

MOTIVACIÓN E INTERÉS DEL TRABAJO.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	5
I.1. TECNOLOGÍAS POSTCOSECHA.....	7
I.2. RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES.....	12
I.2.1. Definición y propiedades funcionales.....	12
I.2.2. Componentes de los recubrimientos comestibles.....	12
I.2.3. Factores que afectan a la calidad de los frutos recubiertos con recubrimientos comestibles compuestos.....	16
I.2.3.1. Factores que afectan a las propiedades funcionales de las películas comestibles compuestas.....	18
I.2.3.2. Otros factores que afectan a la calidad del fruto recubierto....	30
I.2.4. Investigación desarrollada y aplicación industrial de recubrimientos comestibles en frutas.....	31
II. OBJETIVOS.....	37
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	41
III.1. REACTIVOS UTILIZADOS EN LA PREPARACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES Y DE LAS PELÍCULAS PREFORMADAS EN PLACA.....	43
III.2. PREPARACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES Y DE LAS PELÍCULAS PREFORMADAS EN PLACA.....	43
III.3. APLICACIÓN DE LOS RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN FRUTA.....	44
III.3.1. Efecto del contenido en cera de abeja del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘Angeleno’.....	44
III.3.2. Efecto del tipo y contenido de ácido graso del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘Angeleno’.....	45
III.3.3. Efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en cera de abeja del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘Angeleno’.....	47
III.3.4. Efecto del contenido en cera de abeja y del contenido en sólidos del recubrimiento en la calidad postcosecha de mandarinas ‘Clemenules’....	49
III.3.5. Efecto del tipo y contenido de ácido graso del recubrimiento en la calidad postcosecha de mandarinas ‘Ortanique’.....	50
III.3.6. Efecto del tipo y contenido de plastificante del recubrimiento en la calidad postcosecha de naranjas ‘Valencia’.....	50
III.4. ANÁLISIS.....	52
III.4.1. Análisis de la emulsión y de la película preformada en placa.....	52
III.4.1.1. Viscosidad de la emulsión.....	53
III.4.1.2. Propiedades mecánicas de la película.....	53
III.4.1.3. Permeabilidad al vapor de agua de la película.....	54
III.4.1.4. Espesor de la película.....	55

III.4.2. Análisis de calidad de los frutos.....	55
III.4.2.1. Pérdida de peso.....	55
III.4.2.2. Intensidad respiratoria.....	55
III.4.2.3. Sólidos solubles totales, acidez, e índice de madurez.....	55
III.4.2.4. Contenido de CO ₂ y O ₂ interno.....	56
III.4.2.5. Etanol y acetaldehído en zumo.....	56
III.4.2.6. Firmeza.....	57
III.4.2.7. Desórdenes fisiológicos.....	58
III.4.2.8. Color externo.....	58
III.4.2.9. Índice de desprendimiento del recubrimiento.....	59
III.4.2.10. Evaluación organoléptica.....	59
III.4.2.11. Aspecto externo y brillo del fruto.....	61
III.4.3. Análisis estadístico.....	62
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	63
IV.1.EFECTO DEL CONTENIDO EN CERA DE ABEJA DE LA FORMULACIÓN EN LAS PROPIEDADES DE LAS PELÍCULAS Y EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE CIRUELAS ‘ANGELENO’ RECUBIERTAS.....	65
IV.1.1. Análisis de las emulsiones y de las películas preformadas en placa....	65
IV.1.1.1. Aspecto de las emulsiones y de las películas.....	65
IV.1.1.2. Permeabilidad al vapor de agua de las películas.....	68
IV.1.2. Análisis de calidad de las ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas.....	68
IV.1.2.1. Pérdida de peso.....	68
IV.1.2.2. Intensidad respiratoria.....	70
IV.1.2.3. Sólidos solubles totales, acidez e índice de madurez.....	71
IV.1.2.4. Etanol y acetaldehído en zumo.....	73
IV.1.2.5. Firmeza.....	75
IV.1.2.6. Desórdenes fisiológicos.....	76
IV.1.2.7. Color.....	78
IV.1.2.8. Evaluación organoléptica: ‘flavor’ y textura.....	79
IV.1.2.9. Aspecto externo y brillo del fruto.....	79
IV.1.3. Síntesis de resultados	83
IV.2. EFECTO DEL TIPO Y CONTENIDO DE ÁCIDO GRASO DE LA FORMULACIÓN EN LAS PROPIEDADES DE LAS PELÍCULAS Y EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE CIRUELAS ‘ANGELENO’ RECUBIERTAS.....	85
IV.2.1. Análisis de las emulsiones y de las películas preformadas en placa....	85
IV.2.1.1. Aspecto de las emulsiones y de las películas.....	85
IV.2.1.2. Propiedades mecánicas de las películas.....	88
IV.2.1.3. Permeabilidad al vapor de agua de las películas.....	91
IV.2.2. Análisis de calidad de las ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas.....	94
IV.2.2.1. Pérdida de peso.....	94
IV.2.2.2. Intensidad respiratoria.....	95

IV.2.2.3. Sólidos solubles totales, acidez e índice de madurez.....	95
IV.2.2.4. Contenido de CO ₂ y O ₂ interno.....	95
IV.2.2.5. Etanol y acetaldehído en zumo.....	98
IV.2.2.6. Firmeza.....	98
IV.2.2.7. Desórdenes fisiológicos.....	99
IV.2.2.8. Color.....	101
IV.2.2.9. Evaluación organoléptica: 'flavor' y textura.....	103
IV.2.2.10. Aspecto externo y brillo del fruto.....	105
IV.2.3. Síntesis de resultados.....	107
IV.3. EFECTO DEL TIPO Y CONTENIDO DE PLASTIFICANTE Y DEL CONTENIDO EN CERA DE ABEJA DE LA FORMULACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PELÍCULAS Y EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE CIRUELAS 'ANGELENO' RECUBIERTAS.....	108
IV.3.1. Análisis de las emulsiones y de las películas preformadas en placa....	108
IV.3.1.1. Aspecto de las emulsiones y de las películas.....	108
IV.3.1.2. Propiedades mecánicas de las películas.....	110
IV.3.1.3. Permeabilidad al vapor de agua de las películas.....	113
IV.3.2. Análisis de calidad de las ciruelas 'Angeleno' recubiertas.....	115
IV.3.2.1. Pérdida de peso.....	115
IV.3.2.2. Intensidad respiratoria.....	119
IV.3.2.3. Etanol y acetaldehído en zumo.....	119
IV.3.2.4. Firmeza.....	122
IV.3.2.5. Desórdenes fisiológicos.....	124
IV.3.2.6. Evaluación organoléptica: 'flavor' y textura.....	126
IV.3.2.7. Aspecto externo y brillo del fruto.....	126
IV.3.3. Síntesis de resultados.....	128
IV.4. EFECTO DEL CONTENIDO EN CERA DE ABEJA Y DEL CONTENIDO EN SÓLIDOS DE LA FORMULACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PELÍCULAS Y EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE MANDARINAS 'CLEMENULES' RECUBIERTAS.....	129
IV.4.1. Análisis de las emulsiones y de las películas preformadas en placa....	129
IV.4.1.1. Aspecto de las emulsiones y de las películas.....	129
IV.4.1.2. Permeabilidad al vapor de agua de las películas.....	130
IV.4.2. Análisis de calidad de las mandarinas 'Clemenules' recubiertas.....	131
IV.4.2.1. Pérdida de peso.....	131
IV.4.2.2. Sólidos solubles totales, acidez e índice de madurez.....	134
IV.4.2.3. Contenido de CO ₂ y O ₂ interno.....	134
IV.4.2.4. Etanol y acetaldehído en zumo.....	138
IV.4.2.5. Firmeza.....	140
IV.4.2.6. Desórdenes fisiológicos.....	141
IV.4.2.7. Índice de desprendimiento del recubrimiento.....	142
IV.4.2.8. Evaluación organoléptica: 'flavor' y 'off-flavor'.....	143
IV.4.2.9. Aspecto externo y brillo del fruto.....	145
IV.4.3. Síntesis de resultados.....	148

IV.5. EFECTO DEL TIPO Y CONTENIDO DE ÁCIDO GRASO DE LA FORMULACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PELÍCULAS Y EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE MANDARINAS ‘ORTANIQUE’ RECUBIERTAS.....	149
IV.5.1. Análisis de las emulsiones y de las películas preformadas en placa....	149
IV.5.1.1. Aspecto de las emulsiones y de las películas.....	149
IV.5.1.2. Propiedades mecánicas de las películas.....	149
IV.5.1.3. Permeabilidad al vapor de agua de las películas.....	149
IV.5.2. Análisis de calidad de las mandarinas ‘Ortanique’ recubiertas.....	150
IV.5.2.1. Pérdida de peso.....	150
IV.5.2.2. Sólidos solubles totales, acidez e índice de madurez.....	152
IV.5.2.3. Contenido de CO ₂ y O ₂ interno.....	152
IV.5.2.4. Etanol y acetaldehído en zumo.....	156
IV.5.2.5. Firmeza.....	158
IV.5.2.6. Desórdenes fisiológicos.....	158
IV.5.2.7. Índice de color.....	159
IV.5.2.8. Índice de desprendimiento del recubrimiento.....	159
IV.5.2.9. Evaluación organoléptica: ‘flavor’ y ‘off-flavor’.....	160
IV.5.2.10. Aspecto externo y brillo del fruto.....	163
IV.5.3. Síntesis de resultados.....	163
IV.6. EFECTO DEL TIPO Y CONTENIDO DE PLASTIFICANTE DE LA FORMULACIÓN EN LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS PELÍCULAS Y EN LA CALIDAD POSTCOSECHA DE NARANJAS ‘VALENCIA’ RECUBIERTAS.....	164
IV.6.1. Análisis de las emulsiones y de las películas preformadas en placa...	164
IV.6.1.1. Aspecto de las emulsiones y de las películas.....	164
IV.6.1.2. Permeabilidad al vapor de agua de las películas.....	165
IV.6.2. Análisis de calidad de las naranjas ‘Valencia’ recubiertas.....	166
IV.6.2.1. Pérdida de peso.....	166
IV.6.2.2. Sólidos solubles totales, acidez e índice de madurez.....	168
IV.6.2.3. Contenido de CO ₂ y O ₂ interno.....	168
IV.6.2.4. Etanol y acetaldehído en zumo.....	171
IV.6.2.5. Firmeza.....	173
IV.6.2.6. Desórdenes fisiológicos.....	173
IV.6.2.7. Índice de color.....	173
IV.6.2.8. Índice de desprendimiento del recubrimiento.....	173
IV.6.2.9. Evaluación organoléptica: ‘flavor’ y ‘off-flavor’.....	174
IV.6.2.10. Aspecto externo y brillo del fruto.....	175
IV.6.3. Síntesis de resultados.....	177
V. CONCLUSIONES.....	179
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	185

Tabla I.1.	Ejemplos de aditivos alimentarios utilizados en la formulación de recubrimientos comestibles.....	13
Tabla III.1.	Composición y viscosidad de los recubrimientos aplicados en la experiencia: efecto del contenido en CA del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘Angeleno’.....	45
Tabla III.2.	Características físico-químicas de los AG empleados en la formulación de los recubrimientos aplicados en la experiencia: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘Angeleno’.....	46
Tabla III.3.	Composición de los recubrimientos aplicados en la experiencia: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘Angeleno’.....	46
Tabla III.4.	Características físico-químicas de los plastificantes empleados en la formulación de los recubrimientos aplicados en la experiencia: efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en CA del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘Angeleno’.....	48
Tabla III.5.	Composición y viscosidad de los recubrimientos aplicados en la experiencia: efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en CA del recubrimiento en la calidad postcosecha de ciruelas ‘Angeleno’.....	48
Tabla III.6.	Composición de los recubrimientos aplicados en la experiencia: efecto del contenido en CA y del CS del recubrimiento en la calidad postcosecha de mandarinas ‘Clemenules’.....	49
Tabla III.7.	Características físico-químicas de los plastificantes empleados en la formulación de los recubrimientos aplicados en la experiencia: efecto del tipo y contenido de plastificante del recubrimiento en la calidad postcosecha de naranjas ‘Valencia’.....	51
Tabla III.8.	Composición de los recubrimientos aplicados en la experiencia: efecto del tipo y contenido de plastificante del recubrimiento en la calidad postcosecha de naranjas ‘Valencia’.....	52
Tabla IV.1.	Efecto del contenido en CA de la formulación en la PVA de las películas.....	68
Tabla IV.2.	Pérdida de peso (%) de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA del recubrimiento.....	70
Tabla IV.3.	IR (mL CO ₂ /kg h) de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA del recubrimiento.....	71
Tabla IV.4.	Sólidos solubles totales (°Brix) de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA del recubrimiento.....	72

Tabla IV.5.	Acidez (g ácido málico/100mL zumo)) de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA del recubrimiento...	72
Tabla IV.6.	IM de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA del recubrimiento.....	73
Tabla IV.7.	Efecto del tipo y contenido de AG de la formulación en la PVA de las películas.....	93
Tabla IV.8.	Efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en CA de la formulación en la PVA de las películas.....	115
Tabla IV.9.	Efecto del contenido en CA y del CS de la formulación en la PVA de las películas’.....	131
Tabla IV.10.	Efecto del tipo y contenido de plastificante de la formulación en la PVA de las películas.....	166

Figura I.1.	Factores que afectan a la calidad de los frutos recubiertos con recubrimientos comestibles compuestos.....	17
Figura III.1.	Ficha de cata para el análisis organoléptico de ciruelas.....	60
Figura III.2.	Ficha de cata para el análisis organoléptico de cítricos.....	61
Figura IV.1.	Aspecto de las películas formuladas con (a) 0% de CA, (b) 20% de CA, (c) 40% de CA y (d) 60% de CA.....	67
Figura IV.2.	Etanol y acetaldehído (mg/100 mL) en zumo de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA del recubrimiento.....	74
Figura IV.3.	Firmeza y daños por ‘bleeding’ de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA del recubrimiento.....	77
Figura IV.4.	Tono de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA del recubrimiento.....	78
Figura IV.5.	Aspecto externo y brillo de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA del recubrimiento.....	81
Figura IV.6.	Aspecto de las ciruelas ‘Angeleno’ CSL (a) y recubiertas con la formulación 60%CA (b) tras un almacenamiento de 6 semanas a 1°C + 1 semana a 20°C.....	82
Figura IV.7.	Efecto del tipo y contenido de AG de la formulación en el aspecto de las emulsiones.....	87
Figura IV.8.	Efecto del tipo y contenido de AG de la formulación en el aspecto de las películas.....	88
Figura IV.9.	Efecto del tipo y contenido de AG de la formulación en las propiedades mecánicas de las películas.....	91
Figura IV.10.	CO ₂ y O ₂ interno de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento.....	97
Figura IV.11.	Firmeza de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento.....	99
Figura IV.12.	Daños por ‘bleeding’ de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento....	101
Figura IV.13.	Tono y luminosidad de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento.....	102
Figura IV.14.	Flavor’ y textura de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento.....	104
Figura IV.15.	Aspecto externo y brillo de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento....	106

Figura IV.16.	Efecto del tipo de plastificante en el aspecto de las películas: (a) 20%CA-300G y (b) 20%CA-300M.....	109
Figura IV.17.	Efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en CA de la formulación en las propiedades mecánicas de las películas.....	113
Figura IV.18.	Pérdida de peso (%) de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en CA del recubrimiento.....	118
Figura IV.19.	Etanol y acetaldehído (mg/100 mL) en zumo de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en CA del recubrimiento.....	121
Figura IV.20.	Firmeza de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en CA del recubrimiento.....	123
Figura IV.21.	‘Bleeding’ de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en CA del recubrimiento.....	125
Figura IV.22.	Aspecto externo y brillo de ciruelas ‘Angeleno’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de plastificante y del contenido en CA del recubrimiento.....	127
Figura IV.23.	Pérdida de peso (%) de mandarinas ‘Clemenules’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA y del CS del recubrimiento..	134
Figura IV.24.	CO ₂ y O ₂ interno de mandarinas ‘Clemenules’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA y del CS del recubrimiento..	137
Figura IV.25.	Etanol y acetaldehído (mg/100mL) en zumo de mandarinas ‘Clemenules’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA y del CS del recubrimiento.....	139
Figura IV.26.	Firmeza (% deformación) de mandarinas ‘Clemenules’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA y del CS del recubrimiento.....	141
Figura IV.27.	Índice de desprendimiento de los recubrimientos aplicados a mandarinas ‘Clemenules’: efecto del contenido en CA y del CS del recubrimiento.....	143
Figura IV.28.	‘Off-flavor’ de mandarinas ‘Clemenules’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA y del CS del recubrimiento.....	145
Figura IV.29.	Aspecto externo y brillo de mandarinas ‘Clemenules’ recubiertas y control: efecto del contenido en CA y del CS del recubrimiento.....	146
Figura IV.30.	Aspecto de mandarinas ‘Clemenules’ recubiertas y control tras un almacenamiento de 2 semanas a 5 °C + 1 semana a 20 °C.....	147

Figura IV.31.	Pérdida de peso (%) de mandarinas ‘Ortanique’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento....	152
Figura IV.32.	O ₂ y CO ₂ interno de mandarinas ‘Ortanique’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento....	155
Figura IV.33.	Etanol y acetaldehído (mg/100mL) en zumo de mandarinas ‘Ortanique’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento.....	157
Figura IV.34.	Firmeza (% deformación) de mandarinas ‘Ortanique’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento...	158
Figura IV.35.	Índice de desprendimiento de los recubrimientos aplicados a mandarinas ‘Ortanique’: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento.....	160
Figura IV.36.	‘Flavor’ y ‘Off-flavor’ de mandarinas ‘Ortanique’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de AG del recubrimiento....	162
Figura IV.37.	Pérdida de peso (%) de naranjas ‘Valencia’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de plastificante del recubrimiento.....	168
Figura IV.38.	CO ₂ y O ₂ interno de naranjas ‘Valencia’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de plastificante del recubrimiento.....	170
Figura IV.39.	Etanol y acetaldehído (mg/100mL) en zumo de naranjas ‘Valencia’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de plastificante del recubrimiento.....	172
Figura IV.40.	‘Off-flavor’ de naranjas ‘Valencia’ recubiertas y control: efecto del tipo y contenido de plastificante del recubrimiento.....	175

Índice de Abreviaturas

Å	amstrongs
AC	atmósfera controlada
AE	ácido esteárico
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
AG	ácido graso
AM	atmósfera modificada
ANOVA	análisis de la varianza
AO	ácido oleico
AP	ácido palmítico
ASTM	American Society for Testing and Materials
°Brix	grado brix
b.s.	base seca
°C	grados centígrados
CA	cera de abeja
CI	calentamientos intermitentes
CL	control lavado sin recubrir
CSL	control sin lavar ni recubrir
cm	centímetros
CO ₂	dióxido de carbono
cp	centipoise
CS	contenido en sólidos
%E	porcentaje de elongación máximo
FID	detector de ionización de llama
G	glicerol
h	horas
HPC	hidroxipropilcelulosa
HPMC	hidroxipropilmetilcelulosa
HR	humedad relativa
'HSP'	'heat shock proteins'
IC	índice de color
ID	índice de deterioro
IM	índice de madurez
IR	intensidad respiratoria
I.V.I.A.	Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias
Kg	kilogramos
'LSD'	'least significance difference'
M	manitol
m	metros
MC	metilcelulosa
1-MCP	1-metilciclopropeno
mg	miligramos

Índice de Abreviaturas

min	minutos
mL	militros
MPa	megapascales
N	Newtons
O ₂	oxígeno
P	propilenglicol
Pág	página
Pm	peso molecular
pp	páginas
PVA	permeabilidad al vapor de agua
S	sacarosa
'SERB'	'stem end rind breakdown'
T	tenacidad
TCD	detector de termoconductividad
T _g	temperatura de transición vítrea
TM	tensión de tracción máxima
TR	tensión de tracción a la rotura
UNE	Una Norma Española
Y	módulo de Young