

ÍNDICE DE CONTENIDOS

JUSTIFICACIÓN E INTERÉS DEL ESTUDIO	1
I.INTRODUCCIÓN	3
1.FRUTAS MÍNIMAMENTE PROCESADAS (FMP)	5
1.1.Importancia económica del sector	6
1.2.Procesos degradativos	7
1.3.Respiración de los productos cortados	9
2.TÉCNICAS PARA AUMENTAR LA VIDA ÚTIL DE LAS FMP	11
2.1.Envasado en atmósfera modificada (MAP)	11
2.2.Tratamientos protectores de la textura	13
2.3.Lavado con diferentes agentes antipardeantes	15
2.4.Tratamientos desinfectantes	18
2.4.1.Cloro	18
2.4.2.Ácidos orgánicos	20
2.4.3.Soluciones a base de calcio	21
2.4.4.Peróxido de hidrógeno	21
2.4.5.Ozono	22
3.ACEITES ESENCIALES	24
3.1.Actividad antimicrobiana de los aceites esenciales y/o de sus componentes	25
3.2.Actividad antioxidante de los aceites esenciales y/o de sus componentes	29
3.3.Efectos organolépticos de los aceites esenciales y/o de sus componentes	30

II.OBJETIVOS Y PLAN DE TRABAJO	33
1.OBJETIVOS	35
1.1.Objetivo general	35
1.2.Objetivos específicos	35
1.2.1.Objetivos específicos en caqui	35
1.2.2.Objetivos específicos en melón	37
2.PLAN DE TRABAJO	38
III.ESTUDIOS EN CAQUI	43
1.INTRODUCCIÓN	45
2.MATERIALES Y MÉTODOS	48
2.1.Materias primas	48
2.1.1.Caqui	48
2.1.2.Aceites esenciales	48
2.2.Preparacion de las muestras	48
2.3.Tratamientos	49
2.3.1.Estudio del metabolismo respiratorio en función de la modificación de la atmósfera del espacio de cabeza y de la aplicación de lactato cálcico	50
2.3.2.Modelización del comportamiento respiratorio del caqui mínimamente procesado en función de la temperatura y del tipo de corte geométrico	51
2.3.3.Estudio de la incorporación del aceite esencial en el caqui mínimamente procesado	51
2.4.Análisis composicional	52
2.4.1.Humedad	52
2.4.2.Sólidos solubles	53

2.4.3.Actividad de agua	54
2.4.4.pH	54
2.4.5.Acidez titulable	54
2.5.Determinación de componentes con actividad antioxidante	55
2.5.1.Capacidad antioxidante	55
2.5.2.Fenoles totales	56
2.6.Determinación de la tasa respiratoria	57
2.7.Modelización del comportamiento respiratorio	58
2.7.1.Modelo I	58
2.7.2.Modelo II	59
2.8.Evolución de gases en el espacio de cabeza en envases semipermeables	60
2.9.Propiedades ópticas	62
2.10.Propiedades mecánicas	63
2.11.Análisis microbiológico	64
2.12.Análisis estadístico	66
3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
3.1.Estudio del metabolismo respiratorio en función de la modificación de la atmósfera del espacio de cabeza y de la aplicación de lactato cálcico como agente de lavado	68
3.1.1.Estudio de las propiedades composicionales	68
3.1.2.Efecto de la concentración de CO ₂ en el espacio de cabeza y de la aplicación de agentes de lavado sobre el metabolismo respiratorio	72
3.1.3.Estudio de las propiedades ópticas	74
3.1.4.Estudio de las propiedades mecánicas	77
3.2.Modelización del comportamiento respiratorio del caqui	

persimon “Rojo Brillante” en función de la temperatura y del tipo de corte geométrico	80
3.2.1.Estimación de parámetros: Modelo I	82
3.2.2.Estimación de parámetros: Modelo II	87
3.2.3.Verificación del modelo	90
3.3.Influencia de la aplicación del aceite esencial de limón y tomillo en caqui mínimamente procesado	94
3.3.1.Influencia de la incorporación del aceite esencial directamente en el envase	94
3.3.1.1.Evolución de las características composicionales	96
3.3.1.2.Análisis de la capacidad actividad antioxidante y de los fenoles totales	97
3.3.1.3.Evolución de la atmósfera en el interior del envase	101
3.3.1.4.Evolución de las propiedades ópticas	106
3.3.1.5.Evolución de las propiedades mecánicas	111
3.3.1.6.Análisis microbiológico	113
3.3.2.Influencia de la incorporación del aceite esencial en el agua de lavado	116
3.3.2.1.Evolución del análisis composicional	117
3.3.2.2.Evolución del análisis de la capacidad actividad antioxidante y de los fenoles totales	118
3.3.2.3.Evolución de la atmósfera en el interior del envase	121
3.3.2.4.Evolución de las propiedades ópticas	124
3.3.2.5.Evolución de las propiedades mecánicas	127

3.3.2.6.Análisis microbiológico	129
IV.ESTUDIOS EN MELÓN	133
1.INTRODUCCIÓN	135
2.MATERIALES Y MÉTODOS	138
2.1.Materias primas	138
2.1.1.Melón	138
2.1.2.Aceites esenciales	138
2.2.Preparación de muestras	138
2.3.Tratamientos	139
2.4.Análisis composicional	140
2.5.Modelización del comportamiento respiratorio	140
2.6.Evolución del espacio de cabeza	141
2.7.Propiedades ópticas	142
2.8.Propiedades mecánicas	142
2.9.Análisis microbiológico	143
2.10.Análisis estadístico	143
3.RESULTADOS Y DISCUSIÓN	144
3.1.Modelización del comportamiento respiratorio del melón “Piel de Sapo” en función de la temperatura	144
3.1.1.Estimación de parámetros: Modelo I	146
3.1.2.Estimación de parámetros: Modelo II	149
3.1.3.Verificación del modelo	152
3.2.Influencia de la aplicación de aceite esencial en la operación de lavado en el melón mínimamente procesado	155
3.2.1.Evolución de las características composicionales	155
3.2.2.Evolución de la atmósfera en el interior del envase	160

3.2.3.Evolución de las características ópticas	166
3.2.4.Evolución de las propiedades mecánicas	171
3.2.5.Análisis microbiológico	175
V.CONCLUSIONES	181
1.Conclusiones de los estudios en caqui	183
2.Conclusiones de los estudios en melón	187
VI.BIBLIOGRAFÍA CITADA	189

ÍNDICE DE FIGURAS

III. ESTUDIOS EN CAQUI

Figura III.1. Tasas respiratorias en términos de consumo de O₂ (A) y emisión de CO₂ (B) para cada uno de los tratamientos aplicados y concentración de CO₂ empleado en el espacio de cabeza. 72

Figura III.2. Representación de los planos cromáticos (L*-a*) [A] y (b*-a*) [B] de las rodajas de caqui con diferentes concentraciones de CO₂ en el espacio de cabeza y diferentes tratamientos de lavado. Los símbolos oscuros corresponden a los valores de las coordenadas de las muestras iniciales. 76

Figura III.3. Diferencias de color de las rodajas de caqui con diferentes concentraciones de CO₂ en el espacio de cabeza y diferentes tratamientos de lavado. 77

Figura III.4. Propiedades mecánicas de las rodajas de caqui con diferentes concentraciones de CO₂ en el espacio de cabeza y diferentes

tratamientos de lavado al inicio y fin del ensayo.	79
Figura III.5. Variación de la concentración de gases en el espacio de cabeza de las muestras de caqui cortadas en cubos a lo largo del tiempo de almacenamiento y en función de la temperatura.	81
Figura III.6. Tasas respiratorias en términos de consumo de O ₂ (A) y emisión de CO ₂ (B) junto con el coeficiente respiratorio (C) en función de las temperaturas empleadas y según del tipo geométrico de corte. La línea discontinua en la figura C indica CR=1 como referencia del cambio metabólico en la respiración del producto.	83
Figura III.7. Ajuste de la ecuación linealizada de Arrhenius según del tipo geométrico de corte para modelo I.	85
Figura III.8. Forma linealizada de la ecuación de Arrhenius de los coeficientes a y b para las láminas de caqui. A y B: coeficientes en términos de consumo de O ₂ , C y D: coeficientes en términos de emisión de CO ₂ .	89
Figura III.9. Forma linealizada de la ecuación de Arrhenius de los coeficientes a y b para los cubos de caqui. A y B: coeficientes en términos de consumo de O ₂ , C y D: coeficientes en términos de emisión de CO ₂ .	89
Figura III.10. Comparación de las tasas respiratorias experimental y predicha realizada a 7 °C para cada uno de los tipos geométricos de corte con el modelo II.	93
Figura III.11. Evolución del contenido en humedad (A) y sólidos solubles (B) de las muestras caqui cortado con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) incorporado directamente en el envase a lo largo del almacenamiento. La línea discontinúa representa la evolución del control.	96

Figura III.12. Evolución del pH de las muestras caqui cortado con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) incorporado directamente en el envase a lo largo del almacenamiento. La línea discontinúa representa la evolución del control. 97

Figura III.13. Evolución del % de DPPH inhibido (A) y contenido en fenoles totales (B) expresado en mg de equivalentes de ácido gálico de las muestras caqui cortado con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) incorporado directamente en el envase a lo largo del almacenamiento. La línea discontinúa representa la evolución del control. 98

Figura III.14. Ejemplo de la evolución de gases (%O₂ y %CO₂) con respecto al tiempo de almacenamiento de las muestras de caqui mínimamente procesado con aceite esencial de tomillo (AET) incorporado en el envase (B, C y D) junto a su control (A). 103

Figura III.15. Ejemplo de la evolución de gases (%O₂ y %CO₂) con respecto al tiempo de almacenamiento de las muestras de caqui mínimamente procesado con aceite esencial de limón (AEL) incorporado en el envase (B, C y D) junto a su control (A). 104

Figura III. 16. Evolución de la luminosidad (L*) de las muestras caqui cortado con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) incorporado directamente en el envase a lo largo del almacenamiento. La línea discontinúa representa la evolución del control. 107

Figura III.17. Evolución de las coordenadas a* (A) y b* (B) de las muestras caqui cortado con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) incorporado directamente en el envase a lo largo del almacenamiento. La línea discontinúa representa la evolución del

control.	109
Figura III.18. Evolución del tono (h^*) y del croma (C^*) de las muestras caqui cortado con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) incorporado directamente en el envase a lo largo del almacenamiento. La línea discontinúa representa la evolución del control.	111
Figura III.19. Evolución de la fuerza (F) máxima expresada en Newton (N) y de la distancia (d) a la cual se produce la misma expresada en milímetros (mm) de las muestras caqui cortado con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) incorporado directamente en el envase a lo largo del almacenamiento. La línea discontinúa representa la evolución del control.	112
Figura III.20. Evolución del crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos de las muestras caqui cortado con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) incorporado directamente en el envase a lo largo del almacenamiento. La línea discontinúa representa la evolución del control.	113
Figura III.21. Evolución del contenido en humedad (A) y sólidos solubles (B) de las muestras lavadas con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) a lo largo del almacenamiento. Las línea discontinúas representan los valores de las condiciones iniciales de la materia prima.	117
Figura III.22. Evolución del pH de las muestras lavadas con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) frente a las lavadas con agua a lo largo del almacenamiento. La línea discontinúa representa el valor inicial de pH de la materia prima.	118
Figura III.23. Evolución del % de inhibición de DPPH (A) y fenoles totales	

(B) expresados como miligramos de equivalentes de ácido málico por 100 gramos de muestra, de las muestras lavadas con aceite esencial de tomillo (AET) y aceite esencial de limón (AEL) frente a las lavadas con agua a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas indica los valores de las condiciones iniciales de la materia prima.	120
Figura III.24. Ejemplos de la evolución de gases (%O ₂ y %CO ₂) con respecto al tiempo de almacenamiento de las muestras de caqui mínimamente procesado lavadas con agua (A) y aceite esencial de tomillo (AET: B y C) y de limón (AEL: D y E).	122
Figura III.25. Evolución de la luminosidad de las muestras de caqui mínimamente procesado lavadas con agua y aceite esencial de tomillo (AET) y de limón (AEL) a lo largo del almacenamiento.	124
Figura III.26. Evolución de las coordenadas a* (A) y b* (B) de las muestras de caqui mínimamente procesado lavadas con agua y aceite esencial de tomillo (AET) y de limón (AEL) a lo largo del almacenamiento. La figura C representa el diagrama cromático b*-a* de las muestras lavadas con agua y con los aceites esenciales en el día de su elaboración y al final del almacenamiento, así como la materia prima sin tratar.	125
Figura III.27. Evolución del tono (A) y croma (B) de las muestras de caqui mínimamente procesado lavadas con agua y aceite esencial de tomillo (AET) y de limón (AEL) a lo largo del almacenamiento.	126
Figura III.28. Evolución de la fuerza máxima (N) y la distancia a la que se produjo la misma (B) de las muestras de caqui mínimamente procesado lavadas con agua y aceite esencial de tomillo (AET) y de limón (AEL) a lo largo del almacenamiento.	127

IV. ESTUDIOS EN MELÓN

Figura IV.1. Porcentaje de producción de melón en la Comunidad Valenciana del año 2010 (adaptación de los datos de la estadística agrícola de la Conselleria d'Agricultura, Pesca, Alimentació i Aigua, 2012).	135
Figura IV.2. Ejemplos de la variación de la concentración de gases en el espacio de cabeza de las muestras de melón cortadas en cubos a lo largo del tiempo de almacenamiento y en función de la temperatura.	145
Figura IV.3. Tasas respiratorias (TR) en términos de consumo de O ₂ y emisión de CO ₂ junto con el coeficiente respiratorio (CR) en función de las temperaturas empleadas. La línea discontinua indica CR=1 como referencia del cambio metabólico en la respiración del producto.	147
Figura IV.4. Ajuste de la ecuación linealizada de Arrhenius para el modelo I, tanto en términos de consumo de O ₂ (A) como de producción de CO ₂ (B).	148
Figura IV.5. Forma linealizada de la ecuación de Arrhenius de los coeficientes a y b para los cubos de melón. A y B: coeficientes en términos de consumo de O ₂ , C y D: coeficientes en términos de emisión de CO ₂ .	151
Figura IV.6. Comparación de las tasas respiratorias de O ₂ y CO ₂ experimentales (exp) y predichas (pred) realizada a 10 °C con el modelo II.	154
Figura IV.7. Evolución de la humedad de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles.	156
Figura IV.8. Evolución del contenido en sólidos solubles de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón	

(AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles. 157

Figura IV.9. Evolución del pH de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles. 158

Figura IV.10. Evolución del porcentaje del DPPH inhibido de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles. 159

Figura IV.11. Ejemplos de la evolución de gases (%O₂ y %CO₂) con respecto al tiempo de almacenamiento de las muestras de melón mínimamente procesado con las distintas concentraciones de aceite esencial de canela (AEC) empleadas (C=100 µL/L, D=250 µL/L, E=500 µL/L y F=1000 µL/L). Las figuras A y B corresponden a los controles no lavado y lavado agua, respectivamente. 161

Figura IV.12. Ejemplos de la evolución de gases (%O₂ y %CO₂) con respecto al tiempo de almacenamiento de las muestras de melón mínimamente procesado con las distintas concentraciones de aceite esencial de limón (AEL) empleadas (C=100 µL/L, D=250 µL/L, E=500 µL/L y F=1000 µL/L). Las figuras A y B corresponden a los controles no lavado y lavado agua, respectivamente. 163

Figura IV.13. Evolución del índice de blancura (IB) de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles. 166

Figura IV.14. Evolución de la luminosidad (L*) de las muestras lavadas

con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles.	167
Figura IV.15. Evolución de la coordenada a* de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles.	170
Figura IV.16. Evolución de la coordenada b* de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles.	170
Figura IV.17. Evolución de la fuerza (F) máxima expresada en newton (N) de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles.	172
Figura IV.18. Evolución de la distancia expresada en milímetros (mm) de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles.	174
Figura IV.19. Recuento microbiano de microorganismos aerobios mesófilos expresado como logaritmo decimal de las unidades formadoras de colonia por gramo de producto ($\log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$) de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles. La línea continúa roja inferior indica el límite por encima del cual no es satisfactorio y la superior señala y el límite de caducidad según el R.D. 3484/2000.	176

Figura IV.20. Recuento microbiano de mohos y levaduras expresadas como logaritmo decimal de las unidades formadoras de colonia por gramo de producto ($\log \text{UFC}\cdot\text{g}^{-1}$) de las muestras lavadas con aceite esencial de canela (AEC) (A) y aceite esencial de limón (AEL) (B) a lo largo del almacenamiento. Las líneas discontinúas representan la evolución de los controles. La línea roja indica el límite establecido por el RD10/1987. 178

ÍNDICE DE TABLAS

III. ESTUDIOS EN CAQUI

- Tabla III.3.** Valores de acidez titulable (expresada en gramos de ácido málico en 100 gramos de producto) de las rodajas de caqui al inicio y final de cada ensayo en función de cada tratamiento de lavado y porcentaje de CO_2 en el espacio de cabeza. 71
- Tabla III.4.** Valores de luminosidad (L^*) y de las coordenadas cromáticas a^* y b^* en las rodajas de caqui al inicio de cada ensayo antes de ser envasadas en las cámaras de respiración. 74
- Tabla III.5.** Contenido en humedad (x^w), sólidos solubles (x^{ss}) y pH de los lotes de caqui empleados para cada una de las temperaturas empleadas. 80
- Tabla III.6.** Valores de la energía de activación, la constante preexponencial y coeficiente de correlación obtenidos de la ecuación de Arrhenius según el tipo geométrico de corte. 86
- Tabla III.7.** Valores de los coeficientes de regresión (a y b) para el O_2 y CO_2 en función de la temperatura y tipo de corte geométrico. 88

Tabla III.8. Valores de la energía de activación ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$), la constante preexponencial ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) y coeficiente de correlación obtenidos de la ecuación de Arrhenius según del tipo geométrico de corte.	90
Tabla III.9. Tasas respiratorias de O_2 y CO_2 obtenidas a nivel experimental y teórica mediante la aplicación del modelo de Arrhenius a $7\text{ }^\circ\text{C}$.	92
Tabla III.10. Fracción másica de agua (x^w), fracción másica de sólidos solubles (x^{ss}), pH, fenoles totales expresados en mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) y capacidad antioxidante (% DPPH reducido).	95
Tabla III.11. Propiedades ópticas en términos de luminosidad (L^*) y coordenadas a^* y b^* y propiedades mecánicas en términos de fuerza (F) máxima expresada en Newton (N) y distancia (d) a la que se produce la misma expresada en milímetros (mm).	95
Tabla III.12. Velocidad de cambio en la concentración de O_2 (NO_2) y de CO_2 (NCO_2) en el interior del envase y la relación entre ambas (NCO_2/NO_2).	106
Tabla III.13. Fracción másica de agua (x^w), fracción másica de sólidos solubles (x^{ss}), pH, fenoles totales expresados en mg de equivalentes de ácido gálico (GAE) y capacidad antioxidante (% DPPH reducido).	116
Tabla III.14. Velocidad de cambio en la concentración de O (NO_2) y de CO_2 (NCO_2) en el interior del envase y la relación entre ambas (NCO_2/NO_2).	123
Tabla III.15. Recuento de microorganismos aerobios mesófilos de la muestras de caqui lavadas con agua y con aceites esenciales a diferentes concentraciones en el mismo día de fabricación y al final del almacenamiento.	129

IV. ESTUDIOS EN MELÓN

Tabla IV.1. Fracción másica de agua (x^w), fracción másica de sólidos solubles (x^{ss}), pH de los lotes de melón empleados para cada una de las temperaturas.	144
Tabla IV.2. Valores de la energía de activación (E_a), la constante preexponencial (k) y coeficiente de correlación (R^2) obtenidos de la ecuación de Arrhenius.	148
Tabla IV.3. Valores de los coeficientes de regresión (a y b) para el O_2 y CO_2 en función de la temperatura.	150
Tabla IV. 4. Valores de la energía de activación (E_a), la constante preexponencial (k) y coeficiente de correlación (R^2) obtenidos de la ecuación de Arrhenius.	152
Tabla IV.5. Tasas respiratorias de O_2 y CO_2 obtenidas a nivel experimental y teórica mediante la aplicación del modelo de Arrhenius a $10\text{ }^\circ\text{C}$.	153
Tabla IV.6. Velocidad de cambio en la concentración de O_2 (NO_2) y de CO_2 (NCO_2) en el interior del envase y la relación entre ambas (NCO_2/NO_2).	165

