos y conservadas 7 días a 3°C.

De estos datos, junto a los obtenidos en el análisis sensorial, se puede concluir que todos los tratamientos resultaron comercializables tras 7 días de conservación a 3°C debido a ser productos sanitariamente seguros y con una adecuada calidad sensorial.

4.4.2.5. Análisis y determinaciones realizadas tras 8 días de conservación a 3°C4.4.2.5.1. Color y firmeza

La Tabla 4.4.6 muestra los cambios en los parámetros de color en las semillas de habas MPF tras una conservación de 8 días a 3°C bajo distintos tratamientos. Se puede ver que prácticamente no se apreciaron cambios. Las variaciones respecto a los valores de los tratamientos tras el periodo de conservación y los valores tras el pelado al inicio de la experiencia son muy poco relevantes.

Se puede observar también en la Tabla 4.4.6 cómo la firmeza no sufrió cambios significativos para ninguno de los tratamientos ensayados preservando el buen valor inicial (4,5 N)

Tabla 4.4.6. Evolución de los parámetros CIELab de color y de la firmeza en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia mínimamente procesadas en fresco tras una conservación de 8 días a 3°C bajo diferentes tratamientos

Tratamientos	L*	a*	b*	Firmeza (N)
Inicial	70 ^z d	-19d	36a	4,5 ns
Tras 8 días a 3°C				
Tarrina agua PPB20	72ab	-14a	30c	4,4
Tarrina agua PPB50	71bcd	-15ab	32bc	4,2
Tarrina cloro PPB20	72abc	-14a	33bc	4,4
Tarrina cloro PPB50	70cd	-14ab	33b	4,2
Bolsa agua OPP-25	71bcd	-17c	33bc	4,4
Bolsa cloro OPP-25	73a	-16bc	32bc	4,5

^z Las letras minúsculas comparan diferencias entre los tratamientos y el valor inicial tras el periodo de conservación frigorífica ($p \leq 0,05$) de acuerdo con el test de rango múltiple LSD. ns: no existen diferencias significativas de acuerdo con el test de rango múltiple LSD.

4.4.2.5.2. Análisis sensorial

En análisis de los principales atributos de calidad sensorial tras el pelado y tras una conservación de 8 días a 3°C en semillas de habas Muchamiel cv. Valencia se recoge en la Tabla 4.4.7. De los resultados se puede concluir que todos los tratamientos disminuyeron la muy buena apariencia visual detectada al inicio de la experiencia, previo al embolsado, sin diferencias entre los tratamientos. En todos ellos se obtuvo una puntuación calificada como de ligeramente buena.

Un hecho similar se detectó en el color de la epidermis de las habas peladas tras los 8 días de conservación a 3°C. Se observó una moderada pérdida de brillo, deshidratación y pardeamiento en todos los tratamientos al finalizar la conservación, permaneciendo las habas MPF justo en el límite considerado como apto para su comercialización. Por otra parte, se detectaron unos leves aromas extraños iniciales en el interior de los envases para todos los tratamientos aunque desaparecieron al cabo de unos minutos. En todos los tratamientos se calificó el sabor como de aceptable a ligeramente bueno tras los 8 días de conservación a 3°C, al igual que sucedió cuando se requirió dar una calificación global al producto. En cuanto a la textura, permaneció prácticamente igual de crujiente en el inicio de la experiencia.

Tabla 4.4.7.- Evolución de los principales atributos de calidad sensorial n semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia mínimamente procesadas en fresco tras una conservación de 8 días a 3°C bajo distintos tratamientos.

	Apariencia visual (1-9)	Color (1-9)	Pérdida Brillo (1-5)	Deshidratación (1-5)	Pardeamiento (1-5)	Aromas extraños (1-5)	Sabor (1-9)	Textura masticar (1-9)	Calificación Global (1-9)
Inicial	8 ^z a	8a	1b	1a	1b	1a	8a	8a	8a
Tras 8 días a 3°C									
Tarrina agua PPB20	6b	6b	3a	3a	2,8ab	2a	7b	7b	6,3b
Tarrina agua PPB50	6b	6b	3a	3a	3a	2a	6b	7b	6bc
Tarrina cloro PPB20	6b	6b	3a	3a	3a	2a	6b	7b	6,3b
Tarrina cloro PPB50	6b	6b	3a	3a	3a	2a	5b	7b	5bc
Bolsa agua OPP-25	6b	5b	3a	3a	3a	2a	6b	7b	5bc
Bolsa cloro OPP-25	6b	6b	3a	3a	2,8ab	2a	6b	7b	6c

Escala de puntuación organoléptica (1-9): 1: extremadamente pobre (o blando para textura); 3: pobre (o blando para textura); 5: moderado; 7: bueno y 9: excelente. Escala de valoración del daño (1-5): 1: sin daño; 2: leve; 3: moderado; 4: severo y 5: extremo. ^z Las letras minúsculas comparan diferencias significativas entre los tratamientos y el valor inicial tras el periodo de conservación frigorífica ($p \leq 0,05$) de acuerdo con el test de rango múltiple LSD. ns: no existen diferencias significativas de acuerdo con el test de rango múltiple LSD.

4.4.2.5.3. Análisis microbiológico

En esta ocasión, dado lo cercano de la realización del anterior recuento de microorganismos, solo se analizaron algunos tratamientos, en los cuales se observa que los microorganismos mesófilos permanecieron al finalizar la conservación muy por debajo del máximo entonces legalmente sin sobrepasar las 3 log UFC g⁻¹. En el recuento de enterobacterias tampoco se superó el máximo permitido por la legislación (Figura 4.4.6).

Con esta información podemos aseverar que la seguridad alimentaria para el consumidor quedaría garantizada para todos los tratamientos ensayados según el procedimiento descrito.

Figura 4.4.6. Recuento microbiano de microorganismos mesófilos (A) y enterobacterias (B) en semillas de habas variedad Muchamiel cv. Valencia mínimamente procesadas en fresco bajo distintos tratamientos tras ser conservadas 8 días a 3°C.

4.4.2.4. Conclusiones

De los resultados obtenidos en este ensayo se puede concluir que aunque las semillas de habas MPF han tenido un comportamiento, tanto en tarrina como en bolsa, calificable de aceptable sensorialmente y muy bueno microbiológicamente, presenta dudas respecto al envase en tarrinas por generarse en ellas unas atmósferas muy en el límite aconsejable. Por ello se debe considerar que no es el sistema óptimo para realizar la conservación de las

semillas de haba MPF por no disponer de suficiente superficie de intercambio del polímero plástico para la generación de la composición gaseosa óptima. Del mismo modo, no presenta un efecto visual deseado, por la posibilidad de abombamiento del polímero, lo que podría generar un rechazo por el consumidor creyendo que se pueda encontrar en mal estado.

Respecto a las bolsas se deberán probar nuevos polímeros para mejorar el intercambio gaseoso y poder generar y estabilizar la AM deseada en el interior de las bolsas, intentando mejorar la calidad de las habas MPF al finalizar la conservación.

Las diferencias apreciadas entre los tratamientos de lavado indican que, aunque en el lavado únicamente con agua de la red no se superó los límites establecidos por la legislación, presenta una mayor seguridad el empleo de NaClO durante el lavado-desinfección por la posible contaminación cruzada, evitando así un riesgo para el consumidor.

4.4.3 Estudio de la composición atmosférica y control de parámetros de calidad de las semillas de haba MPF a diferentes temperaturas de conservación

4.4.3.1. Introducción

Para confirmar los datos de la última experiencia se volvió a realizar un ensayo similar donde se intentó controlar la atmósfera dentro de las tarrinas y las bolsas, efectuando en algunas de las bolsas una pequeña perforación previa. De esta forma se pretendía conocer si se generaba una AM adecuada de conservación y se comprobaría si la opción de las tarrinas tenía alguna oportunidad.

Además se probaron dos temperaturas para ver cómo se comportaban las semillas durante la conservación.

4.4.3.2. Materiales y métodos

En esta ocasión se seleccionaron habas Muchamiel cv. Valencia, cuyas semillas peladas mecánicamente se lavaron durante 2 minutos con agua a unos 12°C clorada con 100 ppm de NaClO y con ácido cítrico hasta alcanzar un pH entre 6,5 y 7. Seguidamente se realizó un enjuague con agua sin clorar durante 2 minutos. El procesado se realizó en las instalaciones de la empresa siendo las temperaturas las que se muestran en la Tabla 4.4.8.

Tabla 4.4.8. Registro de temperaturas de la Línea de procesado en la Planta Piloto.

ZONA DE PROCESO	TEMPERATURA (°C)
Agua de enjuague	12,8
Agua de lavado	13
Semilla de haba	17
Sala de procesado	19
Conservación	3 y 8

Los tratamientos realizados fueron:

- **T1:** Tarrina 3°C PPB-20. El peso de las semillas de haba fue de 200 g la cuales se lavaron y enjuagaron como se ha comentado con anterioridad y se dispusieron sobre una tarrina con un volumen libre de 1.500 mL y con una superficie de intercambio gaseoso de 2,05 dm² (Borden, Alicante, España). Dichas tarrinas fueron termoselladas al borde utilizando un PPB de 20 µm de espesor y se dispusieron para su conservación a 3°C. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.
- **T2:** Tarrina 3°C PPB-50. Este tratamiento fue similar al T1 pero el termosellado de la tarrina se produjo mediante un PPB de 50 µm de espesor. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.
- **T3:** Tarrina 8°C PPB-20. Este tratamiento fue similar al T1 pero se dispusieron para su conservación a 8°C. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.
- **T4:** Tarrina 3°C PPB-50. Este tratamiento fue similar al T2 pero se dispusieron para su conservación a 8°C. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.
- **T5:** Bolsa 3°C PPB-20. El peso de las semillas de haba fue de 200 g las cuales se lavaron y enjuagaron como se ha comentado con anterioridad y se dispusieron sobre una bolsa de 1 L constituida en la Planta Piloto de la UPCT mediante un PPB de 20 µm de espesor. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.
- **T6:** Bolsa 3°C PPB-25. Este tratamiento fue similar al T5 pero la bolsa se constituyó mediante un PPB de 25 µm de espesor. Se realizaron 10 repeticiones de este tratamiento.
- **T7:** Bolsa 3°C PPB-32. Este tratamiento fue similar al T6 pero se utilizó un PPB de 32 µm de espesor al que se le produjo 1 perforación de 0'52 mm Ø para que la

modificación de la atmósfera no fuera excesiva. Se realizaron 10 repeticiones.

- **T8:** Bolsa 8°C PPB-20. Este tratamiento fue similar al T5 pero se dispusieron para su conservación a 8°C y no se realizó ninguna perforación. Se realizaron 10 repeticiones.
- **T9:** Bolsa 8°C PPB-25. Este tratamiento fue similar al T8 pero se utilizó un PPB de 25 µm de espesor. Se realizaron 10 repeticiones.
- **T10:** Bolsa 8°C PPB-32. Este tratamiento fue similar al T7 pero se dispusieron para su conservación a 8°C. Se realizaron 10 repeticiones.

Todas las tarrinas y bolsas (Fotografía 4.4.4) se almacenaron en las cámaras de refrigeración de la Planta Piloto de la UPCT, donde se almacenaron a la temperatura correspondiente durante 8 días en todos los casos.

Fotografía 4.4.4. Tarrinas y bolsas de semillas de haba de la variedad Muchamiel cv. Valencia MPF.

Los análisis y determinaciones se realizaron según lo expuesto en el apartado de Materiales y Métodos de la presente Tesis Doctoral. Para esta experiencia con la variedad

Muchamiel cv. Valencia, se analizaron tras la recolección y para cada salida los siguientes parámetros en las semillas pertenecientes a todos los tratamientos:

- composición gaseosa del interior de los envases
- análisis sensorial
- color
- firmeza
- análisis microbiológico

4.4.3.3. Resultados

4.4.3.3.1. Evolución de la composición gaseosa

En las Figuras 4.4.7 A y B se muestra la evolución de la composición de la atmósfera en el interior de los diferentes envases conservados a 3 y 8°C. Como era de esperar se observa que los mismos tratamientos a distinta temperaturas muestran una diferente modificación de la atmósfera. En el segundo día de conservación se realizó, en base a nuestra experiencia previa y de acuerdo a las permeabilidades que se deberían requerir en los plásticos, una segunda perforación a las bolsas PPB-32 y una perforación a las bolsas de PPB-20 (diámetro de la perforación 0,52 mm), para evitar los problemas de respiración anaerobia comentados con anterioridad. Con estas perforaciones de las bolsas, las presiones parciales que se alcanzaron tras 6 días de conservación a 3°C para el PPB-32 y el PPB-20 fueron en ambos tipos de envases de 9-13 kPa O₂ y 14-18 kPa CO₂. Por su parte las tarrinas generaron unas presiones parciales de 2-3 kPa O₂ y unos 35 kPa CO₂ (en el límite máximo aceptable de CO₂).

Al analizar lo sucedido a 8°C (Figura 4.4.7B), se observa como los únicos tratamientos que alcanzaron unas presiones parciales adecuadas, aunque un poco elevadas, fueron las bolsas PPB-32 y PPB-20 con unas presiones parciales entre 3-8 kPa O₂ y 20-27 kPa CO₂ (unos rangos muy aceptables para las semillas de haba MPF).

De estos resultados se desprende en primer lugar que la conservación en estas condiciones se debe realizar con la temperatura más baja posible, tras lo observado al analizar la TR a ambas temperaturas. En segundo lugar, se observa que, para este producto y con estos polímeros plásticos, se deben realizar perforaciones en el envase para no alcanzar presiones parciales excesivas de los gases, especialmente de CO_2 .

Figura 4.4.7.A. Evolución de la atmósfera en el interior de las bolsas y tarrinas, constituidas con diferentes polímeros plásticos con semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia conservadas durante 6 días a 3°C. Las líneas continuas representan los kPa de O_2 mientras que las discontinuas los de CO_2 .

Figura 4.4.7.B Evolución de la atmósfera en el interior de las bolsas y tarrinas constituidas con diferentes polímeros plásticos, semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia conservadas durante 6 días a 8°C. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas los de CO₂.

4.4.3.3.2. Análisis sensorial

En la Tabla 4.4.9 se representa la evolución de los principales atributos de calidad sensorial en semillas de habas Muchamiel cv. Valencia tras 8 días a 3 y 8°C bajo los tratamientos que mejor evolución de la atmósfera y apariencia visual tuvieron (Bolsa 3°C PPB-20, Bolsa 3°C PPB-32, Bolsa 8°C PPB-20, Bolsa 8°C PPB-32).

Todos los tratamientos a los que se les practicó una perforación en el envase obtuvieron un aspecto calificado de ligeramente bueno a bueno tras 8 días de conservación y el color se calificó como ligeramente bueno para todos los casos, detectándose ligeros descensos con respecto a lo registrado al inicio de la experiencia.

Se detectó una severa pérdida de brillo (L^*) en los tratamientos Bolsa 3°C PPB-32 y Bolsa 8°C PPB-20, mientras que en los otros dos tratamientos dicha pérdida fue entre leve y moderada, al igual que ocurrió al evaluar el pardeamiento de la epidermis.

Por otra parte se detectó una deshidratación entre leve y moderada para todos los casos, así como una moderada presencia de aromas extraños al abrir el envase, que se disipó transcurrido unos minutos.

El único tratamiento en el que se detectaron sabores extraños fue en el de Bolsa 8°C PPB-20, mientras que el resto fue calificado entre moderado y bueno. Respecto a la textura al masticar fue calificada en todo momento como de ligeramente buena a buena.

Al evaluar la calidad sensorial global de los tratamientos se observó que el Bolsa 3°C PPB-20 fue calificado como bueno, mientras que el único tratamiento que se consideró que no podía ser comercializable fue el Bolsa 8°C PPB-20. Por su parte, en los otros dos tratamientos la calidad sensorial global se calificó como de moderada a ligeramente buena.

Tabla 4.4.9. Evolución de los principales atributos de calidad sensorial en semillas de habas la variedad Muchamiel cv. Valencia tras 8 días a 3 y 8°C bajo distintos tratamientos

	Apariencia visual (1-9)	Color (1-9)	Pérdida Brillo (1-5)	Deshidratación (1-5)	Pardeamiento (1-5)	Aromas extraños (1-5)	Sabor (1-9)	Textura masticar (1-9)	Calificación Global (1-9)
Inicial	8 ^a	8a	1d	1b	1c	1b	8a	8a	8a
Tras 8 días de conservación									
Bolsa 3°C PPB-20	7b	6b	3bc	3a	3b	3a	7ab	7ab	7ab
Bolsa 3°C PPB-32	6c	6b	4a	3a	4a	3a	5d	6b	5c
Bolsa 8°C PPB-20	6c	6b	4a	3a	4a	3a	3e	6b	4d
Bolsa 8°C PPB-32	6c	6b	2c	2ab	3b	3a	6bc	7ab	6bc

Escala de puntuación organoléptica (1-9): 1: extremadamente pobre (o blando para textura); 3: pobre (o blando para textura); 5: moderado; 7: bueno y 9: excelente. Escala de valoración del daño (1-5): 1: sin daño; 2: leve; 3: moderado; 4: severo y 5: extremo. ^z Las letras minúsculas comparan diferencias significativas entre los tratamientos y el valor inicial tras el periodo de conservación frigorífica ($p \leq 0,05$) de acuerdo con el test de rango múltiple LSD. ns: no existen diferencias significativas de acuerdo con el test de rango múltiple LSD.

4.4.3.3.3. Color y firmeza

En la Tabla 4.4.10 se exponen los cambios en el color de las semillas de habas MPF tras una conservación de 8 días a 3 y 8°C bajo los tratamientos que mejor resultado obtuvieron. En dicha Tabla se observa cómo no se apreciaron prácticamente cambios en el color y que los encontrados son poco relevantes, probablemente atribuibles a la variabilidad de las semillas analizadas. A su vez, la firmeza mostró un ligero aumento poco relevante con respecto al buen valor obtenido previo al embolsado (3,9 N).

Tabla 4.4.10. Evolución de los parámetros CIELab de color y de la firmeza en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia mínimamente procesadas en fresco tras una conservación de 8 días a 3 y 8°C bajo distintos tratamientos.

<i>Tratamientos</i>	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>Firmeza (N)</i>
Inicial	74a	-16b	35a	3,9b
Tras 8 d de conservación				
Bolsa 3°C PPB-20	72ab	-17b	33ab	4,4a
Bolsa 3°C PPB-32	70c	-16b	32b	4,6a
Bolsa 8°C PPB-20	70c	-15ab	31bc	4,1ab
Bolsa 8°C PPB-32	71bc	-12a	29c	4,5a

4.4.3.3.4. Análisis microbiológico

En la Figura 4.4.8 se recoge el recuento de microorganismos mesófilos y enterobacterias en semillas de habas Muchamiel cv. Valencia MPF bajo distintos tratamientos tras ser conservadas 8 días a 3 y 8°C. En ella se observa que el recuento de mesófilos en los tratamientos conservados a 8°C estuvo muy cerca del máximo permitido por la legislación entonces vigente, mientras que como cabía esperar los conservados a 3°C no se acercaron tanto a dicho límite. Del mismo modo, al realizar el recuento de enterobacterias se observó como el tratamiento en la bolsa de PPB-32 conservada a 8°C sobrepasó los límites marcados por la legislación vigente con el consiguiente riesgo para la salud en este producto.

También se observa que el resto de tratamientos obtuvo un recuento de enterobacterias cercano al límite, lo que podría conducir a pensar en que la vida del producto en estas condiciones no deberá sobrepasar los 8 días para garantizar la seguridad alimentaria de los consumidores.

Figura 4.4.8. Recuento microbiano de microorganismos mesófilos y enterobacterias en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Valencia mínimamente procesadas en fresco bajo distintos tratamientos tras ser conservadas 8 días a 3 y 8°C.

4.4.3.4. Conclusiones

Las principales conclusiones obtenidas en esta experiencia fueron las siguientes:

Se tuvieron que perforar las bolsas del tratamiento PB20 con una perforación nueva para evitar que la atmósfera interior alcanzara la anaerobiosis, ya que en el primer día de análisis alcanzó los 25 kPa CO₂ a 3°C y 35 kPa CO₂ a 8°C, aunque fue la mejor composición gaseosa generada.

La calidad sensorial de las semillas MPF en algunos tratamientos se mantuvo entre aceptable (Bolsa 8°C PPB-32) y buena (Bolsa 3°C PPB-20). La calidad microbiológica se mantuvo dentro de los límites legales en todos los tratamientos, excepto en la Bolsa 8°C PPB-32.

En consecuencia, se debe descartar el envasado en tarrina por la dificultad de alcanzar la composición gaseosa correcta. De aquí, la necesidad de encontrar un polímero plástico con una permeabilidad idónea que se ajuste mejor a la TR de las semillas de haba MPF. Por otra parte, el control de la seguridad microbiológica está del todo asegurado con el sistema de procesado que se ha descrito.

4.4.4 Efecto de agentes antipardeantes en semillas de haba mínimamente procesadas en fresco para preservar su calidad

4.4.4.1. Introducción

Con el objetivo de encontrar un polímero que permitiera generar una composición gaseosa óptima para la conservación de las semillas de haba MPF (un rango de 3-5 kPa O₂ y 20-22 kPa CO₂) y, además, una alternativa al lavado con NaClO como agente antipardeante y antimicrobiano (Artés et al., 1998, 2009), se evaluaron diversos tipos de polímeros (Lin et al., 2008). Con estos tratamientos y con el formato de tamaño y peso de producto requerido por la empresa, así como diversas soluciones acuosas antipardeantes durante la etapa del lavado se llevaron a cabo nuevos ensayos.

El objetivo del trabajo fue determinar la evolución de la atmósfera generada con los polímeros utilizados y comprobar el efecto de los agentes antipardeantes combinados con las AM bajo los diferentes plásticos.

4.4.4.2. Materiales y métodos

La variedad de haba seleccionada fue Muchamiel cv. Palencia, realizándose una parte de los ensayos en las instalaciones industriales de la empresa y otra en las de la UPCT. Las habas fueron preenfriadas a 5°C y se realizó un prelavado a las semillas tras el desvainado industrial. Los tratamientos de lavado en solución acuosa a 5°C fueron los siguientes:

- **Ácido ascórbico:** lavado con 20 ppm de ácido ascórbico + 20 ppm de ácido cítrico + 100 ppm de NaClO (2 min; pH = 6,8)
- **EDTA:** lavado con 250 ppm de ácido etilen diamino tetra acético-EDTA- (2 min; pH = 6,41)
- **Ácido Peroxiacético (AAP):** peróxido de hidrógeno (0,03%) + ácido acético (0,1%) (2 min; pH = 4,16)

- **Control:** Lavado con agua clorada con 100 ppm de NaClO + 20 ppm de ácido cítrico (1 min; pH=6,7) + 1 min de enjuagado con agua a 5°C. Utilizado como testigo convencional.

Tras el escurrido, 200 g de habas se envasaron en bolsas formadas a base de los siguientes polímeros:

- **PPB:** Polipropileno biorientado de 35 μm de espesor. La permeabilidad al O_2 y CO_2 según el fabricante (Plásticos del Segura, Murcia, España) era $1.100 \text{ cm}^3 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ a 23 °C y 0% HR

PPLUS-160: Polipropileno de 35 μm de espesor con microperforaciones realizadas por láser, de la marca comercial PPLUS, adaptado para productos de elevada TR. Se desconoce su permeabilidad, no aportada por la empresa, y que no pudo ser calculada directamente con un permeabilímetro debido a la estructura del polímero, y a la disposición y tamaño de las microperforaciones, que eran muy irregulares.

- **PPLUS-210:** similar al anterior con mayor permeabilidad

Los tratamientos que se desarrollaron en la empresa a escala industrial fueron:

- Lavado
 - NaClO (Control)
 - ácido ascórbico
 - EDTA
 - ácido peroxiacético
- Envasado
 - PPB
 - PLUS-160
 - PPLUS-210

Mientras que los tratamientos que se desarrollaron para el ensayo en la UPCT fueron:

- Lavado
 - NaClO (Control)
 - ácido ascórbico
 - EDTA
 - ácido peroxiacético
- Envasado con PPO cuya permeabilidad al O₂ y CO₂, según el fabricante (Plásticos del Segura, Murcia, España) era 900 cm³ m⁻² d⁻¹ atm⁻¹ a 23 °C y 0% HR.

En todos los casos se realizaron 5 repeticiones por tratamiento, que se dispusieron en la oscuridad para su conservación durante 9 días en el ensayo industrial y 10 días en la UPCT ambos a 4± 1°C. A continuación se detallan los análisis y determinaciones así como los parámetros de proceso de la Línea (Tabla 4.4.11).

Tabla 4.4.11. Registro de temperaturas de la Línea de procesado en la Planta Piloto.

ZONA DE PROCESO	TEMPERATURA (°C)	
	Empresa	Universidad
Agua de enjuague	6	6
Agua de lavado	7	6
Semilla de haba	8 - 12	7,6 - 8,2
Sala de procesado	19	7,5
Conservación	5	3 - 4

Los análisis y determinaciones se realizaron según lo expuesto en el apartado de Materiales y Métodos de la presente Tesis Doctoral. Para esta experiencia con la variedad Muchamiel cv. Palenca, se analizaron tras la recolección y para cada salida de conservación los siguientes parámetros de calidad en las semillas pertenecientes a todos los tratamientos:

- composición gaseosa en el interior de los envases

- análisis sensorial
- análisis microbiológico

4.4.4.3. Resultados y discusión

4.4.4.3.1. Evolución de la atmósfera en las bolsas

Respecto a las muestras desarrolladas en la empresa, solo se presentan los datos referidos al tratamiento con ácido ascórbico ya que los diferentes tratamientos ensayados no modificaron la composición gaseosa en modo diferente a este tratamiento. En la Figura 4.4.9A se observa una excesiva modificación de la atmósfera desde el primer día de conservación, por lo que para no entrar en anaerobiosis, se hizo necesaria según lo comentado con anterioridad, la realización de una perforación de 0,52 mm Ø en las bolsas con PPB desde el primer día (Fotografía 4.4.5). En la Figura 4.4.9B se observa cómo los lavados no modificaron la evolución de la atmósfera. Pero viendo cómo se comportaron las bolsas elaboradas en la empresa, se creyó necesario practicarle una perforación similar, alcanzándose el equilibrio prácticamente desde el primer día de conservación obteniendo unas presiones parciales que se pueden considerar como muy aceptables (4-7 kPa O₂ y 17-22 kPa CO₂).

Figura 4.4.9. A) Evolución de la atmósfera durante 10 días a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ en bolsas de semillas de haba MPF bajo diferentes films. B) Evolución de la atmósfera durante 9 días a $4 \pm 1^\circ\text{C}$ en bolsas de PPO tras distintos tratamientos de lavado. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas representan los de CO₂.

Fotografía 4.4.5. Perforación de una bolsa

4.4.4.3.2 Análisis sensorial

Los tratamientos en la empresa ofrecieron una apariencia visual y unos pardeamientos similares, sin que ninguno de los tratamientos antipardeantes ensayados en ella consiguiesen inhibir completamente el moderado pardeamiento de las semillas al finalizar los 9 días de conservación a $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$. En los realizados en la UPCT hubo una homogeneidad en los resultados de todos los agentes antipardeantes, llegando en buen estado al final de la conservación, similar a lo sucedido con el Control.

Se observó una apariencia visual aceptable, calificada como en el límite de consumo encontrando entre leves y moderados pardeamientos y leves deshidrataciones sin diferencia entre tratamientos.

Fotografía. 4.4.6. A) Semillas de haba de la variedad Muchamiel cv. Palenca después de 10 días almacenadas a 4°C en la empresa. B) Semillas de haba de la variedad Muchamiel cv. Palenca después de 9 días almacenadas a 4°C en la UPCT.

4.4.4.3.3. Análisis microbiológico

No se detectó la presencia de bacterias patógenas en la realización de las experiencias. En la Figura 4.4.10 se representa el recuento de enterobacterias y el total de aerobios mesófilos, como indicadores de alteración del producto. En ambos casos no se consideran valores excesivamente altos tras 9 días a $4\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Respecto al comportamiento del resto de tratamientos antiparadeantes alternativos al Control, se ha visto que no se produjo una mejora significativa, ya que los recuentos de enterobacterias han presentado unos niveles menos acusados en el Control, siendo, en cambio, el ácido peroxiacético, el que presentó menores recuentos de mesófilos.

Figura 4.4.10. Recuento de microorganismos mesófilos (A) y enterobacterias (B) en semillas de habas “Palenca” mínimamente procesadas en fresco envasadas en bolsas de PPO-35 tras 9 días a 3-4°C.

4.4.4.4. Conclusiones

Los tratamientos antipardeantes en las condiciones aplicadas en el ensayo industrial no permitieron preservar la calidad global de las semillas de habas MPF. Sin embargo, bajo las condiciones controladas en el ensayo efectuado en la UPCT, se alcanzó

una AM de equilibrio adecuada y una calidad sensorial aceptable tras 10 días a $4\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Los tratamientos ensayados abren la posibilidad de poder usar un agente antimicrobiano y antipardeante alternativo al NaClO como eventual sustituto del mismo, que aunque no mejora su acción, si manifestó un comportamiento similar para conservar las semillas de haba MPF.

4.5. TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA AL SECTOR INDUSTRIAL DEL PROCESADO MÍNIMO EN FRESCO DEL HABA

Tras los primeros resultados comerciales favorables obtenidos en el laboratorio en 2005, con la aplicación de la tecnología desarrollada por el Equipo Investigador de la UPCT, la Empresa encargó a los directores de esta Tesis el diseño y la construcción de la planta de procesado a nivel industrial en sus instalaciones a través del contrato art 83 con la UPCT “Desarrollo industrial del procesado mínimo en fresco de haba” desarrollado entre 2005 y 2006.

Tras la puesta a punto de las instalaciones y equipos diseñados se decidió llevar a cabo la optimización del procesado del haba en la planta industrial para tratar de conseguir una mayor calidad sensorial y microbiológica del producto a escala comercial-industrial en sus instalaciones de El Estrecho de Fuente Álamo (Murcia).

En los ensayos preliminares efectuados por el Equipo de Investigación se había observado que en la preparación de las semillas de habas MPF, aparecían como problemas más importantes el desarrollo microbiano y la pérdida de calidad sensorial por procesos de pardeamiento. El referido desarrollo microbiano procede de la materia prima y del que se incorpora en el curso del procesado por contaminación con los distintos elementos de la línea de proceso, los materiales auxiliares de trabajo o la contaminación humana y ambiental.

En consecuencia, se abordaron los estudios para minimizar los factores de deterioro, garantizando al consumidor la seguridad alimentaria de un producto de excelente calidad.

4.5.1 Control de calidad de la línea de procesado de semillas de haba

4.5.1.1 Introducción y objetivos

El principal objetivo del primer ensayo fue el seguimiento del control de calidad de las bolsas de semillas de habas MPF que se empezaron a producir las instalaciones de Frutas Esparza S.L.

Para ello, se obtuvieron las muestras de la línea de procesado en las instalaciones de la Empresa y fueron llevadas a las cámaras frigoríficas de la Planta Piloto de Tecnología de Alimentos en la UPCT. Las determinaciones realizadas en esta primera experiencia estuvieron encaminadas al control de la calidad durante los días de comercialización del producto hasta su fecha de caducidad establecida en 7 días a $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

4.5.1.2. Materiales y Métodos

El material vegetal fue habas Muchamiel cv. Palenca, recolectadas en su óptimo estado de madurez por operarios cualificados en los campos de cultivo de la Empresa.

Las habas se transportaron al almacén de la Empresa en El Estrecho (Fuente Álamo, Murcia) en palox que contenían unos 200 kg de producto. A su llegada se dispusieron en una cámara frigorífica, para lograr su enfriamiento hasta unos $5\text{-}7^{\circ}\text{C}$. Las semillas fueron lavadas con agua con 100 ppm de NaClO + 20 ppm de ácido cítrico (1 min; $\text{pH}=6,7$) + 1 min de enjuagado con agua sin clorar a 5°C . Se realizaron 5 repeticiones por tratamiento y se dispusieron para su conservación durante 7 días a $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Fotografía 4.5.1. Imagen de la línea de procesado mínimo de habas durante el desarrollo de las experiencias.

Los análisis y determinaciones se realizaron según lo expuesto en el apartado general de Materiales y Métodos de la presente Tesis Doctoral. Se analizaron tras la recolección y tras cada salida de conservación los siguientes parámetros en las semillas pertenecientes a todos los tratamientos:

- Composición gaseosa del interior de los envases
- Análisis microbiológico
- Análisis sensorial

4.5.1.3. Resultados y Discusión

4.5.1.3.1. Composición gaseosa

En la determinación de la composición atmosférica de las bolsas de habas MPF, que se presenta en la Figura 4.5.1, se observa el rápido incremento de la presión parcial de CO_2 y su inmediata posterior estabilización en el tiempo tras prácticamente solo un día de comercialización. Las concentraciones en el equilibrio fueron de 20 kPa CO_2 y de 3-4 kPa O_2 , las cuales se consideran recomendables para el mantenimiento de la calidad de este producto, en base a los ensayos antes expuestos.

Figura 4.5.1. Evolución de la atmósfera en el interior de las bolsas de habas de la variedad Muchamiel cv. Palencia durante 7 días a 5°C. Las líneas continuas representan los kPa de O_2 mientras que las discontinuas representan CO_2 .

4.5.1.3.2. Análisis microbiológicos

El análisis microbiológico se realizó en el día de procesado (elaboración) y en el día en que finalizaba el periodo de comercialización recomendado por la Empresa de acuerdo a los parámetros que marcaba la legislación vigente. Los resultados se muestran en la Tabla 4.5.1. De dicha Tabla se puede observar como las semillas de habas no superaron los límites legales establecidos en materia de seguridad alimentaria para

productos procesados en fresco, por lo que todavía eran aptas para su consumo.

Tabla 4.5.1. Recuento microbiano de microorganismos mesófilos y enterobacterias en semillas de habas Muchamiel cv Palenca procesadas en fresco conservadas 7 días a 5°C.

	Mesófilos (ufc g ⁻¹)	Enterobacterias (ufc g ⁻¹)
Inicial	2	-
Tras 7 d a 5°C	5,5	1,5

4.5.1.3.3. Análisis sensorial

Al final la comercialización, tras 7 días a 5°C, las habas mantenían un buen aspecto visual que las hacía aptas para su consumo sin notarse ni deshidratación ni pérdida de brillo. De igual manera, tampoco se percibieron ni aromas no sabores extraños (datos no mostrados).

4.5.1.4. Conclusiones

En esta primera experiencia se observó que, tras una semana de conservación a 5°C, las semillas de haba Muchamiel cv. Palenca MPF se encontraban en un buen estado tanto organoléptico como microbiológico.

4.5.2 Control microbiológico de la línea de proceso

4.5.2.1 Introducción y objetivos

Tras la optimización del film plástico que permitía generar la composición gaseosa óptima se hizo necesario realizar un análisis microbiológico de la línea de procesado abarcando desde la materia prima sin procesar hasta su embolsado, para determinar la contaminación que dispone el producto durante las diferentes fases de su procesado mínimo.

4.5.2.2. Materiales y métodos

El material vegetal fue haba Muchamiel cv. Palencia, recolectada en su óptimo estado de madurez. Las habas se transportaron al almacén de la Empresa en palox conteniendo unos 200 kg de producto. A su llegada se dispusieron en una cámara frigorífica para su enfriamiento hasta unos 5-7°C.

Las semillas fueron lavadas según el proceso normal de la empresa con agua clorada con 100 ppm de NaClO + 20 ppm de ácido cítrico (1 min; pH=6,7) + 1 min de enjuagado con agua de la red a 5°C. Se recogieron 3 grupos de 5 repeticiones y se dispusieron para su conservación durante 7 días en la empresa a 5±1°C. Las muestras fueron recogidas a lo largo de línea de proceso con el fin de evaluarla en su totalidad y se tomaron datos del proceso (Tabla 4.5.2).

Tabla 4.5.2. Registro de temperaturas de la Línea de procesado en la Planta Piloto.

Zona proceso	Temperatura (°C)
Zona limpia	5,6-5,2
Sala procesado	7
Agua transporte	7,5
Agua de lavado	4,7
Agua enjuague	4,4
Semilla haba	6,5
Semilla después lavado	7,7

Semilla después enjugado	5
Semilla después secado	6,3
Conservación	5

Para esta experiencia con la variedad Muchamiel cv. Palenca se realizó un análisis microbiológico durante las distintas etapas del procesado, de acuerdo a la legislación vigente, según lo expuesto en el apartado de Materiales y Métodos de la presente Tesis Doctoral.

4.5.2.3. Resultados y Discusión

4.5.2.3.1. Análisis microbiológicos iniciales

En la Figura 4.5.2, referente al recuento de microorganismos mesófilos, se observa como la materia prima entró con unos niveles ligeramente altos de contaminación (superiores a $2 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$). Como era previsible, dicha contaminación aumentó tras la etapa del pelado, debido a la suciedad que se aporta por las desvainadoras. Por ello se recomienda la intensa limpieza-desinfección de éstos equipos tras periodos regulares de tiempo (unas 2 a 3 horas) y tras cada jornada de trabajo.

Tras su paso por el prelavado con agua de transporte ligeramente clorada, se muestra una leve disminución. Sin embargo, la mayor disminución de la carga microbiana, como era previsible, se efectúa en el lavado debido al efecto del NaClO . En consecuencia, se recomendó su aplicación en las condiciones que se han establecido.

Tas el paso del haba por la balsa de enjuague se incrementó de nuevo la carga microbiana, permaneciendo prácticamente constante durante el resto de etapas de elaboración (secado, llenado y embolsado). Este incremento sucedido en el enjuague no es muy habitual y puede ser debido a que el agua del enjuague no se hubiera renovado lo frecuentemente que se debería. En consecuencia, se recomendó que se vigilara este

extremo.

En la Figura 4.5.3 referente a la evolución del recuento de enterobacterias en la línea de procesado, destaca una importante contaminación tras el desvainado del haba, de casi el triple con respecto al recuento inicial. Dicha contaminación tiene básicamente un origen humano por lo que se recomendó a la Empresa extremar los controles de higiene del personal y limpieza del material de trabajo del personal. Como era previsible esa contaminación inducida tras el desvainado se redujo con el lavado-desinfección debido al papel biocida del NaClO.

Un hecho que llama la atención es que tras el llenado se observó un aumento de la contaminación que llegó incluso a ser del doble con respecto a lo cuantificado tras el enjuague. Esta incidencia induce a pensar que la contaminación del producto ha podido producirse en la línea de transporte, por lo que se deberá estudiar como objetivo prioritario en futuras experiencias el estado microbiológico del tramo de línea de procesado que va desde el secado hasta el embolsado. La principal recomendación fue que se limpiara adecuadamente ese tramo y que se desinfectara.

Figura 4.5.2. Recuento de microorganismos mesófilos de la línea de procesado de las semillas de habas MPF de la variedad Muchamiel cv. Palencia y de la bolsas para

conservar durante 7 días a 5°C.

Figura 4.5.3. Recuento de microorganismos enterobacterias de la línea de procesado de las semillas de habas MPF de la variedad Muchamiel cv. Palencia y de la bolsas para conservar durante 7 días a 5°C.

Respecto al análisis de las bolsas almacenadas en las instalaciones de la UPCT al inicio y tras 7 días de conservación a 5°C, para comprobar el nivel de contaminación de las bolsas, los datos obtenidos se recogen en las Figuras 4.5.4 y en la Figura 4.5.5. Los mismos permitieron comprobar que el alto contenido inicial que se había encontrado al analizar la línea de trabajo había afectado a las bolsas produciendo un alto grado de contaminación inicial provocando que las bolsas de habas estuvieran muy cerca de su límite máximo, tanto en mesófilos como en enterobacterias.

En la Figura 4.5.4 del recuento de microorganismos mesófilos se partió de un valor muy alto de contaminación superior a 3 log ufc·g⁻¹ lo que llevó a casi 7 log ufc·g⁻¹ al final de la comercialización. Este valor puede ser preocupante aparte de por estar cerca de su límite, porque si se aumentaran los días de comercialización se superarían con seguridad los límites en materia de seguridad alimentaria establecidos en la legislación.

En la Figura 4.5.5 de enterobacterias se observa prácticamente lo mismo que

hemos comentado para la gráfica anterior, es decir, se parte de una contaminación muy alta, en este caso, superior a $2,5 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$, lo que lleva al final de la comercialización de 7 días a unos valores, a veces, superiores a $4 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$.

Figura 4.5.4. Recuento microbiano de microorganismos mesófilos en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Palanca procesadas en fresco conservadas 7 días a 5°C.

Figura 4.5.5. Recuento microbiano de microorganismos enterobacterias en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Palencia procesadas en fresco conservadas 7 días a 5°C.

4.5.2.4. Conclusiones

El relativo alto grado de contaminación de microorganismos mesófilos que se ha detectado en la línea pudo deberse a una falta de limpieza del tanque de enjuague, o una insuficiente renovación del agua de enjuague. Ambos extremos deben atenderse adecuadamente por el equipo de mantenimiento de las instalaciones.

La contaminación por enterobacterias se debe, sin duda, a una falta de limpieza de la línea de secado y/o de la línea de alimentación de la llenadora. A los técnicos y responsables de la Empresa se les comunicaron estos resultados y que debían realizar una limpieza en profundidad para asegurar la calidad del producto. Igualmente que debían extremar las condiciones de higiene personal de los/las operarios/as que entraran en contacto tanto con el producto entero como, en mayor medida aún, con el MPF.

A la espera de las citadas mejoras fueran aplicadas con éxito se repitieron los

análisis de la línea para comprobar que hubieran surtido efecto.

4.5.2.3.1. Análisis microbiológicos después de aplicar las medidas correctoras

El material vegetal en esta tercera experiencia fueron nuevamente habas de la variedad Muchamiel cv. Palencia. Previamente a la recolección de las muestras para su análisis microbiológico, se registraron los parámetros de trabajo de la línea de procesado, concretamente los que se referían a la temperatura (Tabla 4.5.3). En este caso se observa que todas las temperaturas de la línea de proceso están dentro de los valores recomendados en el anterior informe.

Tabla 4.5.3. Registros de temperatura de la Línea de procesado en la Planta Piloto.

Zona proceso	Temperatura (°C)
Zona limpia	5,6
Sala procesado	7
Agua transporte	6,5
Agua de lavado	4,6
Agua enjuague	4,4
Semilla haba	5,5
Semilla después pelado	6,8
Semilla después enjugado	5,6
Semilla después secado	5,5
Conservación	5

En la Figura 4.5.6 de recuento de microorganismos mesófilos se observa una pequeña disminución de la carga microbiana, situando los valores por debajo de 3 log ufc·g⁻¹ en el día de elaboración y consiguiendo que los niveles de contaminación en el envase fueran inferiores a los que se cuantificaron tras el cortado.

Figura 4.5.6. Recuento de microorganismos mesófilos de la línea de procesado de las semillas de habas MPF de la variedad Muchamiel cv. Palencia y de la bolsas para conservar durante 7 días a 5°C.

Estos resultados pueden considerarse asumibles, aunque conviene recordar a la Empresa que estos niveles de contaminación se verían disminuidos con la limpieza más frecuente de las máquinas desvainadoras y con la mayor cloración en el agua de transporte.

Tras observar la Figura 4.5.7. referente a la evolución del recuento de enterobacterias durante el procesado mínimo de las semillas de haba, cabe resaltar que se observa una gran disminución respecto a la contaminación detectada en el primer análisis. En esta ocasión no se aprecia contaminación por falta de higiene tras el lavado, por lo que la acción bactericida del cloro tuvo los efectos deseados y, además, la higiene del personal y del material auxiliar pareció ser correcta. En consecuencia, se le sugirió de nuevo a la Empresa que cuidara estas recomendaciones.

Figura 4.5.7. Recuento de microorganismos enterobacterias de la línea de procesado de las semillas de habas MPF de la variedad Muchamiel cv. Palencia y de la bolsas para conservar durante 7 días a 5°C.

Respecto al análisis de las bolsas, los valores iniciales de mesófilos estuvieron al inicio en torno a $2 \log \text{ufc} \cdot \text{g}^{-1}$, como se ve en la Figura 4.5.6. y no superaron los límites al final de la conservación de 7 días a 5°C así como no se encontró contaminación respecto a enterobacterias (datos no mostrados).

4.5.3 Estudio de la composición gaseosa bajo diferentes temperaturas de conservación y control del proceso de elaboración de las semillas de haba

4.5.3.1 Introducción y Objetivos

Tras los ensayos previos, este trabajo tuvo como objetivo analizar los principales parámetros de trabajo de la línea industrial de elaboración de habas MPF, determinar la evolución de la atmósfera y las características físico-químicas de las variedades estudiadas a dos temperaturas, así como efectuar un análisis sensorial.

4.5.3.2. Materiales y Métodos

Las variedades de haba estudiada en esta ocasión fue Muchamiel en sus cvs. Granulla y Palenca. Dichas habas se procesaron como habitualmente siendo lavadas en agua a 4-5°C con 100 ppm de cloro libre. Las semillas se embolsaron en el formato comercial habitual de la empresa (Fotografía 4.5.2.) en un polipropileno microperforado. Las bolsas se transportaron refrigeradas inmediatamente a la UPCT, donde se alojaron a dos temperaturas (5 y 8°C). Estas dos temperaturas reflejan de una parte el máximo al que se debe de efectuar la comercialización de las mismas (5°C) y una temperatura ligeramente superior, que suele suceder en la venta al menor o inadvertidamente.

Tratamientos aplicados fueron:

- Bolsas Granulla 5°C
- Bolsas Granulla 8°C
- Bolsas Palencas 5°C
- Bolsas Palencas 8°C

Fotografía 4.5.2. Envasado de las semillas de haba de la variedad Muchamiel cvs. Palencia y Granulla en bolsa comercial de polipropileno microperforado a 5 y 8°C para su conservación

En esta ocasión se volvieron a medir los parámetros en los cuales se estaba desarrollando el proceso, no observándose nada fuera de los límites. Se incluyó esta vez en el análisis una determinación del cloro presente tanto en el agua de lavado como en el agua de enjuague (Tabla 4.5.4), permaneciendo en ambas dentro de los parámetros recomendados en el anterior Informe.

Tabla 4.5.4. Registro de temperaturas en la Línea de procesado en la empresa.

Línea de producción	NaClO (ppm)	Temperatura (°C)
Zona Limpia	-	4,5
Vaina Habas	-	4,5
Semilla tras pelado	-	4,5
Semilla tras lavado	-	5,9
Semilla tras enjuagado	-	5
Semilla tras secado	-	5,3
Agua de transporte	-	7,5
Agua de lavado	110	4,0
Agua enjuague	0,1	4,8

Los análisis y determinaciones se realizaron según lo expuesto en el apartado

general de Materiales y Métodos de la presente Tesis Doctoral. Para esta experiencia, se analizaron tras la recolección y envasado los siguientes parámetros en las semillas pertenecientes a todos los tratamientos:

- Composición gaseosa del interior de los envases
- Análisis físico-químico
- Análisis sensorial

4.5.3.3. Resultados y Discusión

4.5.3.3.1. Composición gaseosa

En la Figura 4.5.8. se observa claramente como el equilibrio de la AM se alcanza prácticamente en el primer día de conservación, como había venido sucediendo en las experiencias previas. Además, se refleja como las habas conservadas a 8 °C presentan unos valores superiores a 35 kPa CO₂ y, en cambio, las conservadas a 5°C mantuvieron unas presiones parciales cercanas a 20 kPa CO₂, aunque las presiones parciales de O₂ generadas bajo ambas temperaturas no presentaron una gran diferencia. Este hecho es importante por dos motivos, se evitan las condiciones de anaerobiosis y las elevadas presiones parciales de CO₂ pueden originar sabores picantes con pérdida de calidad del producto.

Por ello, se ha venido recomendando mantener siempre la temperatura del producto como máximo a 5°C y mejor por debajo, sin que aumente la temperatura durante la cadena de frío en la comercialización.

Figura 4.5.8. Evolución de la atmósfera en el interior de las bolsas comerciales de polipropileno microperforado con semillas de habas de la variedad Muchamiel cvs. Granulla y Palenca conservadas durante 7 días a 5 y 8°C. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas los de CO₂.

4.5.3.3.2. Análisis químicos: SST, pH y AT

Se evaluaron los principales atributos químicos de calidad de las habas tras el procesamiento de las mismas. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.5.5.

Tabla 4.5.5. Análisis inicial de los parámetros físico-químicos en semillas de habas de la variedad Muchamiel mínimamente procesadas en fresco tras una conservación de 7 días a 5 y 8°C bajo distintos tratamientos

Cv	SST	pH	Acidez Titulable (g ácido cítrico /100 mL)
	(°Brix)		
Palenca	8,2	6,34	0,20
Granulla	8,5	6,4	0,20

No se evaluaron al finalizar el proceso de comercialización debido a que según lo observado en anteriores experiencias, no existen cambios en estos atributos de calidad durante la comercialización. No obstante se realizó una determinación puntual para comprobar que dichas propiedades no habían variado de una campaña a otra, así como entre variedades.

Además, se realizó una medida puntual del pH del agua de lavado y del agua de enjuague, estando éste comprendido entre 7,8 y 7,9 para los dos tipos de agua. En consecuencia, se recomendó a la empresa llevar el pH a un rango de 6,5 a 7,5 en el que la eficacia bactericida del cloro es óptima.

4.5.3.3. Análisis sensorial

En el análisis sensorial se apreciaron unos moderados aromas y sabores extraños en las habas que estuvieron sometidas durante la comercialización a 8°C, pero que prácticamente remitieron al transcurrir unos pocos minutos. No se observaron deshidrataciones ni pardeamientos para ninguna variedad ni temperatura aplicada. Conviene reseñar que el aspecto visual de todos los tratamientos fue bueno, teniendo mejor aceptación global las habas comercializadas a 5°C (datos no mostrados), como ha venido sucediendo.

4.5.3.4. Conclusiones

Se ha contrastado nuevamente que la temperatura de conservación debe ser 5°C como máximo, aunque la conservación a 8°C podría ser admitida con este polipropileno si se rompe levemente y durante un corto periodo la cadena de frío. El sabor extraño reportado a 8°C desapareció al poco de abrir el envase.

4.5.4 Control de calidad de las semillas de haba MPF

4.5.4.1 Introducción y Objetivos

El principal objetivo de este ensayo fue estudiar la evolución de la calidad de las semillas de habas MPF una vez se fue optimizando la producción industrial, en base a los resultados obtenidos. Asimismo se efectuó un control microbiológico de la línea industrial de procesado mínimo.

4.5.4.2. Materiales y Métodos

La variedad utilizada fue Muchamiel cv. Palenca, que se procesó como habitualmente en la empresa siendo lavadas en agua a 4-5°C con 100 ppm de NaClO libre. Las semillas se embolsaron en el formato comercial habitual en un polipropileno microperforado. Las bolsas se transportaron refrigeradas inmediatamente a la UPCT, donde se alojaron a dos temperaturas (5 y 8°C) seleccionadas por las razones expuestas en las anteriores experiencias.

Tratamientos aplicados:

- Bolsas Palencas 5°C
- Bolsas Palencas 8°C

Se muestran en la Tabla 4.5.6 los datos de temperaturas y nivel de cloración del agua durante el procesado de las habas. De dichos datos se observa como el procesado se venía haciendo bajo las condiciones recomendadas.

Tabla 4.5.6. Registro de temperaturas en la Línea de procesado en la empresa.

Línea de producción	NaClO (ppm)	Temperatura (°C)
Zona Limpia	-	3,3 - 5,2
Vaina Habas	-	4,7
Haba después pelado	-	5
Haba después lavado	-	6
Haba después enjuagado	-	5,9
Haba después secado	-	4,8
Agua Transporte	-	8,6
Agua Lavado	110	4,4
Agua enjuague	0,18	4,4

Los análisis y determinaciones se realizaron según lo expuesto en el apartado general de Materiales y Métodos de la presente Tesis Doctoral. Para esta experiencia se analizaron los siguientes parámetros en las semillas pertenecientes a todos los tratamientos:

- Composición gaseosa del interior de los envases
- Color
- Análisis microbiológico de las diferentes partes de la línea

4.5.4.3. Resultados y Discusión

4.5.4.3.1. Composición gaseosa

De los datos de la Figura 4.5.9 se puede observar como el haba a 8°C presentó claramente un aumento de la respiración, que aunque en otras ocasiones no había sido tan acusado, esta vez se pudo deber a las condiciones de cultivo del haba. Se reitera por tanto, que en la conservación a 8°C se muestra una mayor modificación de la atmósfera, cuyos niveles de CO₂ se consideran incompatibles para el mantenimiento de la calidad.

Figura 4.5.9. Evolución de la atmósfera durante 8 días a 5 y 8°C en bolsas comerciales de semillas de haba MPF de la variedad Muchamiel cv. Palenca bajo diferentes polímeros plásticos. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas representan los de CO₂.

Las bolsas de habas almacenadas a 8°C llegaron a valores de CO₂ cercanos a 30 kPa, mientras que las almacenadas a 5°C no sobrepasaron excesivamente los 20 kPa, lo que de nuevo puso de manifiesto la importancia de mantener el producto a baja temperatura. Respecto a las presiones parciales de O₂ no llegaron a ser muy bajas en ninguna de las dos temperaturas.

4.5.4.3.2. Color

En la Tabla 4.5.7 se recoge la evolución de los principales componentes del color en el día de elaboración y tras 8 días a 5 y 8°C. En esta ocasión se pretendía conocer si se volvía a producir una pérdida significativa del color de las habas tras su comercialización. Al igual que sucedió en la anterior experiencia, la luminosidad (L*) no muestra variación significativa en ningún momento. Sin embargo, se vuelve a observar un aumento de los valores de a* y una reducción de los de b*, lo que conjuntamente se

expresa como una reducción significativa del índice Chroma. Ésta reducción de los valores de Chroma parece ser más pronunciada a mayor temperatura de conservación, sin que los datos estadísticos de esta experiencia lo corroboren, por lo que se debería de profundizar en esta hipótesis. Se observa con ello una pérdida en saturación o intensidad de color verde ocurrida tras la comercialización, muy probablemente debida a la aparición de pardeamientos y / o a blanqueamientos que fueron también identificados visualmente.

Tabla 4.5.7. Evolución de los parámetros CIELab de color y de la firmeza en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Palenca MPF tras una conservación de 8 días a 5 y 8°C.

	<i>L</i>	<i>a</i> *	<i>b</i> *	<i>Hue</i>	<i>Chroma</i>
Inicial	71,5 ^z ns	-16,7 b	38,9 a	-66,9 a	42,3 a
Conservación 5°C	70,9	-15,7 b	35,8 b	-66,4 a	38,9 b
Conservación 8°C	71,6	-14,2 a	35,0 b	-68,1 b	37,8 b

^z Las letras minúsculas comparan diferencias significativas entre los tratamientos y el valor inicial tras el periodo de conservación frigorífica ($p \leq 0,05$) de acuerdo con el test de rango múltiple LSD. ns: no existen diferencias significativas de acuerdo con el test de rango múltiple LSD.

4.5.4.3.3. Análisis microbiológico

En el análisis microbiológico de la línea de procesado respecto a microorganismos mesófilos se observó que el grado de contaminación era elevado aunque no preocupante, no llegando a superar las 3 log ufc·g⁻¹ en la parte final de embolsado del producto y estando en todo momento por debajo de los niveles que establecía la legislación vigente, como se observa en la Figura 4.5.10.

Figura 4.5.10. Recuento microbiano de microorganismos mesófilos de la línea de procesado de las semillas de habas MPF de la variedad Muchamiel cv. Palencia y de las bolsas.

Se observa de nuevo la mayor contaminación tras el pelado-cortado, por lo que se siguieron reiterando las recomendaciones de mayor limpieza de las desvainadoras, o que se realizara con más frecuencia. Igualmente se observa, como era de esperar, una clara reducción del recuento microbiano tras el lavado - desinfección.

En la Figura 4.5.11 se muestra el recuento de enterobacterias durante las sucesivas etapas del procesado. Contrariamente a lo encontrado en el conteo de microorganismos mesófilos, en esta ocasión no se aprecia una contaminación por falta de higiene tras el lavado, por lo que la acción bactericida del cloro tiene los efectos deseados y, además, la higiene del personal y del material auxiliar pareció correcta. En consecuencia, se le sugirió de nuevo a la Empresa que cuidara estas recomendaciones para no obtener excesiva contaminación por bacterias.

Figura 4.5.3. Recuento microbiano de enterobacterias de la línea de procesado de las semillas de habas MPF de la variedad Muchamiel cv. Palencia y de las bolsas.

4.5.4.4. Conclusiones

Como conclusión de esta experiencia, se contrastó que el polipropileno microperforado a 5°C fue el que mejor composición gaseosa generó durante la conservación y que asimismo mantuvo la calidad de las semillas de haba en las mejores condiciones. Se dedujo también que a 8°C las habas no sufrirían una excesiva pérdida de calidad en caso de que se rompa la cadena de frío o los lineales de los supermercados no sean capaces de mantener la temperatura recomendada.

Los controles de calidad, tanto del proceso en sí, como de los elementos de la línea mostraron que la empresa ha efectuado el procesado siguiendo las recomendaciones del Equipo de Investigación para minimizar la contaminación microbiana y preservar la calidad del producto.

4.5.5 Efecto de agentes desinfectantes alternativos al hipoclorito sódico en la calidad de habas mínimamente procesadas en fresco

4.5.5.1. Introducción y Objetivos

Los objetivos de este último trabajo consistieron en ensayar nuevos agentes desinfectantes, a ser posible con capacidad antioxidante simultánea, para comprobar cómo se comportan con respecto al testigo que viene siendo habitual en la Empresa a base a NaClO. Se plantea conocer si se consiguen efectos similares para inhibir el crecimiento de microorganismos y/o el control del pardeamiento en las habas MPF durante su vida comercial.

4.5.5.2. Materiales y Métodos

Las habas de la variedad Muchamiel cv. Granulla se transportaron al almacén de la Empresa en palox. A su llegada se dispusieron en una cámara frigorífica para su enfriamiento hasta 5-7°C. El producto elaborado en la empresa (Fotografía 4.5.2) se trasladó refrigerado a las cámaras frigoríficas de la Planta Piloto del GPR-UPCT donde se observó la evolución de la calidad tras 8 días a 5°C.

Los tratamientos realizados, en base a haber mostrado cierta actividad antipardeante y microbicida con otros productos hortofrutícolas MPF según la bibliografía, fueron:

T1: lavado con ácido oxálico (0,02%) + ácido ascórbico/cítrico (1%) durante 3 minutos.

T2: lavado con dióxido de cloro (4 ppm) durante 2 minutos.

T3: (Control) lavado con NaClO (150 ppm) + ácido cítrico (5g/25L) durante 2 minutos y un enjuagado posterior de 1 minuto con agua de la red

T4: lavado durante 2 minutos con ácido isoascórbico con una concentración de 0,05 mol/L.

T5: lavado durante 3 minutos con 4-hexilresorcinol en una concentración al 0,1%.

Fotografía 4.5.2. Preparación y aplicación de los tratamientos en la Empresa.

4.5.5.3. Resultados y Discusión

4.5.5.3.1. Composición gaseosa

Apenas hubo variación en las concentraciones gaseosas de las bolsas (Figura 4.5.12) durante los 8 días que duró el experimento, sin diferencias entre el testigo y el resto de tratamientos. Las presiones parciales alcanzadas tras 8 días a 5°C fueron entre 5-4 kPa de O_2 y en torno a 20-22 kPa de CO_2 alcanzando el equilibrio a partir del primer día como venía siendo habitual y recomendado.

Figura 4.5.12. Evolución de la atmósfera en el interior de las bolsas comerciales de habas de la variedad Muchamiel cv. Granulla durante 8 días a 5°C bajo distintos tratamientos de lavado. Las líneas continuas representan los kPa de O₂ mientras que las discontinuas representan CO₂.

4.5.5.3.2. Análisis sensorial

La apariencia visual al inicio (Tabla 4.5.8) fue buena para todos los tratamientos y así se mantuvo hasta el día 6. Tras 8 días de comercialización se observó como el tratamiento de 4-hexilresorcinol mostró una muy mala apariencia debido fundamentalmente a pardeamientos. También se observaron pardeamientos tras 8 días en el tratamiento testigo y en el que se usó ácido oxálico. Estos pardeamientos fueron lo suficientemente importantes para calificar los productos como no aceptables para comercializar. Los tratamientos de dióxido de cloro y el de ácido isoascórbico obtuvieron una buena calificación de aspecto visual, tras la conservación de 8 días, consiguiendo inhibir los pardeamientos. Estas apreciaciones en la apariencia coinciden con los datos determinados en el color, ya que los pardeamientos condicionaron sin duda la apreciación visual del producto, como se puede comprobar en la Fotografía 4.5.3.

Un hecho similar sucedió al evaluar la pérdida de brillo de las habas. El tratamiento a base de 4-hexilresorcinol obtuvo una pérdida de brillo muy grave mientras el resto de tratamientos obtuvo una pérdida de brillo entre leve y moderada, pero que fue calificada como aceptable. Al evaluar los pardeamientos tras 6 días de comercialización no se observaron pardeamientos en las habas y todos ellos fueron comercializables. En definitiva, al finalizar los 8 días los tratamientos que controlaron mejor el pardeamiento fueron el dióxido de cloro y el ácido isoascórbico.

Respecto al sabor de las habas MPF, tras 6 días de conservación todos los tratamientos se calificaron con sabor de ligeramente bueno a bueno. Pero al finalizar los 8 días de comercialización el único tratamiento donde se observaron sabores extraños inducidos por el 4-hexilresorcinol.

La calidad global de las semillas de habas MPF indicó que los tratamientos 6 días de conservación presentaron un sabor de ligeramente bueno a bueno, con una gran aceptabilidad. Sin embargo, tras 8 días de comercialización se observó como el tratamiento de 4-hexilresorcinol mostró una apariencia muy mala, lo que ocasionó que se calificara con valores muy bajos. Los tratamientos de dióxido de cloro y de ácido isoascórbico obtuvieron una buena calificación global.

Tabla 4.5.8. Evolución de los principales atributos de calidad sensorial en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Granulla mínimamente procesadas en fresco tras una conservación de 8 días a 5°C bajo distintos tratamientos.

Apariencia	Tiempo (días a 5°C)			
	Inicio	3	6	8
T1. Ácido Oxálico	7,4	7	6,3	4
T2. Dióxido Cloro	7,4	7,5	6,8	6,5
T3. Control -NaClO	7,4	7	6	4
T4. Ácido Isoascórbico	7,4	7	7	7
T5. 4-Hexilresorcinol	7,4	7,3	6,1	2,7
LSD(P≤0,001) =0,90				
Color	Tiempo (días a 5°C)			
	Inicio	3	6	8
T1. Ácido Oxálico	7,2	7	6	4,7

T2. Dióxido Cloro	7,5	7,2	7	6,2
T3. Control -NaClO	7,2	7	6	4
T4. Ácido Isoascórbico	7,2	7	7	7
T5. 4-Hexilresorcinol	7,2	7,2	6,1	2,5
LSD(P ≤ 0,001) = 1,39				
Pérdida Brillo				
	Tiempo (días a 5°C)			
	Inicio	3	6	8
T1. Ácido Oxálico	1,5	1	1	2,5
T2. Dióxido de Cloro	1,5	1	1	2
T3. Control-NaClO	1,5	1	1,5	3
T4. Ácido Isoascórbico	1,5	1	1,5	2
T5. 4-Hexilresorcinol	1,5	1	1,5	4,7
LSD(P ≤ 0,001) = 1,36				
Pardeamiento				
	Tiempo (días a 5°C)			
	Inicio	3	6	8
T1. Ácido Oxálico	1	1	1	3
T2. Dióxido Cloro	1	1	1	1,7
T3. Control-NaClO	1	1	1,3	3,6
T4. Ácido Isoascórbico	1	1	1	1
T5. 4-Hexilresorcinol	1	1	1,3	4,5
LSD(P ≤ 0,001) = 0,88				
Sabor				
	Tiempo (días a 5°C)			
	Inicio	3	6	8
T1. Ácido Oxálico	8	7,5	6,5	5
T2. Dióxido Cloro	7,5	7,5	7	7,1
T3. Control-NaClO	7,5	7	6,5	6,5
T4. Ácido Isoascórbico	8	7	7	7,1
T5. 4-Hexilresorcinol	8	6,2	6,5	3,7
LSD(P ≤ 0,01) = 1,58				
Calificación Global				
	Tiempo (días a 5°C)			
	Inicio	3	6	8
T1. Ácido Oxálico	7,7	7,5	6,5	4
T2. Dióxido Cloro	7,6	7,2	7	6,5
T3. Control-NaClO	7,6	7	6,5	3,7
T4. Ácido Isoascórbico	7,6	7	7	7
T5. 4-Hexilresorcinol	7,6	6,7	6,5	2,5
LSD(P ≤ 0,001) = 0,84				

Escala de puntuación organoléptica (1-9): 1: extremadamente pobre (o blando para textura); 3: pobre (o blando para textura); 5: moderado; 7: bueno y 9: excelente. Escala de valoración del daño (1-5): 1: sin daño; 2: leve; 3: moderado; 4: severo y 5: extremo. z Las letras minúsculas comparan diferencias significativas entre los tratamientos y el valor inicial tras el periodo de conservación frigorífica ($p < 0,05$) de acuerdo con el test de rango múltiple LSD. ns: no existen diferencias significativas de acuerdo con el test de rango múltiple LSD.

Fotografía 4.5.3. Evolución visual de las habas inicial y después de 8 días a 5°C bajo diferentes tratamientos desinfectantes y antipardenates.

4.5.5.3.3. Análisis microbiológicos

El análisis de enterobacterias (recogido en la Figura 4.5.13 B) se mantuvo también dentro de los límites establecidos por la legislación correspondiente, aunque se observa una contaminación más acusada en el tratamiento de ácido oxálico + cítrico. En el resto de tratamientos alternativos al NaClO junto con ácido cítrico, cabe destacar la nula presencia de enterobacterias tras 6 días a 5°C. Por su parte, los recuentos registrados al finalizar los 8 días a 5°C muestran como todos los tratamientos alternativos obtuvieron unos conteos muy similares con cerca de 2 log ufc·g⁻¹, todos ellos por debajo de lo establecido en la legislación.

Figura 4.5.13. Recuento de microorganismos mesófilos (A) y enterobacterias (B) en semillas de habas de la variedad Muchamiel cv. Granulla procesadas en fresco bajo distintos tratamientos y conservadas 8 días a 5°C.

En la Figura 4.4.13 (A) se observa como los microorganismos mesófilos en el día de elaboración para todos los tratamientos alcanzaron conteos ligeramente superiores a 2 log ufc·g⁻¹, y tras 8 días a 5°C de conservación, fecha establecida como vida útil del producto, no se superaron los 6 log ufc·g⁻¹

4.5.5.4. Conclusiones

Como alternativas al tratamiento convencional de lavado / desinfección con 100

ppm de NaClO se ha encontrado que se puede utilizar el dióxido de cloro y el ácido isoascórbico ya que controlaron el crecimiento microbiano y disminuyeron los pardeamientos durante la vida útil del producto.

Como posible dificultad a la aplicación industrial de estos posibles tratamientos alternativos, se puede considerar que el precio de aplicación es sustancialmente más alto que el del NaClO.

Capítulo 4.6 Patente de un método industrial para el procesado mínimo en fresco de habas y de guisantes y planta de procesado

Seguidamente se aporta el documento oficial de la patente obtenida con los trabajos desarrollados en la presente Tesis Doctoral, que ha sido explotada por la empresa.

OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS ESPAÑA
		⑪ Número de publicación: 2 412 959
		⑫ Número de solicitud: 201330811
		⑬ Int. Cl.:
		A23B 9/26 (2006.01) A23B 9/30 (2006.01)
⑫ PATENTE DE INVENCION	B1	
⑭ Fecha de presentación: 03.06.2013	⑮ Titular/es: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA (100.0%)	
⑯ Fecha de publicación de la solicitud: 12.07.2013	Ed. "La Milagrosa" Plaza Cronista Isidoro Valverde, s/n 30202 Cartagena (Murcia) ES	
Fecha de la concesión: 05.03.2014	⑰ Inventor/es: ARTÉS CALERO, Francisco; ARTÉS HERNÁNDEZ, Francisco De Asís y OTÓN ALCARAZ, Mariano	
⑱ Fecha de publicación de la concesión: 12.03.2014	⑲ Agente/Representante: TEMIÑO CENICEROS, Ignacio	
① Título: Método industrial para el procesado mínimo en fresco de habas y de guisantes y planta de procesado.		
② Resumen: Método industrial para el procesado mínimo en fresco de habas y de guisantes y planta de procesado. Planta y método de procesado mínimo en fresco de habas y de guisantes que comprende las etapas y medios para la prerrefrigeración (102) de las vainas; el prelavado (103) en agua de las vainas antes de extraer la semilla; el transporte de las semillas extraídas (1) hasta una zona limpia (200) a través de un conducto con transporte por agua; el lavado (3) de las semillas con agua, desinfectantes y aditivos; el enjuagado (3) de las semillas; el escurrido y secado (4) de las semillas por aire frío forzado; y el envasado de las semillas. <div data-bbox="861 1209 1243 1485"> </div>		

ES 2 412 959 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

ES 2 412 959 B1

DESCRIPCIÓN**MÉTODO INDUSTRIAL PARA EL PROCESADO MÍNIMO EN FRESCO DE HABAS Y DE GUISANTES Y PLANTA DE PROCESADO**

5 La presente invención está relacionada con un método para la obtención de semillas de haba y de guisantes separadas de su vaina, para facilitar su consumo, en el que se incluye su envasado y conservación bajo refrigeración. Este método y sistema facilita el acondicionamiento, transporte, distribución comercial, puesta a la venta y consumo de los productos indicados.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

El haba (*Vicia faba*) es una planta trepadora herbácea nativa de la zona Mediterránea, cuya producción se extiende a épocas prehistóricas. Sus semillas, las habas, son de color verde pálido, comestibles y están alojadas dentro de una vaina larga (entre 15 y 25 cm) y ancha (entre 0,5 y 1,5 cm) de color verde claro que contienen entre 5 y 10 unidades.

15

Clasificación científica del haba → Reino: Plantae; División: Magnoliophyta; Clase: Magnoliopsida; Subclase: Rosidae; Orden: Fabales; Familia: Fabaceae; Subfamilia: Faboideae; Tribu: Fabeae; Género: *Vicia*; Especie: *Vicia faba*.

20

El guisante (*Pisum sativum*) es la pequeña semilla comestible de la planta que se cultiva para su producción. La planta posee un sistema vegetativo poco desarrollado aunque con una raíz pivotante que tiende a profundizar bastante. Las semillas (guisantes) son verdes y se encuentran alojadas en vainas también verdes de entre 5 y 10 cm de largo y menos de 1 cm de ancho, que contienen entre 4 y 10 unidades.

25

Clasificación científica del guisante → Reino: Plantae; División: Magnoliophyta; Clase: Magnoliopsida; Orden: Fabales ; Familia: Fabaceae; Subfamilia: Faboideae; Tribu: Fabeae; Género: *Pisum*; Especie: *Pisum sativum*.

30

El creciente interés de los consumidores por los productos mínimamente procesados en fresco, a veces denominados comercialmente de la "Cuarta Gama", incita al desarrollo de la preparación de estas semillas de habas y guisantes bajo dicha presentación de venta al público, manteniendo su estado fresco y aportándoles valor añadido y facilidad de consumo.

35

OPINIÓN ESCRITA

Nº de solicitud: 201330811

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 27.06.2013

Declaración**Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)**Reivindicaciones 1-16
Reivindicaciones**SI**
NO**Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)**Reivindicaciones
Reivindicaciones 1-16**SI**
NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

OPINIÓN ESCRITA

N° de solicitud: 201330811

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	LÓPEZ-RUBIRA, V. et al. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. <i>Postharvest Biology and Technology</i> , 2005, n° 37, pág. 174-185. Ver pág.175, Materials and methods, 2.1, 2.2.	
D02	US 5945146 A (TWINAM)	31.08.1999
D03	ARTES, F. et al. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. <i>Postharvest Biology and Technology</i> , 2009, n° 51, pág. 287-296. Ver pág.287-291.	

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La invención se refiere a un método para el procesamiento en fresco de habas y guisantes que se caracteriza porque comprende las etapas de:

- Pre-refrigeración de las vainas a una temperatura inferior a 5°C,
- Prelavado en agua de las vainas, estando el agua a una temperatura inferior a 10°C,
- Manipulación de las vainas y extracción de las semillas,
- Transporte de las semillas hasta una zona limpia, a través de un conducto con transporte de agua,
- Lavado de las semillas con agua, desinfectantes y aditivos,
- Enjuagado de las semillas,
- Ecurrido y secado de las semillas con aire forzado a una temperatura inferior a 10°C,
- Envasado de las semillas

(Reivindicación 1)

El transporte del producto entre las distintas etapas se realiza con agua a temperatura inferior a 10°C y con dosis de cloro libre entre 0.1-200ppm (Reivindicación 2)

Los desinfectantes se seleccionan entre hipoclorito sódico o cálcico (Reivindicación 3)

Los aditivos para optimizar la desinfección son ácidos orgánicos, preferentemente cítrico (Reivindicaciones 4-6)

El agua de desinfección se podrá tratar con ácido peroxiacético o con ozono (Reivindicación 7)

El conducto de transporte podrá contar con duchas de agua ozonizada o de agua electrolizada (Reivindicación 8-9)

Se eliminan los restos de vainas o semillas rotas al final del prelavado (Reivindicación 11)

La balsa donde se realiza el lavado (10 segundos-12 minutos) de las semillas cuentan con sistemas automáticos de agitación, renovación de agua, etc. (Reivindicaciones 10, 12, 13)

El enjuagado de las semillas dura entre 30 segundos y 5 minutos y se realiza con agua potable desprovista de desinfectante a una temperatura entre 0 y 16°C (Reivindicación 14)

Las semillas pueden someterse a un choque térmico de vapor de agua a una temperatura entre 100 y 120°C durante 15 segundos y 2 minutos (Reivindicación 15)

Se reivindica también la planta de procesamiento para llevar a cabo el método de la invención (Reivindicación 16)

El documento D01 da a conocer un procedimiento para la conservación de semillas de granada en fresco para su consumo directo. En dicho procedimiento las granadas son almacenadas a 5°C hasta el día siguiente que son procesadas en un cuarto limpio a 10°C. A continuación las semillas son extraídas manualmente y lavadas con hipoclorito sódico y ácido cítrico a 5°C; seguidamente son enjuagadas con agua a 5°C. Después, se elimina el exceso de agua mediante centrifugación y absorción con papel. Seguidamente las semillas son tratadas con radiación UV-C y envasadas (pág.175, Materials and methods, 2.1, 2.2)

El documento D02 se refiere a la obtención de vegetales mínimamente procesados listos para su consumo. En el procedimiento los vegetales son lavados y desinfectados en un baño con composiciones formadas por varios desinfectantes conocidos; seguidamente son enjuagados con agua sin desinfectantes y escurridos con cualquier procedimiento conocido tal como el aire forzado y ventilación. A continuación son envasados en atmósfera protectora de nitrógeno, argón o helio (col.6-col.16)

El documento D03 divulga varios tipos de productos químicos que pueden utilizarse para desinfectar vegetales mínimamente procesados, tales como: hipoclorito sódico, ácido peroxiacético, dióxido de cloro, peróxido de hidrógeno, ácido cítrico, ascórbico, calcio, agua electrolizada y ozono. También indica la posibilidad de usar choque térmico con vapor (pág.287-291)

OPINIÓN ESCRITA

Nº de solicitud: 201330811

El método de la invención se diferencia del descrito en D01 en que se aplica a semillas de guisante y habas y que dichas semillas son transportadas hasta la balsa de lavado en la zona limpia a través de un conducto con transporte de agua, además, las semillas son escurridas y secadas por aire frío forzado. En el estado de la técnica no se ha encontrado ningún procedimiento para el procesado en fresco de habas y guisantes igual al reivindicado en la reivindicación 1 ni tampoco una planta para llevarlo a cabo. Así pues, las reivindicaciones 1-16 cumplen el requisito de novedad según el Art.6.1 de la Ley de Patentes 11/86. Sin embargo, el hecho de que los vegetales estén sumergidos en agua, con o sin productos añadidos, mientras se procesan y avanzan a lo largo de una planta de procesamiento es algo de conocimiento general en el estado de la técnica (D02, col.15, lín. 31-col.16, lín.25), así como la utilización del secado utilizando aire frío forzado (D02 col.8, lín.47-lín.56). De la lectura de la memoria no se deduce ningún efecto técnico sorprendente derivado del hecho de que las semillas sean transportadas por medio de agua, en lugar de utilizar los sistemas conocidos, en los que cintas transportadora mueven a los vegetales dentro del agua. Tampoco se deduce ningún efecto técnico sorprendente por el uso de aire forzado para secar en lugar de cualquier otro método conocido en el estado de la técnica. Por lo tanto, teniendo en cuenta el estado de la técnica de conocimiento general y el divulgado en D01 se considera que para un experto en la materia sería obvio llevar a cabo un procedimiento como el recogido en las reivindicaciones 1-6, 11 y 13, así pues, dichas reivindicaciones no cumplen el requisito de actividad inventiva según el Art.8.1 de la Ley de Patentes 11/86.

En las reivindicaciones 7-9 y 15 no se indica ninguna característica técnica que no sea conocimiento común en el estado de la técnica de la invención (D03, pág.287-291). Por lo tanto la invención tal y como se recoge en las reivindicaciones 7-9 y 15 no se considera que implique actividad inventiva según el Art.8.1 de la Ley de Patentes 11/86.

En cuanto a las reivindicaciones 10, 12, 14-16, en el estado de la técnica son conocidos los sistemas automáticos de agitación, renovación de agua, dosificación de aditivos, vaciado, etc., el simple hecho de aplicarlos a un sistema de procesado concreto cuando fuera necesario sería algo obvio para un experto en la materia. Así pues, las reivindicaciones 10, 12, 14-16 no cumplen el requisito de actividad inventiva según el Art. 8.1 de la Ley de Patentes 11/86.

ES 2 412 959 B1

- Dimensiones: de 0,5 a 3 m de ancho, 2 a 5 m de largo y 1 a 3 m de alto, con capacidad neta de entre 1 y 4,5 m³.
- Soplane de entre 1 y 1,5 CV.
- Bomba de agua de entre 1 y 1,5 CV.
- 5 - Ventilador-extractor de cloro: entre 1 y 2 CV

La balsa de enjuagado (4) se trata de un depósito fabricado en acero inoxidable similar al anterior, con la diferencia de que en este caso, al no requerir aditivos, no llevará incorporado, ni sistema de alimentación del desinfectante, ni campana para evacuación del gas. Llevará instalado una bomba de 0,25 a 1 CV para la recirculación del agua dentro del mismo depósito y otra de 1 a 1,5 CV para recircularla a la balsa de lavado cuando se estime conveniente, con las mismas potencias unitarias citadas con anterioridad. También contará con una banda transportadora construida con material adecuado al uso alimentario, tamizado, que se sumergirá en su interior y al final saldrá del mismo mediante una zona de transporte y elevación que conducirá las semillas hasta la zona de escurrido, en la propia banda y, seguidamente, a la zona de secado (6).

La zona de escurrido se establece sobre la misma cinta o banda transportadora de material plástico tamizado en la que las semillas salen de la etapa de enjuagado, se irá efectuando el escurrido del agua superficial por gravedad. La duración de esta etapa será de 1 a 2 minutos.

Seguidamente las semillas pasarán al área de secado (6), entrando en la tercera zona de manipulación o zona extra-limpia (300). El secado se efectuará por aire frío forzado hasta que se queden ligeramente húmedas. Para ello se instalarán en la parte superior y/o inferior de la cinta de transporte entre 2 y 4 evaporadores frigoríficos con las potencias necesarias en función del flujo de producto, provistos con hasta cuatro ventiladores cada uno para impulsar aire de la propia sala, con una potencia unitaria de entre 1 y 2 CV a 220 V – 50 Hz. Alternativamente se puede emplear solo ventiladores que impulsen el aire frío de la sala extra-limpia (300). También se podrán emplear combinaciones de aire caliente y frío, así como cualquier otro sistema de producción de frío, como nitrógeno líquido o dióxido de carbono líquido o sólido. Con este equipamiento se efectuará un secado superficial de las semillas escurridas y, de otra, se reducirá la temperatura final del producto previo a su envasado, hasta un rango entre -1°C y 10°C.

ES 2 412 959 B1

Ya en la zona extra-limpia (300) el producto ligeramente húmedo se conducirá a un pulmón de aprovisionamiento construido en acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos y acolchado en su interior, para evitarle daños mecánicos, con unas dimensiones de entre 1 y 1,5 m de ancho, 0,5 y 1 m de largo y 0,5 y 1,5 m de profundidad. Desde este depósito partirá un elevador de cangilones construido en acero inoxidable y material plástico de uso alimentario, provisto de un variador de velocidad, que conducirá las semillas hasta la pesadora-dosificadora. En la fase inicial de dicho elevador de salida de las semillas los/as operarios/as efectuarán una última inspección visual de las semillas y se eliminarán las no comercializables. Alternativamente, previo a la llegada al pulmón, las semillas se dispondrán sobre una cinta transportadora de material apto para uso alimentario donde se les realizará una inspección visual o artificial para eliminar las inadecuadas.

Las semillas ligeramente humedecidas, se dispondrán seguidamente sobre un tanque - pulmón de alimentación del sistema de envasado (7), construido en acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos y con unas dimensiones 0,5 a 3 m de ancho x 1 a 3 m de largo x 1 a 2 m de alto, del que saldrá un elevador de cangilones de material apto para uso alimentario, que conducirá las semillas hasta una pesadora-dosificadora (8). En la fase inicial de dicho elevador se realizará una inspección visual o artificial para la eliminación de las no comercializables. Alternativamente se dispondrán las semillas ligeramente humedecidas sobre una cinta transportadora de material apto para uso alimentario donde se les realizará la inspección visual o artificial para eliminar las no comercializables previo a su dosificado- pesado – embolsado.

Las semillas se pesarán (9) en una balanza colocada en la plataforma donde se ubicará la pesadora, se envasarán o embolsarán (10) en un recipiente formado con un polímero plástico idóneo, en el que se asegure su hermeticidad, por termosellado, adhesión o cierre rápido tipo "zip". El envasado se realizará bien manual o mecánicamente, mediante la técnica de flujo vertical o bien mediante la de flujo horizontal. La zona de secado y envasado (6, 7, 8) constituye la sala extra-limpia (300) y es una de las más críticas de todas las de procesado, por lo que en ella deberán utilizarse técnicas de alta higiene y efectuar las manipulaciones exclusivamente por personal debidamente entrenado y cumpliendo estrictamente la normativa requerida de higiene y seguridad. Esta zona estará aislada y acondicionada térmicamente entre 0 y 16°C y eventualmente podrá diseñarse con el concepto de salas limpias o "blancas" ISO 6 a ISO 8 para las de clase 1.000 a 100.000

ES 2 412 959 B1

respectivamente.

El envasado en atmósfera modificada (EAM) genera unas condiciones gaseosas en el interior de los envases de productos mínimamente procesados en fresco y, muy en particular de las semillas de haba y de guisantes, muy favorables para prolongar su vida útil, mejorar la seguridad y preservar sus características sensoriales. Las AM pueden generarse exclusivamente mediante la interacción entre la propia respiración de las semillas y la permeabilidad idónea y normalmente selectiva a los gases del polímero o conjunto de polímeros que constituyen el envase (AM pasiva).

Alternativamente se pueden aportar y/o eliminar uno o varios gases del interior del envase antes de su cierre hermético (AM activa). Al emplear las AM, un factor decisivo es el diseño del envase, para lo cual se ha de calcular la permeabilidad a los gases de la película simple o compleja seleccionada, que debe permitir el adecuado intercambio de O_2 , CO_2 , N_2 y vapor de H_2O entre el ambiente alrededor del producto dentro del envase y la atmósfera ambiente externa al envase (normalmente aire), con objeto de elegir el polímero que permita establecer la composición gaseosa idónea deseada en el interior del envase. La composición que aquí se patenta tras las investigaciones llevadas a cabo por los inventores se encuentra entre los siguientes rangos de presiones parciales: entre 1 y 21 kPa O_2 , entre 0,5 y 25 kPa CO_2 y el resto N_2 hasta completar 100 kPa. Alternativamente se podrán utilizar atmósferas sobreoxigenadas, con niveles iniciales de entre 50 y 99 kPa O_2 y de entre 1 y 20 kPa CO_2 y el resto N_2 . Alternativamente se podrán utilizar vacíos parciales en los envases.

Alternativamente se podrá utilizar aire enriquecido en argón, helio o xenón (entre 0,5 y 99 kPa) y el resto O_2 , CO_2 y/o N_2 . Por ello se requiere la utilización de películas plásticas para fabricar el envase específico para las semillas de haba así como de guisantes, cuyo espesor será de entre 10 y 125 micrometros, dotadas de un coeficiente de permeabilidad al CO_2 respecto a la del O_2 (PCO_2/PO_2) o selectividad, en un rango entre 0,2 y 10.

Alternativamente el envase puede estar constituido por un material plástico de muy reducida permeabilidad a los gases y utilizar una tapa o película de cierre hermético dotada de la permeabilidad idónea a los gases, en el rango antes citado, e incluso estar provista de un material plástico microporoso o, incluso, disponer de una ventana o parche de difusión constituida por un polímero dotado de una permeabilidad superior a la del resto del polímero seleccionado para lograr el cierre hermético, cuyo objetivo es contribuir a generar y

ES 2 412 959 B1

estabilizar la composición deseada en el interior del envase que ha de contener las semillas. Igualmente los polímeros podrán estar dotados de sistemas denominados inteligentes que permitan modificar adecuadamente los niveles de gases permanentes o no (incluido el etileno) en el interior de los envases).

5

Los envases confeccionados en tamaños desde 50 g hasta 20 kg, pasarán por controles de pesos y de metales (9), con posibilidad de que se realicen ambas funciones en una misma máquina, cuyas principales características serán:

- 10 - Chasis y tornillería en acero inoxidable.
- Paso útil: hasta 200 mm de alto x 400 mm de ancho.
- Velocidad: hasta 200 pesos / min con precisión de 1 g
- Motorreductor trifásico.
- Alta sensibilidad a todos los metales, incluidos aceros inoxidables, igual o superior a
- 15 lo establecido por la normativa ISO 9001.
- Elevada inmunidad a las interferencias ambientales.
- Paro de cinta o expulsor neumático en caso de detección de metales con alarma acústica y óptica y auto-diagnóstico interno. Expulsor neumático para envases de peso incorrecto.
- 20 - Contador interno de expulsiones para supervisor.
- Alimentación: 220 V - 50-60 Hz – de hasta 50 W.
- Temperatura de trabajo: 0 - 70 °C y Humedad: 0 - 95 %.

- Los envases así confeccionados se encajarán en cajas de cartón, madera o plástico y se
- 25 paletizarán (10). Los pallets de madera, cartón comprimido o plástico, con los envases y cajas de producto elaborado se sacarán de la sala extra-limpia (300) y se llevarán a una cámara de conservación a una temperatura de entre -1 y 10°C y 70-95% de humedad relativa. Alternativamente se llevarán a una sala de preparación de cargas que estará mantenida a este mismo rango de temperaturas y humedades, para que se expidan
- 30 directamente a los vehículos de transporte refrigerado para su distribución comercial, también bajo ese mismo rango de temperaturas.

- Para la etapa de pesado–dosificado–envasado (7, 8) se podrá recurrir a un sistema de flujo vertical u horizontal. En el primer caso, el pesado-dosificado se realizará en una tolva de
- 35 recepción de las semillas construida en acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para

ES 2 412 959 B1

uso en contacto con alimentos dotada de células o cazoletas de pesada o carga, donde al obtener la cantidad de producto necesaria mediante la combinación de dos o más células, el producto caerá por un tubo central. Por el exterior del tubo formador vendrá abrazado el polímero plástico para ir formando la bolsa que se cerrará mediante un termosellado de doble mordaza u otro. El sistema, entre otros elementos, cuenta con sistema de arrastre, cinta de carga, fotocélula de centraje de logotipo, marcador-posicionador y un requerimiento de aire comprimido de entre 200 y 450 L/min. Alternativamente el envase puede conducirse en flujo horizontal y, tras su llenado manual o automático mediante una tolva de dosificación construida en acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos que recibe las semillas, y efectuar la pesada, se procederá al cierre hermético manual o automático de los envases por termosellado, adhesión o cierre tipo "zip". De esta forma se obtiene el producto envasado. Eventualmente, para semillas en graneles de uso exclusivo en el canal HORECA se podrá utilizar un sistema de llenado, envasado y cerrado bajo vacío parcial.

Los envases cerrados se dispondrán sobre una cinta transportadora construida en acero inoxidable y material plástico adecuado para uso alimentario que los conducirá a una mesa giratoria dotada con varios puestos de trabajo, para el encajado del producto elaborado y su posterior paletización. La potencia instalada en la cinta será de entre 0,5 y 1 CV. En el recorrido hacia la mesa giratoria se dispondrá un detector de metales y una pesadora automática, con capacidades entre 50 g y 50 kg, dotada de una alimentación a 220 V, frecuencia de 50-60 Hz y cuya potencia será de entre 0,5 y 1 CV.

La mesa giratoria estará construida en acero inoxidable o de material idóneo de uso alimentario y estará forrada lateralmente para evitar golpes a los envases. Manualmente se recogerán los envases para disponerlos bien en cajas de material plástico u otro para conducirlos a la zona de preparación de cargas, bien en las cajas destinadas a su transporte y distribución comercial. La potencia total de accionamiento de la mesa será de entre 0,5 y 2 CV.

En la mesa de trabajo donde se realizará el desvainado, se dispondrá una cinta transportadora de banda lisa, construida en material plástico para uso alimentario, para eliminar del sistema de proceso toda la fracción no comestible de las vainas y conducirlos hasta el vertedero, que se encontrará en el exterior de la nave. La potencia instalada en este transporte será de entre 0,5 y 3 CV.

ES 2 412 959 B1

REIVINDICACIONES

1 - Método para el procesado industrial en fresco de habas y guisantes que se caracteriza porque comprende las etapas de prerefrigeración (102) de las vainas, siendo
5 dicha pre-refrigeración (102) a una temperatura inferior a 5°C; prelavado (103) en agua de las vainas antes de extraer la semilla, estando el agua a una temperatura inferior a 10°C manipulación de las vainas y la extracción de las semillas (1); transporte de las semillas extraídas (1) hasta una zona limpia (200), a través de un conducto con transporte por agua; lavado (2, 3) de las semillas con agua, desinfectantes y aditivos; enjuagado (4) de las
10 semillas; escurrido y secado (6) de las semillas por aire frío forzado a una temperatura inferior a 10°C; y envasado de las semillas (7).

2 - Método de acuerdo con la reivindicación 1 en donde el transporte del producto entre las distintas etapas se realiza con agua fría a una temperatura del agua inferior a 10°C
15 y con dosis de cloro libre, en su caso, entre 0,1 y 200 ppm.

3 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2 donde los desinfectantes son uno seleccionado entre hipoclorito sódico o cálcico.

20 4 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 donde los aditivos utilizados para optimizar la desinfección son ácidos orgánicos.

25 5 - Método de acuerdo con la reivindicación 4 donde el ácido orgánico es ácido cítrico.

6 - Método de acuerdo con la reivindicación 5 en donde en el caso del ácido cítrico con los niveles necesarios para regular el pH del agua de lavado en un rango de 3,5 a 8,5.

30 7 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde se podrá tratar alternativamente el agua para la desinfección del producto con ácido peroxiacético a concentraciones entre 0,05 y 3,5% de ácido acético y de entre 0,05 y 3,5% de peróxido de hidrógeno, o con ozono entre 0,05 y 16 ppm.

35 8 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el conducto podrá contar con duchas de agua ozonizada entre 0,1 y 12 ppm o con duchas de

ES 2 412 959 B1

agua electrolizada neutra, ácida o básica.

5 9 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el agua para el transporte entre etapas de las semillas podrá ser electrolizada neutra, ácida o básica con entre 25 y 200 ppm de cloro libre, o estar tratada con clorito sódico acidificado entre 25 y 200 ppm, con una mezcla de ácido oxálico entre 0,01 y 3 % con ácido ascórbico y/o cítrico entre 0,05 y 3,5%, con dióxido de cloro entre 1 y 25 ppm, con ácido isoascórbico entre 0,01 y 5 mol/L, con 4-hexilresorcinol entre 0,05 y 5% en volumen o con EDTA entre 1 y 350 ppm o combinaciones adecuadas de estos tratamientos.

10

10 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde se conducirá las semillas hasta un depósito o balsa con un sistema automático de agitación, renovación de agua y de dosificación de los aditivos.

15

11 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde al final de la cinta de transporte y prelavado se eliminarán manual o mecánicamente los restos de vainas y semillas rotas y defectuosas que irán al destrío (11).

20

12 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde la etapa de lavado (3) se realiza en una balsa de lavado que está provista de un sistema de agitación del agua, así como de un sistema para su recirculación y reutilización, y una planta enfriadora de agua, puesto que será necesario que la disolución empleada en la balsa de lavado se encuentre a una temperatura entre 0 y 16°C.

25

13 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde el lavado (3) tiene una duración de entre 10 segundos y 12 minutos.

30

14 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde comprende una etapa de enjuagado en el depósito de enjuagado que se alimentará con agua potable desprovista de desinfectante, se mantendrá a una temperatura entre 0 y 16°C y dispondrá a su vez de un sistema de vaciado al desagüe con un tiempo de permanencia de las semillas en este depósito será de entre 30 segundos y 5 minutos.

35

15 - Método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores donde las semillas se someterán a un choque térmico de vapor de agua a una temperatura entre 100 y

ES 2 412 959 B1

120°C con una duración entre 15 segundos y 2 minutos.

- 16 - Planta de procesado mínimo industrial de habas y de guisantes en fresco
caracterizada porque comprende los medios para ejecutar el método de cualquiera de las
5 reivindicaciones 1-15.

ES 2 412 959 B1

FIG.1

ES 2 412 959 B1

FIGURA 2

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

21 N.º solicitud: 201330811

22 Fecha de presentación de la solicitud: 03.06.2013

32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

5 Int. Cl.: **A23B9/26** (2006.01)
A23B9/30 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	LÓPEZ-RUBIRA, V. et al. Shelf life and overall quality of minimally processed pomegranate arils modified atmosphere packaged and treated with UV-C. <i>Postharvest Biology and Technology</i> , 2005, nº 37, pág. 174-185. Ver pág. 175, Materials and methods, 2.1, 2.2.	1-16
A	US 5945146 A (TWINAM) 31.08.1999, columnas 6-16.	1-16
A	ARTÉS, F. et al. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. <i>Postharvest Biology and Technology</i> , 2009, nº 51, pág. 287-296. Ver pág. 287-291.	7-9, 15
Categoría de los documentos citados X: de particular relevancia Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría A: refleja el estado de la técnica O: referido a divulgación no escrita P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud		
El presente informe ha sido realizado ☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:		
Fecha de realización del informe 27.06.2013	Examinador J. López Nieto	Página 1/5

INFORME DEL ESTADO DE LA TÉCNICA	
Nº de solicitud: 201330811	
<p>Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)</p> <p>A23B</p> <p>Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)</p> <p>INVENES, EPODOC, WPI, XPESP</p>	

Informe del Estado de la Técnica

Página 2/5

ES 2 412 959 B1

la velocidad de las reacciones enzimáticas degenerativas que sufren las habas y los guisantes tras su recolección, al modificar la energía de activación, la velocidad máxima y la constante de Micaelis, factores básicos que intervienen en dichos procesos, así como las concentraciones de sustratos y de productos de las reacciones.

5

Ejemplos de sistemas y métodos que forman parte del actual estado de la técnica son los que recogen los siguientes documentos:

10 El documento US5945146 describe un procesado en fresco de hortaliza tipo judía cortada donde se produce un enfriamiento a una temperatura de entre -1,5 y 12°C, un lavado y la desinfección en agua (entre 0 y 15°C) con ácidos de tipo cítrico y ascórbico, un enjuagado con agua sin desinfectantes, a temperaturas por debajo de 10°C, un escumido con aire frío forzado y con ventilación y un envasado en atmósfera protectora de argón, helio y nitrógeno.

15 El artículo [*Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality on snow pea pods*. Autores: Pariasca JA; Miyazaki T; Hisaka H; Nakagawa H; Sato T. *Postharvest Biology and Technology*, Elsevier, PD- 2001-01-01, Vol- 21, Pag. 213-223. IRN-ISSN0925-5214] divulga un procesado en fresco de guisante con vaina donde inicialmente son prerrefrigerados a 4°C, después lavados y desinfectados
20 con agua, donde están presentes ácidos orgánicos como el ascórbico, seguido de un envasado en envases de plásticos a 5°C y a diferentes condiciones de atmósferas modificadas de oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂). Así, divulga unas condiciones de 2,5, 5, ó 10 kPa de O₂ y 5 kPa de CO₂. También divulga otra composición de tipo 5 kPa de O₂, y 2,5, 5 ó 10Kpa de CO₂.

25

El artículo [*Neutral and acidic electrolyzed water as emergent sanitizers for fresh-cut mizuna baby leaves*]. Autores Tomas-Callejas A; Martinez-Hernandez G.B.; Artes F; Artes-Hernandez F. *Postharvest Biology and Technology*, Elsevier, NL., Vol. 59. Pag 298-306, PD-2011-03-01. doi:10.1016/j.postharvbio.2010.09.013.] divulga el procesado en fresco
30 de hojas pequeñas de mizuna, en el que interviene un pre-enfriamiento a 5°C, una limpieza y desinfección a 7°C en agua e hipoclorito sódico, seguido de un enjuagado con agua fría potable sin desinfectante, un centrifugado para eliminar el agua y un envasado en envases de polipropileno orientado de 50 micrometros bajo atmósfera de aire (20.9 kPa de O₂ y 0,03 kPa de CO₂) a 5°C

35

ES 2 412 959 B1

El artículo [*"Evaluation of alternative sanitizers to chlorine disinfection for reducing foodborne pathogens in fresh-cut apple"*. Autores Abadias M; Alegre I; Usall J; Torres R; Vinas J. *Postharvest Biology and Technology*, Elsevier NL, Vol 59, pag. 289 – 297. PD 2011-03-01. doi:10.1016/j.postharvbio.2010.09.014.] expone un procesado mínimo con
 5 desinfección de manzana recién cortada, donde el hipoclorito sódico, el agua oxigenada, el ácido cítrico y el ácido peroxiacético se utilizan como desinfectantes.

El artículo [*"Evaluation of the use of decontamination agents during fresh-cut leek processing and quantification of their effect on its total quality by means of a multidisciplinary approach"*. Autores: Vandekinderen I; Van Camp J; Devlieghere F; Ragaert P; Veramme K; Bernaert N; Denon Q; De Meulenaer. *Innovative food science and emerging technologies*, Elsevier, NL. Vol 10, pag. 363 – 373. PD-2009-07-01. doi :10.1016/j.ifset.2009.02.002.]
 10 divulga un procesado mínimo en fresco de puerro, donde inicialmente se lava con agua para eliminar impurezas, se desinfecta con hipoclorito sódico en agua a 5°C, se enjuaga con agua fría potable, se centrifuga para eliminar el agua y se envasa en atmósfera protectora. Otros
 15 coadyuvantes como el ácido ascórbico, ácido acético, ácido oxálico o el ácido peroxiacético también se citan en este documento.

El artículo [*"Respiration rates of fresh-cut bell peppers under supertamospheric and low oxygen with or without high carbon dioxide"* Autores: Conesa A.; Verlinden A; Artes-Hernandez F.; Nicolai B E; Artes F. *Postharvest Biology and Technology*, Elsevier NL. Vol 45, pag.81-88. doi:10.1016/j.postharvbio.2007.01.011 PD-2007-05-10.] divulga un procesado
 20 en fresco de pimientos manteniendo la temperatura del producto entre 5 y 7°C durante su limpieza, desinfección y posterior enjuague y aplicando diferentes concentraciones de gases en el envase de atmósfera modificada y a tres temperaturas (2, 7 y 14°C). Las condiciones
 25 de la atmósfera son: (kPa O₂, / kPa CO₂ // kPa N₂): 100/0/0; 80/20/0; 60/0/40; 50/20/30; 20/20/60; 20/0/80; 0/0/100; 0,5/0/99,5/ 1/0/99; 3/0/97; 9/0/91; 0/20/80; 20/0/80.

EXPLICACIÓN DE LA INVENCION

30 La presente invención describe un método y un sistema para el procesado industrial en fresco de haba y de guisantes. Actualmente el consumo de semillas de haba y de guisantes en todas sus variedades se realiza exclusivamente mediante la comercialización de la vaina que las contiene como producto fresco. Poder contar con un formato donde se disponga de
 35 las semillas del haba y guisante peladas, lavadas y desinfectadas, preparadas para comer

ES 2 412 959 B1

en crudo o para elaborar ensaladas o diversos platos listos para consumir, supone un gran ahorro de tiempo en su preparación para el consumo, una mejora en el servicio y una garantía de su calidad global (incluida la sensorial, nutricional y la microbiológica) para el consumidor, que demanda estos elaborados. También son muy interesantes para el canal de hostelería, restauración y catering (HORECA), donde es imprescindible y muy valorado un ahorro de tiempo de preparación y la facilidad de almacenamiento y de disponibilidad a lo largo del año. Por tanto, el producto obtenido por la presente invención proporcionará una valiosa ayuda que facilitará y aumentará su consumo saludable. Pero el producto terminado ha de disponer de suficiente vida comercial o vida útil, sin deteriorarse, para ser consumido con las máximas garantías higiénico-sanitarias y de calidad sensorial y nutricional.

El procedimiento de la presente invención para la elaboración y conservación se semillas de haba y de guisante en fresco en todas sus variedades incluye:

- Prerrefrigeración de las vainas en agua fría o en cámaras frigoríficas, o en una combinación de ambas, hasta una temperatura inferior a 5°C
- Zonas de trabajo para la manipulación de las vainas y la extracción de las semillas a temperaturas inferiores a 10°C
- Prelavado de las vainas antes de extraer la semilla para minimizar una posible contaminación proveniente de campo (temperatura del agua inferior a 10°C).
- Transporte de las semillas extraídas mediante agua fría con un desinfectante apropiado (como hipoclorito sódico o cálcico, dióxido de cloro, clorito sódico acidificado, peróxido de hidrógeno, ozono u otros) a temperatura del agua inferior a 10°C y con dosis de cloro libre, en su caso, entre 0,1 y 200 ppm, hasta la zona limpia de lavado.
- Lavado de las semillas con agua (temperatura del agua inferior a 10°C), con desinfectantes adecuados (como hipoclorito sódico o cálcico, dióxido de cloro, clorito sódico acidificado, peróxido de hidrógeno, ozono u otros) y aditivos tecnológicos (como los ácidos orgánicos, cítrico, ascórbico, sales cálcicas u otros).
- Enjuagado de las semillas con agua fría (temperatura del agua inferior a 10°C)
- Aplicación de vapor de agua a 100-120°C procedente de una caldera de vapor durante 15 segundos hasta 2 minutos para inactivar las enzimas responsables del pardeamiento enzimático y fijar el color. Igualmente por las temperaturas que se alcanzan, esta etapa actuará produciendo una fuerte reducción de la carga microbiana, incluso una esterilización superficial.

ES 2 412 959 B1

- Escurrido mediante desplazamiento por una cinta transportadora perforada y vibrante, construida con materiales adecuados para uso en contacto con alimentos y secado de las semillas por aire frío forzado, bien de la propia sala limpia donde se elaboran, bien de una fuente fría adicional, a temperatura inferior a 10°C. Alternativamente el secado se podrá realizar por una combinación de aire caliente y frío forzados o recurriendo al empleo de gases licuados (N₂, CO₂ u otros) o de CO₂ seco.
- Envasado de las semillas en un polímero plástico, simple o compuesto, activo o pasivo, de permeabilidad a los gases idónea y demás características físicas y químicas adecuadas a las necesidades de las semillas de haba o de guisante para prolongar su vida comercial con garantía de calidad global.
- Conservación del producto envasado y terminado a una temperatura inferior a 8°C.

En un segundo aspecto de la invención se reivindica la planta de procesado configurada específicamente para ejecutar el método aquí descrito. Las realizaciones particulares de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, coadyuvantes, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y dibujos o diseños se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que restrinjan la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

FIG 1. Muestra un diagrama de flujo con las distintas etapas del método para el procesado mínimo industrial en fresco de haba y de guisantes.

FIG 2. Muestra un plano de la planta de procesado mínimo industrial de acuerdo con un aspecto de la presente invención.

EXPOSICIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN Y EJEMPLO

ES 2 412 959 B1

En una realización práctica de la invención se ha realizado un método nuevo de procesado de semillas de haba y de guisante frescas, elaborándolas bajo el formato de mínimamente procesadas en fresco (comercialmente llamadas de la "Cuarta gama" de la alimentación).

- 5 Con este sistema de procesado industrial se obtiene un nuevo producto tras el desvainado y lavado-desinfección, dispuesto para la venta directa, muy fácil de consumir íntegramente en crudo o tras cualquier tipo de preparación culinaria, puesto que el consumo es directo y total (sin generar ningún tipo de desperdicio o residuo) al abrir el envase, y las semillas tienen sustancialmente el mismo valor nutritivo y calidad organoléptica, así como la seguridad
- 10 alimentaria, que las recién extraídas de la vaina. Actualmente no existe ningún procedimiento industrial de procesado mínimo en fresco para el haba ni para el guisante, aunque sí para otros productos hortofrutícolas.

- Hasta la fecha el haba o el guisante fresco se han venido comercializando exclusivamente
- 15 en vaina entera, desde la que los consumidores extraen manualmente las semillas de su interior. En el caso que nos ocupa, mediante el procesado industrial se produce el desvainado mecánicamente, extrayéndose las semillas que serán conducidas en agua fría con algún aditivo tecnológico a un sistema de lavado y desinfección, enjuague, escurrido y secado para, seguidamente, ser dispuestas en un envase de propiedades físico-químicas y
- 20 dimensiones adecuadas al uso final (venta al menor o canal HORECA), formado con un polímero de cierre hermético de permeabilidad idónea y características de hermeticidad, resistencia mecánica y transparencia adecuadas al fin que se persigue. El envase podrá ser simple o compuesto, de tipo pasivo o activo (incluso "inteligente"), de permeabilidad a los gases idónea, con cualquier configuración, estar a presión ambiental o bajo vacío parcial y la
- 25 composición de la atmósfera en su interior podrá ser aire u otra distinta. Mediante este procesado, se ofrecerá al consumidor final únicamente la parte comestible del haba o del guisante fresco, facilitando su consumo íntegro y directo.

- En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo del método objeto de la invención, tal y como aquí se describe. Por su parte, la Figura 2 muestra el plano de distribución en planta ("layout") de una instalación industrial diseñada y configurada para ejecutar el método aquí descrito. Como se puede observar, la planta cuenta con las siguientes estaciones o etapas de procesado: mesa de desvainado (1), balsa o depósito de prelavado (2), balsa o depósito de lavado-desinfección (3), balsa o depósito de enjuagado (4), tratamiento por vapor
- 30 procedente de una caldera idónea (5), escurrido y secado por aire frío (6), transporte a
- 35

ES 2 412 959 B1

envasado-embolsado e inspección visual (7), pesado – dosificado – envasado (8), control de metales y pesos (9), encajado y paletizado (10) y sistema de destrio (11). Por otro lado, la planta industrial está dividida en zona sucia (100), zona limpia (200) y zona extra-limpia (300).

5

En la zona limpia (200) se exigen unas condiciones higiénicas, tanto del personal (lavado-desinfección de manos, del calzado antes del acceso, provisto de indumentaria que incluya bata, guantes de látex, cubre-cabello, gorra y mascarilla, y con expresa autorización de acceso), como de las superficies y equipos, a un nivel más exigente que para la zona sucia (100). Solo una parte de éste personal, el autorizado, podrá acceder a la zona extra-limpia (300), con la que estará comunicada por una puerta dotada de un sistema de acceso controlado. Esta zona extra-limpia (300) podrá estar dotada de un sistema de ultrafiltrado de aire para mantener los niveles y tamaños de partículas establecidos en la normativa ISO 6 a ISO 8 para las salas "limpias" o "blancas" de clase 1.000 a 100.000 respectivamente.

15

En la presente descripción, por comodidad, las referencias numéricas hacen mención específicamente tanto a la etapa del método como a la estación en la planta de procesado. Es decir, por ejemplo, la balsa de prelavado y la etapa de prelavado tendrán la misma referencia numérica (2) ya que hacen referencia a la misma acción en el mismo lugar.

20

Dicha zona sucia 100 está físicamente separada del resto de las salas de trabajo, mediante paneles de polímeros aislantes u otros, preferiblemente auto-portantes, y se encuentra acondicionada a una temperatura entre 0 y 20 °C.

25

Una vez extraídas las semillas de las vainas (1) de las habas o de los guisantes en las desvainadoras o peladoras, las siguientes operaciones del proceso, hasta el escurrido incluido, se realizarán en otro recinto de manipulación, anexo al anterior, o segunda zona de acondicionamiento-manipulación o zona limpia (200), que se encontrará a una temperatura entre 0 y 16 °C.

30

Finalmente, las últimas operaciones del procesado mínimo, desde el secado hasta el envasado incluido, se efectuarán en una tercera zona de manipulación o zona extra-limpia (300).

35

Como se puede observar en las figuras adjuntas, las vainas de habas o de guisantes que

ES 2 412 959 B1

llegan a la industria para ser elaboradas (101), se prerrefrigeran hasta una temperatura entre -1,5 y +12 °C por cualquier procedimiento viable (aire frío forzado, agua fría, gases licuados u otro) (102). En el diagrama de flujo mostrado en la Figura 1 se observa que la recepción y preparación de las materias primas vegetales se deberá llevar a cabo en una primera zona de manipulación o zona sucia (100).

Retomando el proceso desde el inicio, las vainas (101), una vez pre-enfriadas (102) entre 0 y 20 °C, se pasan a la mesa de pelado-desvainado manual o mecánico (1), en la sala de procesado o zona sucia (100) y las semillas extraídas se depositan en un conducto abierto de acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos, de dimensiones adecuadas a la mesa de trabajo, provisto de un sistema de recirculación de agua.

Este agua estará tratada con entre 1 y 200 ppm de cloro activo, proporcionado por hipoclorito sódico o cálcico, a temperatura entre 0 y 15°C, con la adición de ácidos orgánicos (en el caso del ácido cítrico con el necesario para regular el pH del agua de lavado en un rango de 3,5 a 8,5).

Alternativamente, también se podrá tratar el agua con ácido peroxiacético a concentraciones entre 0,05 y 3,5% de ácido acético y de entre 0,05 y 3,5% de agua oxigenada, o con ozono (entre 0,05 y 16 ppm) o solo con agua oxigenada (entre 0,5 y 7%). El conducto podrá contar con duchas de agua ozonizada (entre 0,1 y 12 ppm) o con duchas de agua electrolizada neutra, ácida o básica. Alternativamente el agua para el hidrot transporte de las semillas podrá ser electrolizada neutra, ácida o básica con entre 25 y 200 ppm de cloro libre, o estar tratada con clorito sódico acidificado (entre 25 y 200 ppm), con una mezcla de ácido oxálico (entre 0,01 y 3 %) con ácido ascórbico y/o cítrico (entre 0,05 y 3,5%), con dióxido de cloro (entre 1 y 25 ppm), con ácido isoascórbico (entre 0,01 y 5 mol/L), con 4-hexilresorcinol (entre 0,05 y 5% en volumen) o con etilen diamino tetraacético (EDTA) (entre 1 y 350 ppm) o incluso con otros aditivos tecnológicos adecuados, como sales cálcicas u otros. También podrán ser utilizadas combinaciones adecuadas de estos tratamientos.

La mesa de pelado-desvainado (1) para extraer las semillas de las vainas de las habas o guisantes comprende un chasis en acero inoxidable, levantada del suelo entre 30 y 40 cm, con soporte en acero inoxidable para el personal de trabajo y que pueden incorporar o no bandejas laterales para que los operarios puedan dejar la caja con la materia prima y desde

ES 2 412 959 B1

ahí, introducir las vainas en las desvainadoras para la extracción de las semillas. Alternativamente se puede disponer una banda transportadora central de alimentación de vainas de habas o de guisantes frescos, construida en acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos y material idóneo para uso alimentario que
5 estará dotada de un variador de velocidad para ajustar el flujo de proceso. El sistema dispondrá también de una banda transportadora construida con material idóneo para uso alimentario, para conducir al vertedero las vainas sin semillas y demás restos que componen la fracción no comestible, incluyendo otros destrios, y un canalón construido en acero
10 inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos donde cae la semilla desvainada cuyo transporte a la siguiente etapa del proceso se realiza por agua fría como se ha descrito anteriormente. Del mismo modo dispondrá de un sistema tensor de rodillo conducido y sus rodamientos, y estará dotada de un variador de velocidad. Alternativamente, estos destrios, se conducirán al vertedero situado en el exterior de la nave mediante un sistema de conducciones de material plástico u otro idóneo para uso en
15 contacto con alimentos y dimensiones adecuadas con bombas de vacío (al menos dos bombas de entre 0,5 y 5 CV cada una). Sus principales características son:

- Longitud: hasta 25 m.
- Puestos de trabajo: hasta tres filas de hasta 30 personas cada una.
- 20 - Ancho de banda transportadora: de entre 250 y 450 mm.
- Potencia total instalada de todos los motores: de 3 a 12 CV.

El transporte de las semillas desvainadas en la línea de procesado consistirá en una bandeja o conducto de entre 25 y 70 cm de anchura, contruidos en acero inoxidable o
25 material idóneo de uso alimentario, alojado en la parte inferior del chasis donde también se alojarán las desvainadoras, por el que circularán las semillas desvainadas arrastradas por una corriente de agua con el aditivo tecnológico correspondiente antes citado, para ser conducidas hasta la etapa de lavado-desinfección, y que efectuará simultáneamente un prelavado. El circuito de agua dispondrá de un depósito de acumulación de entre 0,5 y 10
30 m³, construido en acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos, que estará provisto de hasta dos bombas de entre 0,5 y 2 CV cada una para facilitar la recirculación del agua y que se cerrará mediante una tubería de material idóneo para agua potable con diámetro de entre 1 y 2 ¾ pulgadas.

35 El sistema de alimentación de habas o guisantes frescos enteros a la línea de desvainado

ES 2 412 959 B1

se utiliza para llevar las cajas de habas o guisantes frescos usadas como materia prima hasta las inmediaciones de las/os operarias/os para su desvainado, la operación se realizará bien manualmente, bien mediante un grupo de hasta cuatro transportadores de cadenas, construidos en acero inoxidable. Estos transportadores deberán disponer de cadenas conducidas, y sistema de piñones y cadenas de entre 1/2 y 5/8 pulgada. La longitud de los transportadores se adaptará a la longitud de la mesa de trabajo y la potencia total instalada en su motorización será de hasta 3 CV por transportador. Alternativamente se podrá disponer de un volteador manual o automático de cajas o de pallox, que vaciará las vainas a una cinta transportadora que alimentará los puestos de trabajo.

10

Las semillas se desvainarán manualmente disponiendo para ello un número de operarias/os adecuado a la producción deseada. Alternativamente el desvainado se efectuará mediante desvainadoras semiautomáticas o automáticas de accionamiento eléctrico, con potencia unitaria de 30 a 80 W, para vainas individuales. Cada desvainadora estará atendida por un/a operario/a y se instalarán tantas como sean necesarias para obtener la producción deseada.

15

Las desvainadoras estarán montadas sobre un soporte de acero inoxidable y dispondrán cada una de una a cuatro cuchillas afiladas de acero inoxidable, con anchura de corte de hasta 0,5 mm. Cada desvainadora estará alimentada por uno o dos dobles rodillos de material plástico que introducen las vainas aportadas manualmente hacia su interior y, tras el corte, expulsan las semillas que contienen hacia un lado, y el resto de la vaina hacia otro. Las semillas extraídas caerán hasta el sistema de transporte y prelavado, y la vaina y otros posibles restos se conducirán hasta la cinta transportadora del destío al vertedero.

20

El sistema de transporte y prelavado de semillas consistirá en una bandeja o conducto inferior situado en la propia mesa de trabajo, construida en acero inoxidable o en material idóneo para uso alimentario abierto en su parte superior, de dimensiones similares a las de la mesa y dotado de una pendiente entre el 1 y el 3 %, por el que circularán las semillas desvainadas arrastradas por una corriente de agua con el aditivo tecnológico que proceda antes citado.

25

30

El circuito de agua se cerrará por medio de una tubería de plástico rígida con diámetro de entre 1 y 2 ¼ pulgadas y dispondrá de un depósito de acumulación o balsa de prelavado construido en acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos, cuyas dimensiones se ofrecen más adelante, para facilitar la recirculación del

35

ES 2 412 959 B1

agua. Este depósito dispondrá de los dosificadores, medidores de pH y otros equipos necesarios para mantener constantes los niveles deseados de los aditivos tecnológicos que se han descrito anteriormente. Esta es la etapa de transporte que conducirá las semillas de haba o de guisante hasta la etapa de lavado-desinfección, y que actúa simultáneamente como de prelavado. Para la recirculación del agua el sistema estará provisto de hasta dos bombas de entre 0,5 y 2 CV cada una.

Tras esto, el sistema o conducto de hidrotransporte, conducirá las semillas hasta un depósito o balsa de prelavado (2) de acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos de dimensiones entre 0,5 y 2,5 m de ancho, entre 1 y 5 m de largo y entre 1 y 3 m de alto.

Esta balsa de prelavado (2) dispone de un sistema automático de renovación de agua y de dosificación de los aditivos tecnológicos antes descritos para garantizar la constancia de los niveles deseados para el tratamiento de las semillas. En esta etapa se eliminarán en un primer lavado los restos de suciedad, insectos y los cuerpos extraños que puedan acompañar a las semillas. Este depósito de agua desinfectada por cualquiera de los métodos antes descritos será recirculada (es decir, el agua de la balsa de prelavado (2)) y se utilizará igualmente para facilitar el transporte de las semillas a las siguientes etapas del proceso, que se realizarán en la zona limpia (200).

Al final de la cinta de transporte y prelavado, justo antes de pasar a la zona limpia (200), se eliminarán manual o mecánicamente los restos de vainas y las semillas rotas y defectuosas (1), que deberán ser excluidas de la cadena de producción por no ser aptas para su comercialización en fresco.

Las vainas y demás restos que componen la fracción no comestible, incluyendo los destrios de semillas rotas y defectuosas, se conducirán al vertedero situado en el exterior de la nave mediante un sistema de destrio (11), provisto de cinta transportadora de banda lisa, construida en material plástico para uso alimentario. Alternativamente el sistema de evacuación del destrio (11) podrá ser mediante conducciones y bombas de vacío.

Las semillas prelavadas y seleccionadas (2) pasarán a un elevador de cangilones construido en acero inoxidable y material plástico de uso alimentario, que estará provisto de un variador de velocidad, y que las conducirá a una balsa de lavado y desinfección (3) de dimensiones exteriores 0,5 a 3 m de ancho, 2 a 5 m de largo y 1 a 3 m de altura con capacidad neta de

ES 2 412 959 B1

entre 1.000 y 10.000 L, construida en acero inoxidable o con recubrimiento idóneo para uso en contacto con alimentos, que estará provista de un sistema de agitación del agua para facilitar la completa eliminación de cualquier resto que pueda permanecer adherido a la superficie de las semillas, así como de un sistema para su recirculación y reutilización.

5

Del mismo modo, se instalará una planta enfriadora de agua, puesto que será necesario que la disolución empleada en la balsa de lavado (3) se encuentre a una temperatura entre 0 y 16°C. Dicha balsa dispondrá a su vez de una toma de agua potable para su llenado y un sistema de vaciado al desagüe, además de los sistemas necesarios para aplicar el sistema de desinfección diseñado para este fin. La desinfección se efectuará por la aplicación de un agente desinfectante y a las dosis antes citadas, que será cualquiera de los descritos anteriormente.

10

Para evitar las molestias y los peligros que, en caso de emplear el cloro o sus generadores puedan liberarlo en estado gaseoso al ambiente, llegue a tener sobre las/os operarias/os que trabajen cercanos a esta balsa de lavado, se instalará sobre ella una campana de protección (construida en material plástico transparente, tipo metacrilato o policarbonato, para que actúe a modo de tapadera). Dicha protección quedará dispuesta en la superficie de la balsa de lavado y desinfección (3) de manera que impida que el cloro gaseoso se disperse por la sala de procesado. Igualmente, para asegurar este fin, se dispondrá de un sistema de extracción y renovación del aire de la superficie de la balsa, que asegure la extracción del cloro gas de la misma y lo conduzca al exterior de la nave de procesado. Estas medidas no eliminarán la necesidad de que, a su vez, las/os operarias/os dispongan de los sistemas de protección individual adecuados a este tipo de procesado (gafas, guantes, batas, mascarillas, cubre-cabello y gorra).

15

20

25

Una vez finalizado el lavado – desinfección (3) de las semillas (con una duración de entre 10 segundos y 12 minutos) éstas salen de la balsa de lavado (3) por medio de una cinta transportadora construida con material plástico de uso alimentario debidamente perforada o tamizada y provista de pequeñas paletas para facilitar el avance del producto, con una anchura de entre 0,2 y 1 m.

30

Dicha cinta de transporte conducirá a las semillas hasta el depósito de enjuagado (4) que estará construido con acero inoxidable y tendrá unas dimensiones similares a las del depósito de lavado (3). El depósito de enjuagado (4) se alimentará con agua potable

35

ES 2 412 959 B1

desprovista de desinfectante, se mantendrá a una temperatura entre 0 y 16°C y dispondrá a su vez de un sistema de vaciado al desagüe. Su finalidad esencial es la de eliminar los restos de aditivos químicos empleados en la etapa anterior. El tiempo de permanencia de las semillas en este depósito será de entre 30 segundos y 5 minutos.

5

Al igual que sucedía en la etapa anterior, las semillas salen del tanque en una cinta transportadora similar a la anteriormente descrita, en la que también se va efectuando un escurrido. Para eliminar mayor cantidad de agua en un corto periodo de tiempo, se incorporará por la parte superior y/o inferior de ésta cinta, un sistema de refrigeración por

aire forzado o escurrido y secado por aire frío (6) que pasará a través de la/s batería/as de uno o varios evaporadores frigoríficos, mediante el uso de ventiladores adecuados.

10

Alternativamente se pueden emplear solo ventiladores que impulsen el aire frío de la "sala limpia". Alternativamente también se puede emplear combinaciones de aire caliente y frío, así como cualquier otro sistema de producción de frío, como nitrógeno líquido o dióxido de carbono líquido o sólido. Con este equipamiento se efectuará un secado superficial de las semillas escurridas y, de otra, se reducirá su temperatura previamente al envasado hasta un rango comprendido entre -1°C y 10°C.

15

Previo al secado-enfriado (6), en el caso de que alguna variedad utilizada en el procesado sea muy susceptible al pardeamiento se realizará un tratamiento térmico a base de vapor (5) de agua a temperaturas comprendidas entre 100 y 120°C, y aplicado en un rango entre 15 segundos y 2 minutos. El principal objetivo será la inactivación de la enzima polifenol oxidasa (PPO) para evitar pardeamientos de las semillas durante la conservación.

Igualmente, por las temperaturas que se alcanzan se producirá una esterilización de la superficie del producto. Eventualmente este tratamiento se podrá usar para efectuar un pelado al vapor de las semillas del haba o de guisante, con lo que el producto se presentará desprovisto de su envoltura natural o pelado.

20

Las estaciones de prelavado (2), lavado – desinfección (3), enjuagado (4) y secado (6) constituyen la zona limpia (200) de la instalación. Para ello, las semillas se conducirán por el sistema de hidrotransporte antes descrito hasta un depósito construido en acero inoxidable de dimensiones entre 0,5 y 2,5 m de ancho y entre 1 y 5 m de largo y entre 1 y 3 m de alto, donde se realizará esencialmente el prelavado (2). Incorporará una banda transportadora de material idóneo para uso alimentario, tamizado, que se sumergirá en su interior y al final

30

35

ES 2 412 959 B1

saldrá del mismo mediante una zona de transporte y elevación que conducirá las semillas hasta la balsa de lavado. La banda transportadora estará accionada por un electromotor cuya potencia será de entre 0,5 y 1,5 CV y estará provista de un variador de velocidad para regular el flujo de proceso.

5

La balsa de lavado-desinfección (3) se fabricará en acero inoxidable e incorporará una banda transportadora construida con material plástico adecuado al uso alimentario, tamizado, que se sumergirá en su interior y al final saldrá de la misma mediante una zona de transporte y elevación que conducirá las semillas hasta la balsa de enjuague. Dispondrá de un sistema de burbujeo por aire comprimido y chorros de agua de recirculación a presión, impulsados por boquillas adecuadas de acero inoxidable. Igualmente podrá contar con algún sistema alternativo o combinado de arrastre del producto.

10

La balsa de lavado-desinfección (2) dispondrá de una campana construida en metacrilato o policarbonato, montada en su parte superior, y un extractor para eliminar el aire con cloro gaseoso de esta etapa. La balsa llevará incorporada los equipos dosificadores, medidores de pH y conductos necesarios para la adición al mismo del hipoclorito sódico o cálcico o potásico necesario para la desinfección, así como el ácido orgánico necesario para obtener el rango de pH en su nivel óptimo. Alternativamente estará dotada para mantener la adecuada dosificación de los desinfectantes y aditivos anteriormente señalados como utilizables en este procesado.

15

20

También estará dotado de un sistema para recircular el agua al conducto de prelavado y poder a su vez incorporar a este depósito el agua de la siguiente etapa (la de enjuagado), para reducir así tanto el consumo de agua como el de energía. El diseño será higiénico, permitiendo un fácil acceso para su mantenimiento y limpieza, por lo que estará elevado sobre el suelo entre 30 y 40 cm con soportes contruidos en acero inoxidable, por lo que puede considerarse como diseño. Además llevará incorporado protecciones en acero inoxidable en las esquinas, que serán redondeadas para evitar la acumulación de posibles restos de materia orgánica. El tiempo de permanencia en su interior será variable, con una duración de entre 30 segundos y 5 minutos, en función de la contaminación inicial del haba y otros parámetros del proceso, lo que se ajustará mediante el variador de velocidad incorporado al motor de accionamiento de la banda transportadora.

25

30

Características:

35

ES 2 412 959 B1

El fundamento del interés por parte de los proponentes de la presente patente es procurar una alternativa de preparación industrial de las habas y guisantes que actualmente solo se destinan al consumo en fresco o al industrial tras su transformación y elaboración, en mayor o menor medida, por un procesado térmico.

5

El interés del procesado mínimo en fresco que aquí se propone reside en que existe una apreciable demanda de los consumidores, ya que dichos productos no se comercializan bajo este formato, existiendo un nicho de mercado que se pretende cubrir con la tecnología derivada del presente Informe. Hasta la fecha no se han llevado a cabo estudios sistemáticos acerca del procesado óptimo de las habas y del guisante en sus respectivas vainas, para obtener sus semillas y elaborarlas bajo un formato listas para consumir. Sin embargo, de manera generalizada, el consumo de productos mínimamente procesados en fresco está creciendo a unos ritmos extraordinarios, muy superiores a los de cualquier otro tipo de alimento, tanto en España como en el resto de países industrializados o en desarrollo, y presenta un interés técnico, económico y comercial de primer orden.

15

Hay que tener en cuenta que, a pesar de que existen otros sistemas para conservar productos vegetales y que podían parecer estar relacionados con la presente invención, la realidad es que actualmente no se encuentra en el mercado ni se ha descrito ningún procedimiento para elaborar y conservar las semillas de haba y de guisantes para consumo directo en fresco.

20

El problema técnico a resolver por la presente invención se relaciona con que las vainas de habas que llegan a la industria para su elaboración, se deben prerrefrigerar por agua fría o por aire frío forzado en el menor tiempo posible hasta una temperatura entre -1,5 y +12°C en instalaciones idóneas y con potencias frigoríficas adecuadas de la industria especializada en tal fin. Ello supone que es necesario bajar rápidamente la temperatura de las vainas que vengan del campo para disminuir drásticamente su actividad fisiológica (las tasas respiratoria, de emisión orgánica volátil -incluyendo etileno y aromas- y de emisión de vapor de agua por transpiración) y, por tanto, mantener la calidad inicial y prolongar su vida útil con la mayor calidad final posible. Además, es necesario que la vaina de haba esté lo suficientemente acondicionada a una temperatura relativamente baja para que las correspondientes semillas sufran el menor daño posible en su posterior procesado mínimo, ya que una temperatura demasiado alta presentaría una mayor sensibilidad a alteraciones por daños mecánicos, fisiológicas y por podredumbres. De este modo se reduce igualmente

25

30

35

5. CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES GENERALES

Como resultado de las experiencias realizadas en la presente Tesis Doctoral y que han quedado expuestas, se han alcanzado las siguientes conclusiones generales:

- Los tres cvs. de haba estudiados de la variedad Muchamiel, Palenca, Granulla y Valencia, presentan una muy elevada actividad respiratoria de sus semillas, lo que limita la elección de los polímeros utilizables para su óptimo envasado a aquellos que tengan una elevada permeabilidad a los gases de interés fisiológico CO_2 y O_2 .
- Para la elaboración industrial de las semillas de haba como producto mínimamente procesado en fresco, es imprescindible aplicar un desinfectante durante el proceso de lavado que, además, cumpla una función antipardeante. De entre los agentes desinfectantes ensayados, la aplicación del tratamiento convencional en este tipo de industrias consistente en 100 ppm de NaClO a $\text{pH} \cong 6,5$ ofreció un buen resultado.
- El NaClO , además del esperado efecto desinfectante proporcionó un ligero efecto blanqueante en las semillas que, sin afectar su calidad visual, permitió controlar el pardeamiento.
- Como posibles alternativas al empleo del NaClO , se han mostrado el dióxido de cloro en una concentración de 4 ppm y el ácido isoascórbico a 0,05 mol/L, que presentaron resultados muy prometedores
- La temperatura recomendable de conservación fue como máximo 5°C , aunque podría soportar ligeras rupturas de la cadena de frío llegando hasta 8°C sin dañar en exceso la calidad de las semillas.

- La composición gaseosa que se considera idónea en el envasado en atmósfera modificada de las semillas de habas mínimamente procesadas en fresco se encontró en el rango 2-5 kPa O₂ y 20-22 kPa CO₂.
- Para generar y estabilizar este rango de atmósferas idóneas las películas comerciales de polipropileno biorientado tipo PPlus 160 y 210, con 35 µm de espesor, han proporcionado un buen resultado.
- Los parámetros físico-químicos de firmeza, SST, pH y AT no sufrieron modificaciones importantes durante la vida útil del producto en el curso de las experiencias llevadas a cabo.
- En las citadas condiciones de proceso optimizadas, los conteos microbianos de enterobacterias y aerobios mesófilos se encontraron por debajo de las exigencias en la legislación entonces vigente de 7 log ufc g⁻¹ en la fecha de su caducidad y de 5 log ufc g⁻¹ en el día de procesado. Igualmente se comprobó la ausencia de las bacterias patógenas *Salmonella* sp, *Escherichia coli* y *L. monocytogenes* tanto en el día de proceso como en el de caducidad.
- La evaluación sensorial de las habas mínimamente procesadas en fresco bajo las condiciones antes expuestas fue aceptable comercialmente transcurridos 8 días a 5°C.
- Como consecuencia de la evolución de los parámetros físico-químicos, de los recuentos microbiológicos y de la evaluación sensorial, siguiendo el proceso de elaboración optimizado, la vida comercial de las semillas de haba mínimamente procesada en fresco con garantía de calidad y seguridad alimentaria se ha establecido en 8 días a 5°C.

- El proceso de elaboración aquí optimizado ha sido objeto de una patente de invención, la nº 2 412 959 “Método industrial para el procesado mínimo en fresco de habas y de guisantes y planta de procesado”.
- La transferencia de tecnología a la empresa sobre el procesado mínimo en fresco de las semillas de haba se realizó con éxito y se ha estado comercializando en toda España a través de la cadena de MERCADONA S.A.

6. BIBLIOGRAFÍA

6. BIBLIOGRAFÍA

- El Mubarak Ali, A., El Amin Ahmed, G. E., & El Hardallou, E. K. B. 1982. Faba beans and their role in diets in Sudan. En: G. Hawtin & C. Webb (Eds.), Faba Bean Improvement: Proceedings of the Faba Bean Conference held in Cairo, Egypt, March 7--11, 1981 (pp. 317–318). Dordrecht: Springer Netherlands. http://doi.org/10.1007/978-94-009-7499-9_33
- Allende, A., Aguayo, E., Artés, F. 2004. Quality of commercial fresh processed red lettuce throughout the production chain and shelf life. *Int. J. Food Microbiol.* 91: 109-117.
- Allende, A., Artés, F. 2003. Combined ultraviolet-C and modified atmosphere packaging treatments for reducing microbial growth of fresh processed lettuce. *Lebensm. Wissen. und-Technol.* 36: 779-786.
- Artés, F., Artés-Hernández, F. 2012. Innovaciones en técnicas de procesado para facilitar el consumo de hortalizas y frutas. *CTC. Revista de Agroalimentación e Industrias afines.* Nº51. 9-15.
- Artés, F., Artés-Hernández, F. 2003. Etapas decisivas y diseño de instalaciones para la elaboración de productos procesados en fresco.
- Artés, F., Gómez, P.A., Tomás-Callejas, A., Artés-Hernández, F. 2011. Fresh-cut fruit and vegetables: New trends, methods and impacts. En: J. M. McMann (Ed.), *Potable Water and Sanitation* Hauppauge. New York, USA: Nova Science Publishers. 1–36.
- Artés, F. 2000. Productos vegetales procesados en fresco. En: Lamúa, M. (Ed.).

- Aplicación del frío a los alimentos. Madrid Eds., Madrid, España. 5: 127 - 141.
- Artés, F. 1976. Estudio y aplicación de membranas de polímeros para generar y estabilizar atmósferas modificadas. Tesis Doctoral. Univ. Politécnica de Valencia, Valencia. 249 p.
- Artés, F., Allende, A., 2005. Processing lines and alternative preservation techniques to prolong shelf-life of minimally fresh processed leafy vegetables. *Europ. J. Hort. Sci.* 70 (5), 231-245.
- Artés, F., Artés-Hernández, F. 2000. Innovaciones industriales en el procesado mínimo de frutas y hortalizas. *CTC. Agroalimentación e Industrias Afines.* 7: 29-33.
- Artés, F., Artés-Hernández, F. 2003. Etapas decisivas y diseño de instalaciones para la elaboración de productos procesados en fresco. En: *Productos Hortofrutícolas Mínimamente Procesados*. Lobo M.G. y González M. (Eds). ISBN: 84-606-3514-7. p: 57-78.
- Artés, F., Artés-Hernández, F. 2010. Tecnología de productos mínimamente procesados en fresco. En: *Manejo postcosecha de productos hortofrutícolas*. Eds: C. Saucedo-Veloz y A.E Becerril-Román. Edit. Colegio Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. Cap. 9. 243 pp.
- Artés, F., Castañer, M., Gil, M.I. 1998. Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. *Food Sci. Tech. Int.* 4(6): 377-389.
- Artés, F., Gómez, P.A., Aguayo, E., Escalona, V.H., Artés-Hernández F. 2009. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant

commodities. *Postharvest Biol. Technol.* 51, 287–296.

Artés, F., Martínez, J.A. y Marín, J.G. 1999. Quality changes in minimally processed 'Romaine' lettuce as affected by several treatments. En: *Agri-Food Quality II. Quality management of fruits and vegetables*. Edit. The Royal Society of Chemistry. London. 115-118.

Artés-Hernández F., Artés F. 2005. Concepción y ejecución de instalaciones industriales para el procesado mínimo en fresco de productos vegetales. En: *Nuevas tecnologías de conservación de productos vegetales frescos cortados*. Editores: G. González-Aguilar, A.A. Gardea y F. Cuamea-Navarro. Editorial: CIAD-CYTED-CONACYT. ISBN 968-5862-060. Guadalajara, Jalisco, México. Capítulo 25. 456-472.

Artés-Hernández, F., Conesa, A., Artés, F. 2006. Elaboración de pimiento mínimamente procesado en fresco. En: *Compendios de horticultura. Pimientos*. Ediciones de Horticultura S.L. Reus (España). Coordinado por Alicia Namesny. Capítulo 11: 147-154.

Astiasaran, I; Martínez, J. 2003. Leguminosas. En: *Alimentos. Composición y Propiedades*. Mc Graw Hill-Interamericana de España, 155-169.

Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, B., Sánchez, R. 2001. Maduración y germinación de las semillas. En: *Fisiología Vegetal*, Luca de Tena J.I. (Ed.), Ediciones Pirámide, España, 477-503.

Bond, D.A., Lawes, D.A., Hawtin, G.C., Saxena, M.C., Stephens, J.S. 1985. Faba bean (*Vicia faba* L.). En: *Summerfield, R.J., Roberts, E.H (eds.). Grain Legume Crops*. William Collins Sons Co. Ltd. 8 Grafton Street, London, W1X 3LA, UK, p.199-265.

- Bovey, R. 1971. La defensa de las plantas cultivadas. Omega. Lausanne. 881.
- Brackett, R.E. 1994. Microbiological spoilage and pathogens in minimally processed fruits and vegetables. En: Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Ed. R.C. Wiley. Edit. Chapman and Hall. NY. Chap. 7, 269-312.
- Castañer, M., Gil, M.I., Ruiz, V., Artés, F. 1999. Browning susceptibility in minimally processed 'Baby and 'Romaine' lettuce. Eur. Food Res. Technol. 209: 52-56.
- Chuang, Shu-Chun; Norat, Teresa; Murphy, Neil; Olsen, Anja; Tjønneland, Anne. 2012. Fiber intake and total and cause-specific mortality in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition cohort. Amer. J. Clinical Nutr. 96 (1) p. 164-74.
- Collado, E., Artés-Hernández, F., Navarro, L., Artés, F., Aguayo, E., Fernández, J.A., Gómez, P.A. 2016. Overall quality of minimally processed pea seeds. En: Proc. III ISHS International Conference on Fresh-cut Produce. University of California, Davis, California, USA. Eds: M. Cantwell. Edit: ISSH. Acta Horticulturae 1441. Pags 137-144.
- Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press, N Y, EEUU, 1262 pp.
- Cubero, J.I. 1973. Evolutionary trends in *Vicia faba*. Theoretical and Applied Genetics. 43:59-65.
- Duc, G., Marget, P., Esnault, R., Le Guen, J., Bastianelli, D. 1999. Genetic variability for feeding value of faba bean seeds (*Vicia faba*): Comparative chemical composition of isogenics involving zero-tannin and zero-vicine genes. J. Agric. Sci., 133 (2): 185-196.

- Estadística Agraria Regional. 2015. Consejería de Agricultura, Ganadería y Pesca. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia.
- Everard, B. 1982. Guía de campo de las flores de Europa. Ediciones Omega, S.A., Casanova, 220. Barcelona, España, 545-547.
- FAO. 2004. Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/ UNU Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Technical Paper Series Nº1. Rome.
- Gil, M. I., Selma, M. V., López-Gálvez, F., Allende, A. 2009. Fresh-cut product sanitation and wash water disinfection: Problems and solutions. *Int. J. Food Microbiol.* 134(1):37-45.
- Hebblethwaite, P.D. 1983. The Faba Bean (*Vicia faba* L.). London, UK, 573 p.
- IARC. 1999a. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human. In Reevaluation of some organic chemicals, hydrazine and hydrogen peroxide. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. (Vol. 71: 1295-1304).
- IARC. 1999b. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to human. In Some chemicals that cause tumours of the kidney or urinary bladder in rodents and some other substances. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. (Vol. 73: 131-182).

- Ibañez, F.C. 2001. Parámetros y medidas en el análisis sensorial. En: F.C. Ibáñez Moya y Y. Barcina (Ed.), Análisis sensorial de alimentos. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica. 49-61.
- Juste, J.A. 1992. Las legumbres en la historia. En: Legumbres, Aguilar S.A. de Ediciones, Madrid, España, 9-21.
- Kadam S.S., Deshpande S.S., Jambhale N.D. 1989. Seed structure and composition. En: Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilitation. Vol. I. Salunkhe, D.K., Kadam, S.S. (Ed.), CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU, 23-50.
- Kadam S.S., Salunkhe D.K. 1989. Milling. En: Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology, and Utilitation. Vol. III. Salunkhe, D.K., Kadam, S.S., (Ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida, EEUU, 121-131.
- Kader, A.A. 2002. Postharvest biology and technology: an overview. En: Postharvest technology of horticultural crops. University of California. Publication 3311. Ed: A.A. Kader. 3rd Edition. 39-47
- Lin, Y.J., Dias, P., Chen, H.Y., Hiltner, A., Baer, E. 2008. Relationship between biaxial orientation and oxygen permeability of polypropylene film. Polymer. 49 (10): 2578-2586.
- MAGRAMA. 2014a. Informe del Consumo de Alimentación en España 2014. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- MAGRAMA. 2014b. Anuario de Estadística. Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente 2014. Madrid 2015.

- MAGRAMA. 2016. Registro de Variedades en España 2015. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Mateo Box, J.M., 1957. Habas de huerta. Instituto de semillas selectas haba. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Hojas divulgadoras 6 – 57 H.
- Mesa, J., García, L. 1984. El control herbicida del Jopo de las habas. Departamento de Protección Vegetal. Servicio de Investigaciones Agrarias. Consejería de Agricultura. Junta de Andalucía. Instituto de Estudios Agrarios Pesqueros y Alimentarios. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Nº13, págs. 16.
- Messiaen, C.M., Blancard, B. Rouxel, F., Lafon, R. 1995. Enfermedades de las hortalizas. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España, 305-320.
- Moreiras O, A Carbajal, L Cabrera, C Cuadrado. 2013. Tablas de composición de alimentos. Guía de prácticas. Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, SA). 456 págs.
- Moreno, M.T. 1983. Las leguminosas de grano: una visión de conjunto. En: Leguminosas de grano. Cubero J.I., Moreno M.T (Ed.). Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, 15-34.
- Nguyen-The, C., Carlin, F. 1994. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. CRC Citr. Rev. Food Sci. Nutr. 34: 371-401.
- ODEPA. 2014. IV Gama, una industria alimentaria en crecimiento. Oficina de Estudios de Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura de Chile.

Otto, W. 1885. Flora von Deutschland Österreich und der Schweiz. Gera, Alemania.
Vol. 3. Pag.239. Lienzo 448.

Parra, J., Rodríguez, A., Gamayo, J.D., Rodríguez, J.M. 2009. El haba "Muchamiel".
Horticultura Internacional, 32-33.

Parra, J., Rodríguez, J. M., Bartual, J. 2008. Ensayo de cultivares de haba tipo
"Muchamiel" en agricultura ecológica. Seminario de Especialistas en Horticultura,
16:173-180.

Real Decreto 3484/2000. 2001. Normas de higiene para la elaboración, distribución y
comercio de comidas preparadas. Boletín Oficial del Estado. Madrid. 1435-1441.

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios
sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Boletín Oficial del Estado,
21 de febrero de 2003, núm. 45, págs.. 7228-7245.

RD 135/2010. 2010. Real Decreto por el que se derogan disposiciones relativas a los
criterios microbiológicos de los productos alimenticios. BOE. 49, 18297–18299.

Reglamento CE no 1441/2007 de la Comisión, de 5 de diciembre de 2007, que
modifica el Reglamento CE no 2073/2005 relativo a los criterios microbiológicos
aplicables a los productos alimenticios. Diario Oficial de la Unión Europea L 322,
12-29.

Scientific Opinion on Dietary Reference Values for water. 2010. Panel on Dietetic

Products, Nutrition, and Allergies (NDA) European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy EFSA Journal; 8 (3): 1459. 48 pp.

Wansink, B.; Just, D.R., Hanks, A.S., Smith, L.E. 2013. Pre-Sliced Fruit in School Cafeterias. American Journal of Preventive Medicine. 44 (5): 477-480.

Wiley, R. 1994. Definitions of minimally processed refrigerated fruits and vegetables. En: Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. Ed: R.C. Wiley. Edit: Chapman and Hall. NY. Chap. 1, 10-12

7. PUBLICACIONES Y PATENTE DERIVADAS DE LA PRESENTE TESIS DOCTORAL

Publicaciones:

M. Otón, F. Artés y F. Artés-Hernández. 2014 Efecto de agentes desinfectantes alternativos al hipoclorito sódico en la calidad de habas mínimamente procesadas en fresco. En: Actas del III Workshop en Investigación Agroalimentaria. Editores: F. Artés-Hernández, M. Egea-Cortines, A. Palop-Gómez, S. Bañón-Arias, P. Bielza. Editorial: Universidad Politécnica de Cartagena. ISBN: 978-84-697-1358-7. Cartagena, Murcia, España. 58-61.

M. Otón, F. Artés, F. Artés-Hernández. 2016. Optimization of chlorine sanitation to preserve quality of minimally processed *Vicia faba* seeds. En: Proceedings of the 4th Workshop on Agri-Food Research. Editors: F. Artés-Hernández, M. Egea-Cortines, J. Fernández-Hernández, A. Baile, J. Calatrava. Editorial: Universidad Politécnica de Cartagena. ISBN: 978-84-608-5399-2. Cartagena, Murcia, España. Mayo 2015. 51-54. <http://hdl.handle.net/10317/5290>

M. Otón, F. Artés, F. Artés-Hernández. 2017. Antibrowning washing agents effect to preserve quality of minimally processed *Vicia faba* seeds. En: Proceedings of the 5th Workshop on Agri-Food Research WiA-16. Editores: F. Artés-Hernández, J.A. Fernández-Hernández, J. Calatrava, E. Aguayo, J.J. Alarcón, J.E. Cos. Editorial: CRAI Biblioteca, Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia, España. ISBN: 978-84-16325-29-0. 40-43. 223 pp. <http://hdl.handle.net/10317/5558>

Patente

- Patente nº ES 2 412 959 B1. “Método industrial para el procesado mínimo en fresco de habas y de guisantes y planta de procesado”. Año de concesión 2014. Inventores: Artés Calero, Francisco; Artés Hernández, Francisco De Asís; Otón Alcaraz, Mariano. Grupo de Postrecolección y Refrigeración y del Instituto de Biotecnología Vegetal de la Universidad Politécnica de Cartagena.