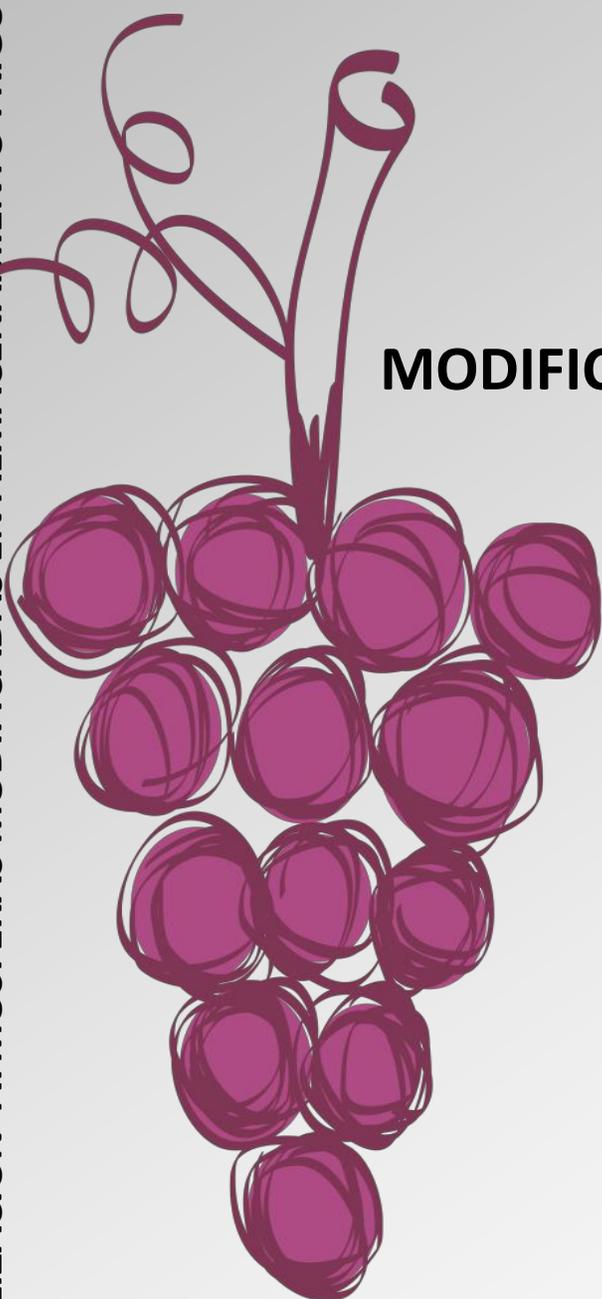


UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

DPTO. BIOLOGÍA VEGETAL, ECOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA TIERRA

**UTILIZACIÓN DE ATMÓSFERAS
MODIFICADAS EN EL ALMACENAMIENTO
FRIGORÍFICO DE UVA DE MESA**



CRISTINA JOSÉ MIGUEL PINTADO

Badajoz, 2012



Universidad de Extremadura
Departamento de Biología Vegetal,
Ecología y Ciencias de la Tierra



Universidade de Évora
Departamento de Fitotecnia

TESIS DOCTORAL

UTILIZACIÓN DE ATMÓSFERAS MODIFICADAS
EN EL ALMACENAMIENTO FRIGORÍFICO
DE UVA DE MESA

Cristina José Miguel Pintado

Directores: María Josefa Bernalte Garcia
Ana Cristina Agulheiro-Santos

Badajoz, 2012

Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a la Doctora María Josefa Bernalte-García y a la Doctora Ana Cristina Agulheiro-Santos, mis directoras de Tesis, sus enseñanzas científicas y personales.

Me gustaría agradecer al Doutor António Silvestre, por abrir el portón de la “Herdade Vale da Rosa” para la realización de este trabajo.

Gracias a los catadores de la Universidad de Évora y a todos aquellos que facilitaron mi trabajo en el Laboratorio de Tecnología y Postcosecha (Instituto Mediterráneo de Ciencias Agrarias y del Medio Ambiente - ICAAM).

Quisiera mostrar mi agradecimiento a Teresa Hernández, Mercedes Lozano y Esperanza Valdés, del Instituto Tecnológico Agroalimentario de Extremadura (INTAEX), por poner a mi disposición sus conocimientos y laboratorios.

Gracias a Jeremy Barnes por acogerme en la Universidad de Newcastle Upon Tyne, en el ámbito de la beca de investigación concedida por la Fundación Marie Curie.

Especial gratitud a mis amigas Pepa, Conchi y Mercedes, por su forma de ser, entusiasmo y generosidad. Gracias a Pepa por haberme dedicado tanto tiempo.

A mi gente, quisiera expresar mi gratitud por estar siempre conmigo!

A todos, mi agradecimiento.

Cristina José Miguel Pintado

Badajoz, 2012

Resumen

En esta Tesis Doctoral se ha llevado a cabo la caracterización de algunos cultivares de uva de mesa (*Vitis vinífera* L.), se ha evaluado la aptitud postcosecha de 'Red Globe' y se han seleccionado aquellos ensayos y parámetros reológicos que resultan más idóneos para la caracterización y evaluación del potencial de conservación de uva.

En lo que concierne a la caracterización reológica de los cultivares, se realizaron ensayos de compresión, punción y penetración, analizándose diversos parámetros de las curvas Fuerza/Deformación. 'Cardinal' y 'Vittoria' fueron los cultivares con menor firmeza de la pulpa. 'Michele Palieri' destaca por su elevada resistencia a la rotura en la compresión y su menor resistencia a la rotura en la punción y penetración. La uva 'Red Globe' presentó también una elevada resistencia a la rotura en la compresión, lo que asociado a su alto contenido en sólidos solubles y ratio sólidos solubles totales/acidez, hace que sea un cultivar muy apreciado por el consumidor y le confiere especial interés para la comercialización a mercados distantes.

Con el propósito de obtener una amplia información sobre la aptitud postcosecha, se evaluaron parámetros de calidad instrumental y sensorial de uva 'Red Globe' almacenada en atmósferas normal y modificada, empleando películas de polietileno y polipropileno y recubrimientos comestibles de ésteres de sacarosa y de gelatina, en dos años consecutivos.

Las uvas de partida presentaron características muy diferentes, las de la primera campaña eran frutos de calidad excelente, mientras que las de la segunda se cosecharon tras un período de lluvias intensas. Las uvas del primer año se conservan en refrigeración con buena calidad durante al menos tres meses, viéndose reducido considerablemente el período de almacenamiento en los frutos de la segunda campaña. Por tanto, la calidad de la materia prima es un factor determinante en el potencial postcosecha.

Respecto a la modificación de la atmósfera, las uvas envasadas en polietileno presentaron mayor firmeza, tanto en los parámetros de compresión como en la evaluación y sensorial, mientras que el polipropileno mantuvo las propiedades reológicas de los frutos.

En las uvas que se destinan a un consumo inmediato, sin refrigeración previa, los recubrimientos comestibles de ésteres de sacarosa y gelatina reducen las pérdidas de peso, sin modificaciones en el comportamiento reológico y sensorial.

En la primera campaña la utilización de recubrimientos en refrigeración supuso el aumento de la resistencia de las bayas a la compresión y de los atributos sensoriales de textura. En el segundo año, con materia prima de menor calidad, la gelatina garantizó la calidad de los frutos a los tres meses, lo que pone de manifiesto que la efectividad de los recubrimientos comestibles depende, no solo de la naturaleza de los mismos, sino también de las características de la fruta de partida.

En cuanto a los ensayos reológicos, algunos parámetros de penetración y compresión, que proporcionan información sobre la resistencia a la deformación y a la rotura y la firmeza de la pulpa, permitieron la diferenciación de cultivares y la evaluación del comportamiento postcosecha de la uva 'Red Globe'. El coeficiente de elasticidad aparente de compresión de la baya, calculado a 3 mm de deformación, es el parámetro más idóneo, ya que aporta información de la baya en su conjunto y además está correlacionado con otros parámetros reológicos de compresión, punción o penetración.

Abstract

This PhD Thesis deals with the characterization of some table grape cultivars (*Vitis vinifera* L.) and the evaluation of 'Red Globe' market life potential. In order to characterize and evaluate the postharvest behavior of table grapes, rheological tests and parameters were selected.

Regarding rheological characterization, compression, punction and penetration tests were carried out and several parameters were calculated from the Force/Deformation curves. 'Cardinal' and 'Vittoria' had the lowest flesh firmness. 'Michelle Palieri' showed the highest resistance to compression and the lowest resistance to punction and penetration rupture. 'Red Globe' high resistance to compression associated with the high content of soluble solids and the high ratio soluble solids content/acidity make this cultivar highly appreciated by the consumer and suitable for distant markets.

In order to obtain a wide information about 'Red Globe' postharvest behavior, instrumental and sensory quality parameters were assessed in fruit stored in normal and modified atmosphere, with polyethylene and polypropylene films and edible coatings of sucrose esters and gelatin, in two consecutive seasons.

In the first season at harvest fruit presented an excellent quality, while in the second year fruit were harvested after a heavy rain period. Grapes of the first year could be stored under refrigeration, with quality, for at least three months, whereas in the second season storage period was notably reduced. Thus, fruit quality at harvest is a key factor to define postharvest storage potential.

Concerning modified atmosphere, fruit packaged in polyethylene were firmer, from an instrumental and sensory viewpoint, while polypropylene kept the initial rheological properties.

In grapes for local market, without previous refrigerated storage, sucrose esters and gelatin edible coatings reduced weight losses and preserved rheological and sensory quality.

In the first season, the use of edible coatings under refrigerated conditions increased berry resistance to compression and improved sensory texture attributes. In the second year, with poor quality grapes, only gelatin preserved fruit quality for three months, highlighting that coatings efficiency depends not only on their nature but also on the fruit quality at harvest.

On the subject of rheological tests, some penetration and compression parameters, that provide information on deformation and rupture resistance and flesh firmness, were suitable to differentiate cultivars and to evaluate 'Red Globe' postharvest behavior. Apparent elastic compression coefficient, measured at 3 mm deformation, is the parameter that gives global information about the berry and it is also correlated to other compression, puncture and penetration rheological parameters.

ÍNDICE

Índice de Tablas.....	vii
Índice de Figuras.....	ix
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	3
1.2. ESTRUCTURA DE LA TESIS.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. POSTCOSECHA EN UVA DE MESA.....	9
2.1.1. Calidad.....	9
2.1.2. Principales causas de las pérdidas postcosecha.....	11
2.1.3. Tecnologías postcosecha.....	14
2.1.3.1. Refrigeración y dióxido de azufre.....	14
2.1.3.2. Atmósferas controladas.....	16
2.1.3.3. Atmósferas modificadas con películas plásticas.....	18
2.1.3.4. Recubrimientos comestibles.....	20
2.1.3.5. Calcio y sales de carbonato y bicarbonato.....	22
2.1.3.6. Cloro, peróxido de hidrógeno y ozono.....	22
2.1.3.7. Tratamientos con calor.....	23
2.1.3.8. Tratamientos hipobáricos e hiperbáricos.....	24
2.1.3.9. Luz ultravioleta e irradiación gamma.....	24
2.1.3.10. Microorganismos antagonistas.....	25
2.2. EVALUACIÓN DE CALIDAD EN FRUTOS: COLOR Y TEXTURA.....	26
2.2.1. Color.....	26
2.2.2. Textura.....	28
2.2.2.1. Propiedades texturales: mecánicas, estructurales y sensoriales..	28
2.2.2.2. Evaluación instrumental.....	29
2.2.2.3. Parámetros reológicos.....	31
2.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

3.	CALIDAD EN UVAS ‘CARDINAL’, ‘MICHELE PALIERI’, ‘RED GLOBE’ Y ‘VITTORIA’.....	57
3.1.	INTRODUCCIÓN.....	59
3.2.	OBJETIVOS.....	63
3.3.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	63
3.3.1.	Material vegetal.....	63
3.3.2.	Determinaciones analíticas.....	64
3.3.2.1.	Peso, longitud, anchura, tamaño y forma de la baya.....	64
3.3.2.2.	Sólidos solubles totales, acidez, pH y fenoles totales.....	64
3.3.2.3.	Coordenadas e índices de color de la piel.....	65
3.3.2.4.	Parámetros reológicos de compresión, punción y penetración.....	66
3.3.3.	Tratamiento estadístico de los datos.....	68
3.4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69
3.4.1.	Peso, longitud, anchura, tamaño y forma de la baya.....	69
3.4.2.	Sólidos solubles totales, acidez, pH, índices de maduración y fenoles.....	69
3.4.3.	Coordenadas e índices de color de la piel.....	72
3.4.4.	Parámetros reológicos.....	76
3.4.4.1.	Descripción de las curvas Fuerza/Deformación.....	76
3.4.4.2.	Compresión con el plato.....	77
3.4.4.3.	Compresión con la sonda esférica.....	80
3.4.4.4.	Punción.....	83
3.4.4.5.	Penetración.....	85
3.4.4.6.	Análisis de componentes principales.....	89
3.5.	CONCLUSIONES.....	93
3.6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	94
4.	MODIFICACIÓN DE LA ATMÓSFERA EN UVA ‘RED GLOBE’.....	105
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	107
4.1.1.	Películas plásticas.....	107

4.1.2.	Recubrimientos comestibles.....	112
4.2.	OBJETIVOS.....	115
4.3.	DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS.....	116
4.3.1.	Calidad de la uva en refrigeración.....	116
4.3.2.	Atmósferas modificadas con polietileno y polipropileno.....	117
4.3.3.	Empleo de recubrimientos de ésteres de sacarosa y de gelatina en refrigeración.....	118
4.3.4.	Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil tras la refrigeración..	118
4.3.5.	Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil.....	119
4.4.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	120
4.4.1.	Material.....	120
4.4.1.1.	Material vegetal.....	120
4.4.1.2.	Películas de polietileno y polipropileno.....	120
4.4.1.3.	Recubrimientos de ésteres de sacarosa y de gelatina.....	120
4.4.2.	Determinaciones analíticas.....	121
4.4.2.1.	Composición de la atmósfera en el interior de los envases	121
4.4.2.2.	Pérdidas de peso de los racimos.....	121
4.4.2.3.	Sólidos solubles totales, acidez y fenoles totales.....	121
4.4.2.4.	Coordenadas e índice de color.....	122
4.4.2.5.	Parámetros reológicos	122
4.4.3.	Evaluación sensorial.....	123
4.4.4.	Tratamiento estadístico de los datos.....	124
4.5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	125
4.5.1.	Calidad de la uva en refrigeración.....	125
4.5.1.1.	Pérdidas de peso de los racimos.....	125
4.5.1.2.	Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles.....	126
4.5.1.3.	Coordenadas e índice de color.....	128
4.5.1.4.	Parámetros reológicos.....	131
4.5.1.5.	Evaluación sensorial.....	135
4.5.2.	Atmósferas modificadas con polietileno y polipropileno.....	137
4.5.2.1.	Composición de la atmósfera en el interior de los envases...	137
4.5.2.2.	Pérdidas de peso de los racimos.....	139

4.5.2.3.	Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles.	140
4.5.2.4.	Coordenadas e índice de color.....	141
4.5.2.5.	Parámetros reológicos.....	143
4.5.2.6.	Evaluación sensorial.....	147
4.5.3.	Empleo de recubrimientos de ésteres de sacarosa y de gelatina en refrigeración.....	150
4.5.3.1.	Pérdidas de peso de los racimos.....	150
4.5.3.2.	Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles.	152
4.5.3.3.	Coordenadas e índice de color.....	154
4.5.3.4.	Parámetros reológicos.....	157
4.5.3.5.	Evaluación sensorial.....	162
4.5.4.	Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil tras la refrigeración...	165
4.5.4.1.	Pérdidas de peso de los racimos.....	165
4.5.4.2.	Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles.	166
4.5.4.3.	Coordenadas e índice de color.....	168
4.5.4.4.	Parámetros reológicos.....	169
4.5.4.5.	Evaluación sensorial.....	172
4.5.5.	Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil.....	175
4.5.5.1.	Pérdidas de peso de los racimos.....	175
4.5.5.2.	Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles.	176
4.5.5.3.	Coordenadas e índice de color.....	177
4.5.5.4.	Parámetros reológicos.....	179
4.5.5.5.	Evaluación sensorial.....	182
4.5.6.	Correlaciones y análisis de componentes principales.....	184
4.5.6.1.	Coordenadas e índice de color.....	184
4.5.6.2.	Parámetros reológicos.....	185
4.5.6.3.	Descriptorios sensoriales.....	189
4.6.	CONCLUSIONES.....	190
4.7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	192
5.	CONSIDERACIONES FINALES.....	203

ANEXOS.....	207
ANEXO I. Calidad de la uva en refrigeración.....	209
ANEXO II. Atmósferas modificadas con polietileno y polipropileno.....	217
ANEXO III. Empleo de recubrimientos de ésteres de sacarosa y de gelatina en refrigeración.....	227
ANEXO IV. Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil tras la refrigeración.....	243
ANEXO V. Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil.....	253
ANEXO VI. Correlaciones bivariadas.....	263

ÍNDICE DE TABLAS

3. CALIDAD EN UVAS ‘CARDINAL’, ‘MICHELE PALIERI’, ‘RED GLOBE’ Y ‘VITTORIA’

Tabla 3.1.	Parámetros reológicos: simbología, definición y unidades.....	67
Tabla 3.2.	Parámetros reológicos calculados a partir de las curvas Fuerza/Deformación.....	68
Tabla 3.3.	Peso, longitud, anchura, tamaño y forma de la baya.....	71
Tabla 3.4.	Sólidos solubles totales, acidez, pH, índices de maduración y fenoles.....	71
Tabla 3.5.	Coordenadas de color de la piel.....	74
Tabla 3.6.	Índices de color de la piel.....	74
Tabla 3.7.	Correlación entre coordenadas e índices de color: coeficiente de Pearson y nivel de significación.....	75
Tabla 3.8.	Parámetros reológicos calculados a partir de la curva Fuerza/Deformación del ensayo de compresión con el plato.....	79
Tabla 3.9.	Parámetros reológicos calculados a partir de la curva Fuerza/Deformación del ensayo de compresión con la sonda esférica.....	82
Tabla 3.10.	Parámetros reológicos calculados a partir de la curva Fuerza/Deformación del ensayo de punción.....	84
Tabla 3.11.	Parámetros reológicos calculados a partir de las curvas Fuerza/Deformación de los ensayos de penetración con las sondas cilíndricas de 2 y 3 mm de diámetro.....	87
Tabla 3.12.	Análisis de componentes principales para los parámetros reológicos: medida de adecuación muestral y prueba de esfericidad.....	91

4. MODIFICACIÓN DE LA ATMÓSFERA EN UVA ‘RED GLOBE’

Tabla 4.1.	Atmósferas modificadas con polietileno en uva: características de las películas y composición de las atmósferas generadas en el interior de los envases.....	109
Tabla 4.2.	Atmósferas modificadas con polipropileno en uva: características de las películas y composición de las atmósferas generadas en el interior de los envases.....	110
Tabla 4.3.	Calidad de la uva en refrigeración: denominación de las muestras.....	117
Tabla 4.4.	Atmósferas modificadas con películas plásticas: denominación de las muestras.....	117
Tabla 4.5.	Empleo de recubrimientos comestibles en refrigeración: denominación de las muestras.....	118
Tabla 4.6.	Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil tras la refrigeración: denominación de las muestras.....	119
Tabla 4.7.	Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil: denominación de las muestras.....	119
Tabla 4.8.	Análisis de componentes principales para los parámetros reológicos: medida de adecuación muestral y prueba de esfericidad.....	187
Tabla 4.9.	Análisis de componentes principales para los descriptores sensoriales: medida de adecuación muestral y prueba de esfericidad.....	189

ÍNDICE DE FIGURAS

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Figura 2.1.	Coordenadas de color L^* , a^* y b^* en el espacio <i>CIELab</i>	27
Figura 2.2.	Cromaticidad y ángulo de tono en el espacio <i>CIELab</i>	28
Figura 2.3.	Parámetros reológicos calculados a partir de la curva Fuerza/Deformación del ensayo de penetración.....	32

3. CALIDAD EN UVAS ‘CARDINAL’, ‘MICHELE PALIERI’, ‘RED GLOBE’ Y ‘VITTORIA’

Figura 3.1.	Racimo de uva ‘Cardinal’.....	62
Figura 3.2.	Racimo de uva ‘Michele Palieri’.....	62
Figura 3.3.	Racimo de uva ‘Red Globe’.....	62
Figura 3.4.	Racimo de uva ‘Vittoria’.....	62
Figura 3.5.	Curvas Fuerza/Deformación resultantes de la compresión con el plato, punción y penetración de las bayas con y sin piel.....	76
Figura 3.6.	Evolución de la fuerza en la compresión con el plato: modelos lineal y cuadrático.....	78
Figura 3.7.	Deformación hasta rotura respecto a la anchura de la baya.....	80
Figura 3.8.	Evolución de la fuerza en la compresión con la sonda esférica: modelo lineal.....	81
Figura 3.9.	Deformación y fuerza en el punto de rotura en la punción.....	83
Figura 3.10.	Deformación y fuerza en el punto de rotura en la penetración con las sondas cilíndricas de 2 y 3 mm de diámetro.....	86
Figura 3.11.	Firmeza de la piel y tejidos contiguos y firmeza de la pulpa.....	88
Figura 3.12.	Correlación entre los parámetros indicadores de la firmeza de la pulpa: coeficiente de Pearson y nivel de significación.....	89
Figura 3.13.	Análisis de componentes principales: correlación entre variables y factores y puntuaciones factoriales.....	90

4. MODIFICACIÓN DE LA ATMÓSFERA EN UVA ‘RED GLOBE’

Figura 4.1.	Hoja de cata para la evaluación sensorial de uva ‘Red Globe’	124
Figura 4.2.	Pérdidas de peso de los racimos almacenados a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	125
Figura 4.3.	Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	127
Figura 4.4.	Luminosidad y ángulo de tono en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	129
Figura 4.5.	Índice de color en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	130
Figura 4.6.	Deformación y coeficiente de elasticidad aparente de punción en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	133
Figura 4.7.	Coeficiente de elasticidad aparente de penetración y firmeza de la pulpa en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	134
Figura 4.8.	Evaluación sensorial de uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	136
Figura 4.9.	<i>Apreciación global</i> de uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	137
Figura 4.10.	Composición de la atmósfera interna de los envases de polietileno y de polipropileno, a 0 °C.....	138
Figura 4.11.	Cromaticidad y ángulo de tono en uva almacenada en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas, a 0 °C.....	142
Figura 4.12.	Coeficiente de elasticidad aparente y deformación de compresión en uva almacenada en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas, a 0 °C.....	144
Figura 4.13.	Deformación y coeficiente de elasticidad aparente de punción en uva almacenada en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas, a 0 °C.....	145

Figura 4.14.	Coeficiente de elasticidad aparente de penetración y firmeza de la pulpa en uva almacenada en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas, a 0 °C.....	146
Figura 4.15.	Evaluación sensorial de uva almacenada en atmósferas modificadas con películas plásticas, a 0 °C.....	149
Figura 4.16.	Pérdidas de peso de los racimos sin y con recubrimientos comestibles, almacenados a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	150
Figura 4.17.	Sólidos solubles totales, acidez y fenoles totales en uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	153
Figura 4.18.	Luminosidad y ángulo de tono en uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	155
Figura 4.19.	Coeficientes de elasticidad aparente y energía en la compresión de uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	158
Figura 4.20.	Fuerza y energía de punción en uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	159
Figura 4.21.	Firmeza de la piel y tejidos contiguos y firmeza de la pulpa en uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	161
Figura 4.22.	Evaluación sensorial de uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	163
Figura 4.23.	<i>Apreciación global</i> de uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.....	165
Figura 4.24.	Pérdidas de peso de los racimos sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.....	166
Figura 4.25.	Acidez y fenoles totales en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.....	167
Figura 4.26.	Cromaticidad y ángulo de tono en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.....	168
Figura 4.27.	Índice de color en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.....	169

Figura 4.28.	Deformación y coeficiente de elasticidad aparente de compresión en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.....	170
Figura 4.29.	Deformación y fuerza de punción en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.....	171
Figura 4.30.	Firmeza de la pulpa en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.....	172
Figura 4.31.	Evaluación sensorial de uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.....	173
Figura 4.32.	<i>Apreciación global</i> de uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.....	174
Figura 4.33.	Pérdidas de peso de los racimos sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.....	175
Figura 4.34.	Índice de maduración y fenoles totales en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.....	176
Figura 4.35.	Luminosidad y ángulo de tono en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.....	178
Figura 4.36.	Deformación y coeficiente de elasticidad aparente de compresión en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.....	180
Figura 4.37.	Deformación y coeficiente de elasticidad aparente de punción en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.....	181
Figura 4.38.	Firmeza de la pulpa en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.....	182
Figura 4.39.	Evaluación sensorial de uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.....	183
Figura 4.40.	Correlación lineal entre las coordenadas de color a^* y b^* en uva ‘Red Globe’: coeficiente de Pearson y nivel de significación.....	184
Figura 4.41.	Correlación lineal entre la fuerza y el coeficiente de elasticidad aparente en la compresión de uva ‘Red Globe’: coeficiente de Pearson y nivel de significación.....	185
Figura 4.42.	Correlación lineal entre las variables indicadoras de la firmeza de la pulpa: coeficiente de Pearson y nivel de significación.....	187

Figura 4.43.	Análisis de componentes principales para los parámetros reológicos: representación de la correlación entre variables y factores y de las puntuaciones factoriales.....	188
Figura 4.44.	Correlación lineal entre el <i>Sabor</i> y la <i>Apreciación global</i> : coeficiente de Pearson y nivel de significación.....	189
Figura 4.45.	Análisis de componentes principales para los descriptores sensoriales: representación de la correlación entre variables y factores y de las puntuaciones factoriales.....	190

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

La calidad de un alimento es la idoneidad para un determinado uso y su evaluación implica la selección de un conjunto de atributos que sean mensurables. En el sector hortofrutícola, la definición de parámetros de calidad instrumentales pretende defender los intereses de todos los agentes participantes en la cadena productiva, comercial y del consumidor.

En una primera valoración de la calidad de los frutos el consumidor normalmente tiene en cuenta el color y las propiedades texturales. En uva de mesa la evaluación del color puede realizarse de forma subjetiva u objetiva, resultando esta última de difícil interpretación. De ahí, la importancia del empleo de índices de color basados en medidas instrumentales, que estén estrechamente correlacionados con la apreciación visual y que sean aplicables a la amplia gama de color existente en uva.

Respecto a las propiedades texturales, la interpretación detallada de los parámetros reológicos es escasa y a veces poco concordante, a pesar de su importancia en la evaluación de la calidad postcosecha. Así, en este trabajo se pretende profundizar en el conocimiento de las características de color y el comportamiento reológico de uva de mesa.

La refrigeración, con una elevada humedad relativa, es la base de la tecnología postcosecha. Asociada a ella, se emplea la modificación de la atmósfera, ya sea mediante películas plásticas o recubrimientos comestibles, que reduce la velocidad de las reacciones metabólicas responsables del deterioro de los frutos. Una de las principales dificultades que se plantea en el circuito de distribución hortofrutícola es la fluctuación de la temperatura, lo que resulta especialmente relevante cuando se emplean películas plásticas, puesto que se producen condensaciones que promueven el deterioro de los productos.

Los recubrimientos comestibles funcionan como un envase, mejoran las propiedades reológicas, funcionales y organolépticas, con la ventaja de que los problemas de condensación se minimizan y se reduce el empleo de envoltorios.

El efecto beneficioso de la atmósfera modificada, con películas plásticas o con recubrimientos comestibles, en la calidad de los frutos depende de la materia prima, de la campaña, de las condiciones de almacenamiento, y no siempre persiste durante la vida útil.

El objetivo de este trabajo es, por un lado, la caracterización de las uvas de mesa ‘Cardinal’, ‘Michele Palieri’, ‘Red Globe’ y ‘Vittoria’ y, por otro, el estudio del comportamiento postcosecha de ‘Red Globe’ en refrigeración y en atmósferas modificadas, empleando películas de polietileno y polipropileno y recubrimientos comestibles de ésteres de sacarosa y de gelatina.

Para alcanzar el primer objetivo se evaluaron parámetros pomológicos, químicos, de color y reológicos, y se seleccionaron los análisis y parámetros reológicos más idóneos para la caracterización de las uvas.

Respecto al segundo objetivo, se evaluó el efecto de la campaña, tratamiento postcosecha y período de almacenamiento, tanto en refrigeración como en vida útil, en los parámetros instrumentales de calidad y en los descriptores sensoriales.

1.2. ESTRUCTURA DE LA TESIS

La Tesis Doctoral se compone de cuatro capítulos. En este primer capítulo, **1. Introducción**, se resume el contenido de los demás capítulos de esta memoria.

El segundo capítulo, **2. Revisión Bibliográfica**, aborda la postcosecha en uva de mesa y la evaluación de calidad en frutos. En el apartado de postcosecha se ha prestado especial interés a los parámetros instrumentales de calidad, a las principales causas de pérdidas y se hace una descripción detallada de las diversas tecnologías postcosecha utilizadas en uva. En lo que concierne a la calidad de los frutos, se realiza una revisión del color y propiedades texturales, que son los parámetros que tienen una mayor repercusión en la toma de decisión del consumidor.

En el tercer capítulo, **3. Calidad en uvas ‘Cardinal’, ‘Michele Palieri’, ‘Red Globe’ y ‘Vittoria’**, se hace una caracterización de dichos cultivares mediante la evaluación de parámetros pomológicos, químicos, de color y reológicos.

En el cuarto capítulo, **4. Modificación de la atmósfera en uva ‘Red Globe’**, se estudia el comportamiento postcosecha de este cultivar, evaluando la calidad instrumental y sensorial de los frutos. Las tecnologías postcosecha empleadas fueron la refrigeración en atmósfera normal, películas plásticas de polietileno y polipropileno y recubrimientos comestibles de ésteres de sacarosa y de gelatina.

El último capítulo, **5. Consideraciones finales**, recoge las reflexiones finales que derivan de este trabajo.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. POSTCOSECHA EN UVA DE MESA

2.1.1. Calidad

La calidad de un alimento constituye el grado de excelencia o su idoneidad para un uso determinado y su evaluación implica la selección de un conjunto de atributos que sean mensurables.

Es ampliamente conocido que cualquier material vegetal presenta en su composición una gran variabilidad, imputable no sólo a la genética y condiciones medio ambientales y de cultivo sino incluso a su posición en la planta y competencia con otros frutos. Por otra parte, las preferencias de los consumidores están relacionadas con un conjunto de factores culturales muy diversos. La complejidad de la calidad en frutos comienza con la heterogeneidad del material evaluado y se prolonga hasta el último elemento evaluador de cadena, el consumidor.

Los cambios que se han producido en la definición y evaluación de calidad se deben esencialmente a las exigencias de la globalización del mercado y del consumidor, lo que ha motivado que el objetivo primordial de la producción y comercialización de frutos y hortalizas en fresco sea satisfacer al consumidor.

La implantación de normas de calidad es un imperativo para las transacciones comerciales hortofrutícolas y pretende defender los intereses de todos los agentes participantes en la cadena productiva y comercial. Las normas que actualmente regulan la calidad de los productos frescos definen poco más que el calibre y la ausencia de defectos, a pesar de que la apariencia (incluyendo la forma, el tamaño, la ausencia de defectos y el color), el sabor, la textura, el valor funcional y la seguridad alimentaria han sido reconocidos como parámetros relevantes en su calidad (Lipton, 1980; Shewfelt, 1999; Kader, 2003).

En lo que concierne a uva de mesa, el producto engloba el racimo, el raspón o escobajo y la baya. El consumidor prefiere racimos de forma triangular, densos pero no muy cerrados (Vivaud *et al.*, 1993; Cliff *et al.*, 1996), con un raspón verde, que es sinónimo de frescura,

de recién cosechado. La apariencia de la baya viene determinada fundamentalmente por el color de su piel (Kanellis y Roubelakis, 1993; Cliff *et al.*, 1996). La presencia de pruina en la superficie de la baya es un factor importante de calidad y la manipulación inadecuada puede destruirla, haciendo que la piel sea brillante en lugar de presentar el efecto lustroso (Kanellis y Roubelakis, 1993; Crisosto, 2001; Lydakis y Aked, 2003a); no obstante, esta sustancia blanca puede ser confundida con la presencia de residuos de productos químicos (Vivaud *et al.*, 1993). Existe una gran diversidad en la forma de las bayas de uva de mesa, siendo las grandes y oblongas preferidas a las pequeñas y esféricas (Cliff *et al.*, 1996).

Una pulpa jugosa, firme y con pocas o pequeñas pepitas, o incluso sin pepitas, es muy apreciada por el consumidor, que también asocia una piel crujiente con una pulpa jugosa (Vivaud *et al.*, 1993). Uva firme es sinónimo de recién cosechada y la reducción de la firmeza se asocia a una pérdida de turgencia y modificaciones fisiológicas que debilitan su “edificio estructural”. La textura crujiente se asocia al sonido que se produce cuando la piel se rompe y la sensación que se experimenta cuando se come la baya está también influenciada por la estructura y composición química de la piel (Bernstein y Lustig, 1985).

A pesar de que en la vid cada racimo y baya tienen diferentes tasas de maduración (Carbonneau *et al.*, 1991), la apreciación visual del color y del tamaño constituye el primer indicador de madurez. Entre los índices de madurez propuestos para uva de mesa, los sólidos solubles totales (SST) y el índice basado en la relación entre sólidos solubles totales y acidez (SST/Ac) son los más generalizados (Nelson *et al.*, 1963; Guelfat-Reich y Safran, 1971; Ballinger *et al.*, 1978; Ballinger y McClure, 1983; Alavoine *et al.*, 1988; Nelson, 1991; Vivaud *et al.*, 1993; Crisosto, 2001; Kader, 2002; Crisosto *et al.*, 2004). Los índices SSTxpH y SSTxpH² (Coombe *et al.*, 1980; Walker *et al.*, 2001; Sonogo *et al.*, 2002; Baiano *et al.*, 2011), la densidad (Lanier y Morris, 1979; Walker *et al.*, 2001) y las propiedades ópticas (Ballinger *et al.*, 1978) también han sido empleados para fijar el momento de cosecha y clasificar los frutos según el estado de maduración.

Frecuentemente, el índice de madurez escogido es el contenido en sólidos solubles por su fácil determinación. Guelfat-Reich y Safran (1971) concluyeron que el mejor indicador del estado de madurez y calidad sensorial sería el contenido en sólidos solubles en los cultivares con baja acidez, la acidez en los cultivares muy ácidos y SST/Ac en aquellos que tienen un grado de acidez medio. En *Vitis rotundifolia* cv. Fry y *Vitis vinifera* cvs. Mystery y Prime la *Apreciación global* y el *Dulzor* estaban especialmente correlacionados con el

contenido en sólidos solubles (Walker *et al.*, 2001; Sonogo *et al.*, 2002). En otras uvas como 'Red Globe', 'Perlette', 'Thompson Seedless' y 'Crimson Seedless' SST/Ac se reveló especialmente correlacionado con la calidad organoléptica (Nelson *et al.*, 1963, 1972, 1973; Guelfat-Reich y Safran, 1971; Pesis y Frenkel, 1989; Crisosto y Crisosto, 2002; Jayasena y Cameron, 2008).

2.1.2. Principales causas de las pérdidas postcosecha

Las pérdidas postcosecha por **podredumbre** son la principal causa del deterioro postcosecha en las frutas (El-Goorani y Sommer, 1981; Smilanick, 2001), destacándose *Botrytis cinerea* (Pers.: ex Fr.) en uva de mesa.

La podredumbre gris puede tener origen en infecciones latentes iniciadas antes de la cosecha, en las esporas presentes en las superficies y en bayas visiblemente infectadas y que no fueron eliminadas del lote en la operación de selección. Los síntomas se manifiestan primeramente por una coloración parda de la baya, seguida de la aparición de filamentos de hifa de color blanco, los cuales finalmente producen masas de esporas de color gris (De Koch y Holtz, 1994).

Entre la floración y el envero, la uva puede albergar a *Botrytis cinerea* sin signos visibles de desarrollo de la infección. Después del envero, el hongo puede manifestarse en los cultivares susceptibles, permaneciendo latente en aquellos resistentes. La capacidad fungistática durante el estado quiescente se asocia a la presencia de las fitoalexinas pterostilbeno y resveratrol (Creasy y Coffee, 1988; Pezet y Pont, 1988a; Jeandet *et al.*, 1991, 1995; Sarig *et al.*, 1997) y del ácido glicólico que intensifica la actividad de defensa del pterostilbeno (Pezet y Pont, 1988b). En la resistencia de la uva inmadura también están involucrados otros mecanismos de defensa como la presencia de barreras estructurales, de inhibidores de poligalacturonasas, de proteínas relacionadas con la patogénesis y de otros compuestos fenólicos (Renault *et al.*, 1996; Goetz *et al.*, 1999).

Para reducir el inóculo son empleadas, simultáneamente, diversas prácticas desde las culturales hasta las operaciones de empaquetado y almacenamiento, ya que su control es especialmente dificultoso debido a su elevada velocidad de crecimiento y a su habilidad para dispersarse incluso a temperaturas de refrigeración (-0,5 °C) (Nelson, 1991; Crisosto, 2001; Gabler y Smilanick, 2001; Crisosto *et al.*, 2004).

Durante el transporte o comercialización, también tienen lugar pérdidas importantes causadas por *Rhizopus stolonifer*, *Aspergillus spp.*, *Alteranaria spp.* y *Penicillium expansum*. Generalmente, las dos primeras especies aparecen en el punto de venta debido a condiciones de deficiente control de temperatura y las dos últimas surgen después de almacenamientos prolongados (Nelson, 1991; Franck *et al.*, 2005).

Otra de las principales causas de las pérdidas postcosecha en uva de mesa es la **pérdida de peso**. Como fenómeno físico depende de características de la superficie de transferencia y del entorno (temperatura y humedad), y fisiológicamente el raspón y la baya exhiben tasas respiratoria y de producción de etileno muy diferentes (Gardea *et al.*, 1994; Crisosto, 2001; Crisosto *et al.*, 2004).

En lo que concierne al comportamiento fisiológico, la uva se viene clasificando como un fruto no climatérico con *baja* intensidad respiratoria ($6-8 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, a $5 \text{ }^\circ\text{C}$) y *muy baja* producción de etileno (inferior a $0,1 \text{ } \mu\text{L C}_2\text{H}_4 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, a $20 \text{ }^\circ\text{C}$) (Crisosto, 2001; Crisosto *et al.*, 2004). La intensidad respiratoria del raspón es aproximadamente 15 veces superior a la de la baya (Crisosto, 2001; Crisosto *et al.*, 2004). Racimos ‘Red Globe’ (16-17 °Brix) y ‘Autumn Royal’ (16 °Brix) presentaron tasas respiratorias de $0,8-0,9 \text{ mmol CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, a $18 \text{ }^\circ\text{C}$ (Xu *et al.*, 2009) y $15,4 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, a $20 \text{ }^\circ\text{C}$, respectivamente (Castillo *et al.*, 2010); en ‘Red Globe’ la producción de etileno fue de $14,9 \text{ nmol kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ (Castillo *et al.*, 2010).

Los racimos experimentan serias pérdidas de agua, y concomitantes pérdidas de peso y del valor comercial, lo que también puede conducir al pardeamiento del raspón, desprendimiento de las bayas del escobajo e, incluso, a la marchitez de la baya. Las pérdidas de agua causan una visible deshidratación del tejido leñoso del raspón y particularmente de los pequeños pedicelos (Crisosto *et al.*, 2004; Lydakis y Aked, 2003a; Lichter *et al.*, 2011).

El empleo de cajas forradas con espuma y bolsas plásticas en la cosecha de uva de mesa, así como la minimización del tiempo que transcurre entre la cosecha y la entrada en cámara frigorífica, son buenas prácticas postcosecha para reducir las pérdidas de peso y consecuentemente sus efectos directos e indirectos en la calidad (Crisosto *et al.*, 2004).

Una característica comercial muy importante en uva de mesa es el aspecto del raspón, ya que si este no se encuentra verde, sinónimo de recién cosechado, se suele depreciar el

producto. El **pardeamiento** de los tejidos leñosos aparece primeramente en los pedicelos, extendiéndose a las ramificaciones laterales y finalmente al eje central, considerándose un síntoma secundario de la pérdida de agua (Nelson, 1991; Crisosto *et al.*, 1994, 2001; Ahumada *et al.*, 1996; Carvajal-Millán *et al.*, 2001; Crisosto, 2001; Lichter *et al.*, 2011).

El pardeamiento, resultado de la oxidación de sustancias fenólicas mediante polifenoxidasas, depende principalmente de la cantidad y disponibilidad del enzima y del sustrato, estrechamente asociados al cultivar, estado de madurez y factores abióticos, entre los cuales destaca la temperatura (Sapis *et al.*, 1983; Harvey *et al.*, 1988; Chapon *et al.*, 1991; Nelson, 1991; Crisosto *et al.*, 1994, 2001, 2002a; Ahumada *et al.*, 1996; Carvajal-Millán *et al.*, 2001; Crisosto, 2001).

Para minimizar los mecanismos conducentes a la inexorable pérdida de calidad asociada al pardeamiento del raspón, se propone el enfriamiento rápido inmediatamente después de la cosecha (Chapon *et al.*, 1991; Luvisi *et al.*, 1992). La aplicación precosecha de 2,5 y 5,0 ppm N-(2-cloro-4-piridil)-N'-fenilurea también redujo el pardeamiento del escobajo y las pérdidas de peso (Carvajal-Millán *et al.*, 2001).

El **desprendimiento de las bayas** o desgrane provoca elevadas pérdidas postcosecha. Al separarse del racimo pueden ser arrancadas pequeñas porciones de tejido vascular del interior de la baya o tener lugar una rotura en el punto de unión baya-pedicelo. La abscisión de la baya está estrechamente relacionada con el aumento de las hidrolasas, especialmente la celulasa y la poligalacturonasa (Deng *et al.*, 2007a, 2007b).

La susceptibilidad al desprendimiento de las bayas está relacionada con el cultivar y con otros factores como el estrés hídrico en la fase de crecimiento, las elevadas temperaturas durante la cosecha y el retraso en la refrigeración del fruto (Wagener, 1985). En general, la severidad de este desorden aumenta con el grado de madurez y permanencia prolongada del racimo en la planta (Crisosto *et al.*, 2004).

En lo que concierne a prácticas precosecha, la aplicación de ácido giberélico incrementa la caída de las bayas, probablemente, debido al efecto colateral del tratamiento que promueve el endurecimiento de los tejidos leñosos (Retamales *et al.*, 1995; Navarro *et al.*, 2001; Zoffoli *et al.*, 2009), mientras que el empleo de benzoato sódico, cloruro cálcico, auxinas y N-(2-cloro-4-piridil)-N'-fenilurea reduce el desgrane (Retamales *et al.*, 1995; Navarro *et*

al., 2001). El efecto de dichos reguladores de crecimiento depende del producto y dosis aplicada (Zoffoli *et al.*, 2009).

La manipulación cuidadosa durante la cosecha y postcosecha, la reducción de la profundidad de los envases y de la densidad de empaquetamiento, y el mantenimiento de la temperatura y humedad relativa óptimas (0 °C y 90-98 % de humedad relativa), así como la aplicación de dióxido de azufre, reducen el desgrane (Crisosto *et al.*, 2004).

2.1.3. Tecnologías postcosecha

2.1.3.1. Refrigeración y dióxido de azufre

La refrigeración, unida a una elevada humedad relativa, es el pilar de las tecnologías de conservación, puesto que reduce la velocidad de las reacciones metabólicas responsables del deterioro de frutos. Asociada a ella, se utiliza un amplio número de tecnologías, entre las cuales destaca el empleo de dióxido de azufre, que sigue siendo el procedimiento comercial generalizado en uva de mesa. Se recomienda un preenfriamiento rápido, seguido de la aplicación de dióxido de azufre y mantenimiento de la temperatura a 0 °C y elevada humedad relativa (90-98 %) durante el almacenamiento (Hardenburg *et al.*, 1990; Nelson, 1991; Palou *et al.*, 2002a; Lurie *et al.*, 2006; Lichter *et al.*, 2008; Meng *et al.*, 2008; Zoffoli *et al.*, 2008; Zutahy *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2011).

Considerando temperatura y humedad relativa cercanas al óptimo, Kader (1992) clasifica la uva sin tratamiento con dióxido de azufre como *muy percedera*, con un almacenamiento potencial de 2-4 semanas, mostrando aquellas en que se aplica el dióxido de azufre *moderada perecibilidad*, extendiéndose la conservación a 4-8 semanas.

El período potencial de almacenamiento varía según los cultivares, así, por ejemplo, ‘Thompson Seedless’ se puede almacenar de 1 a 2,5 meses, ‘Ribier’ de 2 a 4 meses y los cultivares tardíos, como ‘Emperor’ o ‘Almería’, de 3 a 6 meses (Hardenburg *et al.*, 1990).

El dióxido de azufre puede aplicarse bien por fumigación de las cámaras de refrigeración o por medio de generadores de liberación continua en los envases (Ballinger y Nesbitt, 1982; Nelson, 1983; Marois *et al.*, 1986; Hardenburg *et al.*, 1990; Vivaud *et al.*, 1993; Crisosto *et al.*, 1994, 2004; Crisosto, 2001; Palou *et al.*, 2002a; Lichter *et al.*, 2008; Zutahy *et al.*, 2008). Los generadores de liberación continua más comercializados contienen

metabisulfito de sodio y se presentan en forma de papeles impregnados con la sustancia activa, o bolsas con la disolución o con la formulación en polvo; y cuanto más elevada es la temperatura y la humedad relativa más rápidamente se genera el gas (Nelson, 1983; Smilanick *et al.*, 1990).

Hay un estrecho margen entre la concentración de dióxido de azufre necesaria para evitar el desarrollo de hongos y aquella que conduce a daños en los frutos. Para reducir el riesgo se recomienda su aplicación en bajas concentraciones a intervalos frecuentes (Marois *et al.*, 1986; Luvisi *et al.*, 1992). Inicialmente los generadores se agotaban en uno o dos días, en los que las elevadas concentraciones iniciales podrían provocar daños, mientras que los bajos niveles finales eran insuficientes para el control del desarrollo microbiano; para evitar esto, se recomienda una refrigeración previa de los racimos con el propósito de reducir la velocidad de emisión del dióxido de azufre, prolongando su efecto protector. Especialmente para períodos más largos de almacenamiento, son empleados generadores de dos etapas, que en su constitución tienen materiales de diferente permeabilidad, de forma que uno libera dióxido de azufre inmediatamente y el otro lo emite con posterioridad. Zutahy *et al.* (2008) propusieron el envasado de los generadores en bolsas de polietileno macroperforado, lo que permite una menor emisión inicial del gas y el aumento del período de liberación del mismo.

Proporcionar la concentración adecuada de dióxido de azufre es una tarea en la cual convergen varios factores, ya que los cultivares difieren en su tolerancia y los lotes en su susceptibilidad a la infección; además, el período de exposición al gas, el material de envasado y las condiciones termohigrométricas del entorno son determinantes en la absorción del gas (Ballinger y Nesbitt, 1982; Harvey *et al.*, 1988; Luvisi *et al.*, 1992; Palou *et al.*, 2002a). Por ejemplo, el empleo de tasas de dióxido de azufre de $5,5 \mu\text{mol kg}^{-1} \text{h}^{-1}$ (correspondiente a $3 \mu\text{L L}^{-1}$ en el interior del envase) durante 42 días no provocó daños en uva 'Red Globe' almacenada a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ y 95-98 % de humedad relativa, pero, como la absorción del gas es acumulativa, este resultado podría ser diferente para períodos de almacenamiento más prolongados (Palou *et al.*, 2002a).

Los daños por dióxido de azufre se manifiestan por modificaciones del color y depresiones en la piel que surgen, primeramente, en la zona dañada o en la unión de la baya con el pedicelo y, posteriormente, pueden expandirse a toda la uva (Hardenburg *et al.*, 1990; Nelson, 1991; Luvisi *et al.*, 1992; Crisosto, 2001). También las fisuras longitudinales

microscópicas en la superficie de las bayas que, a menudo, van acompañadas de exudación de jugo vacuolar de la pulpa pueden resultar de la exposición a elevadas dosis de dióxido de azufre (Santiago y Hanke, 2000; Zoffoli *et al.*, 2008).

El nivel de residuos de dióxido de azufre que potencialmente persiste en el momento de la venta constituye otra desventaja (Nelson, 1991; Luvisi *et al.*, 1992), aunque varios estudios verificaron que las normativas legales se vienen cumpliendo (Harvey *et al.*, 1988; Smilanick *et al.*, 1990; Austin *et al.*, 1997). La aplicación de la dosis mínima es la primera medida para reducir la presencia de dichos residuos, pero la selección de bayas maduras, sin infecciones y sin daños también persigue el mismo objetivo (Smilanick *et al.*, 1990). La presencia de estos residuos se está asociando con el desarrollo de alergias en los consumidores, por lo que su uso se encuentra restringido y se continúa buscando tecnologías alternativas de conservación.

La aplicación de productos químicos de síntesis es aún el procedimiento más usado para el control de las podredumbres fúngicas, pero actualmente cada vez son más las objeciones que estos plantean, ya que los fungicidas se presentan como potenciales agentes oncogénicos. La necesidad de reducir el empleo de productos químicos, especialmente después de la cosecha, la concienciación sobre la contaminación ambiental y la salud de los operadores y consumidores, así como la incapacidad de controlar las infecciones debido a la inducción de resistencia en algunas cepas de patógenos, han fomentado la búsqueda de otras tecnologías postcosecha.

2.1.3.2. Atmósferas controladas

Para la conservación de diferentes especies frutales, e incluso cultivares de una misma especie, se han desarrollado atmósferas controladas combinando diferentes composiciones gaseosas que se fijan desde el inicio del almacenamiento, siendo principalmente empleadas atmósferas con bajos niveles de oxígeno y elevados de dióxido de carbono.

Atmósferas con concentraciones de dióxido de carbono superiores a 10-15 % inhibieron el desarrollo y propagación de la podredumbre gris en uva (Berry *et al.*, 1997; Crisosto *et al.*, 2002a, 2002b; Retamales *et al.*, 2003). Entre los beneficios de la aplicación de atmósferas controladas destacan el retraso de la senescencia, la reducción del pardeamiento del escobajo y el mantenimiento de la firmeza de la baya (Yahia *et al.*, 1983; Berry *et al.*, 1997; Deng *et al.*, 2006). Otro aspecto positivo de la aplicación de dichas atmósferas es la

disminución del desgrane, asociada a la supresión de la actividad de la celulasa y poligalacturonasa en la zona de abscisión de la baya (Deng *et al.*, 2007a, 2007c). Sin embargo, otros autores refieren el pardeamiento del raspón y de la baya y el desarrollo de *off-flavors* (sabores/aromas extraños) como obstáculos a la aplicación comercial de dicha tecnología (Ahumada *et al.*, 1996; Crisosto *et al.*, 2002a, 2002b; Lydakis y Aked, 2003b).

Las diferentes composiciones de las atmósferas, así como el cultivar y el estado de madurez, explican alguna divergencia en los resultados obtenidos en relación al pardeamiento del raspón y presencia de sabores/aromas extraños. Crisosto *et al.* (2002a, 2002b) recomiendan atmósferas con contenidos en dióxido de carbono no superiores al 10 % para uvas poco maduras y atmósferas con 3, 6 o 12 % de O₂ y 10-15 % de CO₂ para aquellas en estado de maduración más avanzado y almacenamiento prolongado. La composición fenólica y el perfil aromático explican la mayor susceptibilidad de los tejidos en estado de madurez menos avanzado al pardeamiento y al desarrollo de sabores/aromas extraños (Romeyer *et al.*, 1983; Crisosto *et al.*, 2002a, 2002b, 2002c).

En atmósferas con niveles de oxígeno inferiores al 2 % se produjo una reducción en el crecimiento de *Botrytis cinerea* (Sommer *et al.*, 1981). Por otra parte, el almacenamiento prolongado de uvas 'Kyoho' en atmósferas con un 80 % de O₂ resultó beneficioso, especialmente en un menor deterioro microbiano y desprendimiento de las bayas y mejora de las propiedades reológicas y sensoriales (Deng *et al.*, 2005, 2006, 2007b). Comparado con la atmósfera normal, las uvas almacenadas en atmósferas enriquecidas en oxígeno presentaron una inhibición de la celulasa, poligalacturonasa y pectinesterasa y menores alteraciones en las paredes de las células de la zona de abscisión (Deng *et al.*, 2007b).

La exposición durante tres días a atmósferas con 20 % de CO₂ conllevó una mejora de la apariencia del escobajo y calidad de las uvas, asociada a la reducción de las pérdidas de peso y del pardeamiento (Sanchez-Ballesta *et al.*, 2006).

Atmósferas con 10 % de CO y 2 % de O₂ inhibieron el desarrollo de la podredumbre y la producción de etileno, retrasando el deterioro de uva 'Thompson Seedless' y garantizando la calidad tras cuatro meses de refrigeración (Yahia *et al.*, 1983).

En la postcosecha de frutos climatéricos y no climatéricos el etileno puede afectar beneficiosa o perjudicialmente el desarrollo de desórdenes fisiológicos y patologías postcosecha (El-Kazzaz *et al.*, 1983; Watada, 1986; Saltveit, 1999); sin embargo, la

eliminación activa de etileno de las cámaras de refrigeración o de los contenedores de transporte hasta concentraciones inferiores a $1 \mu\text{L L}^{-1}$ no supuso beneficios en la calidad de las uvas ‘Red Globe’, ‘Red Seedless’ y ‘Thompson Seedless’ después de 60 días de almacenamiento a 0, 5 o 10 °C (Palou *et al.*, 2003).

2.1.3.3. Atmósferas modificadas con películas plásticas

En la tecnología de atmósferas modificadas pasivas (*Modified Atmosphere Packaging*, MAP) se obtiene, en el interior de los envases, una composición de gases diferente de la atmósfera normal, mediante la conjunción de la permeabilidad y espesor de la película plástica, la respiración de las frutas u hortalizas y las condiciones del entorno.

En uva ‘Autumn Seedless’ presentó una calidad aceptable después de dos meses de refrigeración en bolsas de polipropileno, en el interior de las cuales se desarrolló una atmósfera con 15 kPa de O₂ y 10 kPa de CO₂ (Artés-Hernández *et al.*, 2004).

El almacenamiento de uva ‘Aledo’ en bolsas plásticas, con atmósferas ligeramente enriquecidas con dióxido de carbono (inferiores a 0,6 %), asociado a la aplicación de generadores dióxido de azufre, redujo las pérdidas de peso y deterioro fúngico, así como las modificaciones en firmeza y color, sin perjuicio de las características organolépticas (Pretel *et al.*, 2006).

Unido al empleo de bolsas también se han utilizado metabolitos secundarios con actividad biorreguladora, bioestática y/o biocida, como el etanol (Chervin *et al.*, 2005; Lichter *et al.*, 2005; Lurie *et al.*, 2006; Del Nobile *et al.*, 2008, 2009), el ácido acético (Sholberg y Gaunce, 1995; Moyls *et al.*, 1996; Sholberg *et al.*, 1996) y el (*E*)-2-hexenal (Archbold *et al.*, 1997; Artés-Hernández *et al.*, 2003). Archbold *et al.* (1997) identificaron otros compuestos volátiles capaces de reducir la incidencia del moho gris sin evidencia de daños fitotóxicos en uva, destacando el 1-hexanol, el (*E*)-2-hexen-1-ol, el (*E*)-2-hexenil dietil acetal y la (*E*)-3-nonen-2-ona.

En uva, el etanol se aplica en fase líquida o gaseosa siendo particularmente efectivo en el control del deterioro fúngico. No obstante, el efecto del etanol no persiste para posterior protección, por lo que esta tecnología se viene asociando al envasado en películas plásticas, beneficiándose simultáneamente del efecto del etanol y de la modificación de la

atmósfera en el interior del envase (Chervin *et al.*, 2005; Lichter *et al.*, 2005; Luire *et al.*, 2006; Del Nobile *et al.*, 2008, 2009).

El etanol actúa principalmente a nivel de la membrana de los hongos, pudiendo también estar involucrado en la desnaturalización de proteínas e inducción de estrés hídrico (Larson y Morton, 1991). Además del efecto biocida del etanol frente a la microflora superficial de los frutos, y en especial a las esporas de *Botrytis cinerea*, su aplicación exógena conlleva la producción de acetaldehído, lo que confiere un elemento más de defensa al fruto (Lichter *et al.*, 2002; Karabulut *et al.*, 2004). La disminución de etileno que sigue a los tratamientos con etanol puede ser debida a la eliminación de la microflora, contribuyendo también al mantenimiento de la calidad de los frutos (Qadir *et al.*, 1997; Lichter *et al.*, 2002). Otros autores refieren el efecto inhibitor del etanol en la producción endógena de etileno en frutos climatéricos (Saltveit y Sharaf, 1992).

La inmersión de racimos de uva en disoluciones de etanol del 30-50 % (v/v) durante 5-10 s redujo las pérdidas postcosecha, sin depreciar la evaluación sensorial del racimo (Ben-Arie *et al.*, 1998; Lichter *et al.*, 2002; 2005; Karabulut *et al.*, 2004; Lurie *et al.*, 2006; Yu *et al.*, 2006). También el empleo de etanol al 10 % durante 30 o 60 s, previamente calentado a 50, 55 y 60 °C, resultó beneficioso en el control del deterioro microbiano en uvas ‘Crimson Seedless’, ‘Flame Seedless’ y ‘Thompson Seedless’, sin perjuicio en la apariencia del raspón, en el color de las bayas, en la incidencia de bayas con señales de rotura, en el pardeamiento de la pulpa, en el *flavor* o en las pérdidas de peso tras 30 días de refrigeración (Karabulut *et al.*, 2004). La fumigación con etanol al 50 % 24 h antes de la cosecha redujo la flora epifítica de las bayas después de 30 días a 1 °C y 2 días a 20 °C (Karabulut *et al.*, 2003).

La fumigación de uva con ácido acético (8 mg L⁻¹), y posterior almacenamiento en bolsas de polietileno de baja densidad de 38 µm en ambiente refrigerado durante 74 días, redujo la incidencia de podredumbre del 94 al 2 % y el desprendimiento de las bayas de niveles superiores al 90 hasta el 2 % (Moyle *et al.*, 1996). La acción inhibitoria del ácido acético sobre el deterioro microbiano es debida, no sólo al pH, sino también a su efecto tóxico ya que el ácido no disociado puede penetrar en las células del microorganismo (Banwart, 1981 citado por Sholberg y Gaunce, 1995). Además, este ácido posee aptitud biocida a baja temperatura sin dañar la superficie de la fruta (Sholberg y Gaunce, 1995; Moyle *et al.*, 1996; Sholberg *et al.*, 1996).

Unida al empleo de bolsas de polietileno de baja densidad, la fumigación de uva ‘Crimson Seedless’ con 0,86 y 1,71 mmol de (*E*)-2-hexenal redujo la incidencia de hongos, sin perjuicio en las pérdidas de peso, en la firmeza y en los sólidos solubles totales (Archbold *et al.*, 1999). Se ha demostrado *in vitro* e *in vivo* el potencial fungicida de este compuesto natural (Archbold *et al.*, 1997; 1999).

Otro metabolito secundario empleado en la postcosecha es el acetaldehído debido a su amplio espectro de acción fungicida, incluyendo los principales microorganismos responsables del deterioro en uva (Avissar y Pesis, 1989, 1991; Avissar *et al.*, 1989). La fumigación de uva ‘Sultania’ con 5000 ppm de acetaldehído durante 24 h redujo la incidencia de la infección microbiana en un 92 %, comparado con la fruta control. Se destaca también su efecto beneficioso en la firmeza de las bayas, que contribuyó a su resistencia al ataque fúngico y mejora de las propiedades organolépticas (Avissar *et al.*, 1989; Pesis y Frenkel, 1989; Pesis, 2005).

Artés-Hernández *et al.* (2003), empleando diversas tecnologías postcosecha en uva ‘Napoleon’ – generadores de dióxido de azufre, atmósferas modificadas pasivas con polipropileno, atmósferas modificadas con *trans* 2-hexenal y hexanal, atmósferas controladas con 5 % de O₂ y 3 % de CO₂ y con 5 % de O₂ y 15 % de CO₂ y exposición continua (0,1 ppm) e intermitente a ozono (8 ppm durante 30 min cada 2,5 h) – concluyeron que, tras 38 días a 0 °C y 6 días a 15 °C, los mejores resultados fueron obtenidos con el empleo de bolsas de polipropileno con 5 % de O₂ y 15 % de CO₂.

El empleo de atmósferas modificadas y aceites esenciales en uva, mediante la introducción de gasas empapadas en aceites esenciales con eugenol (2-metoxi-4-(2-propenil) fenol), timol (5-metil-2-(1-metiletil) fenol), mentol (5-metil-2-isopropil ciclohexan-1-ol) y carvacrol (5-isopropil-2-metil fenol) en los envases de plástico, redujo el deterioro microbiano y mejoró las propiedades sensoriales y funcionales (Valverde *et al.*, 2005a; Valero *et al.*, 2006; Martínez-Romero *et al.*, 2007; Marandi *et al.*, 2010).

2.1.3.4. Recubrimientos comestibles

Los recubrimientos comestibles, al reducir la deshidratación y/o modificar la composición gaseosa de la micro atmósfera, funcionan como un envase, potenciando la mejora de las propiedades reológicas, funcionales y organolépticas de los productos hortofrutícolas, con la ventaja de reducir los envoltorios (Vargas *et al.*, 2008).

El empleo diferentes formulaciones de recubrimientos compuestos a base de gelatina y almidón (de trigo, sorgo, patata y arroz) redujo las pérdidas de peso y no aportó modificaciones sensoriales en uva ‘Crimson’. Las formulaciones con los almidones de sorgo y arroz fueron las más eficaces en la reducción de las pérdidas peso, a pesar de que dichos recubrimientos no presentaron las mejores propiedades de permeabilidad al vapor de agua, resistencia y deformación hasta rotura (Fakhouri *et al.*, 2007).

La aplicación del recubrimiento de *Aloe vera* L. en uvas ‘Crimson Seedless’ y ‘Autumn Royal’ redujo las mermas por podredumbre, el pardeamiento del escobajo, el desprendimiento de las bayas, la respiración, las pérdidas de peso y las modificaciones de color y de textura, presentando simultáneamente beneficios en la evaluación sensorial (Valverde *et al.*, 2005b; Serrano *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2010).

En uva también se ha estudiado la aplicación pre y postcosecha de quitosan (poli β -(1 \rightarrow 4) *N*-acetil-D-glucosamina) (Romanazzi *et al.*, 2002, 2007; Meng *et al.*, 2008). Esta sustancia, con permeabilidad selectiva al oxígeno, dióxido de carbono, etileno y vapor de agua, posee propiedades antifúngicas directas en varios patógenos, inhibiendo la germinación de las esporas, la elongación del tubo de germinación y el crecimiento del micelio (El Gaouth *et al.*, 1991, 1992). Además puede desencadenar la actividad de enzimas involucradas en mecanismos de defensa, como son la fenilalanina amonio liasa y la polifenoloxidasas (Romanazzi *et al.*, 2002; Meng *et al.*, 2008). También se ha demostrado que el quitosan penetra en el ácido nucleico de los hongos, interfiriendo en su síntesis (Rabea *et al.*, 2003).

El empleo de formulaciones con 0,5 % de quitosan y etanol (10 y 20 %) supuso un efecto aditivo y a veces sinérgico en el control del desarrollo de *Botrytis cinerea*, reduciendo la incidencia de bayas infectadas y la severidad de los daños (Romanazzi *et al.*, 2007).

Recubrimientos a base de quitosan (1 %) y de extractos de semillas de pomelo (0,1 %) tuvieron un efecto sinérgico en la reducción de *Botrytis cinerea* y en el mantenimiento de la calidad instrumental y sensorial en uva ‘Red Globe’ conservada a 0-1 °C durante 4 semanas (Xu *et al.*, 2007). La inmersión de uva en extractos de semillas de pomelo redujo la tasa respiratoria, la producción de etileno, la actividad de la polifenoloxidasas y la permeabilidad de las membranas celulares y aumentó la actividad de las enzimas

superóxido dismutasa, peroxidasa y catalasa, demostrando así las ventajas de la aplicación de dichos productos naturales, siempre asociada a la refrigeración (Xu *et al.*, 2009).

2.1.3.5. Calcio y sales de carbonato y bicarbonato

El empleo exógeno de calcio promueve la estabilidad de las paredes celulares al quelatar los grupos carboxílicos libres y las unidades de galacturónico, dificultando la actividad de las poligalacturonasas fúngicas (Elad y Volpin, 1993; Chardonnet *et al.*, 1997). Por ello, la aplicación de calcio antes (Ippolito *et al.*, 1995) y después de la cosecha (Ippolito *et al.*, 1994; Chardonnet *et al.*, 1997) reduce el deterioro postcosecha en uva de mesa. La utilización del calcio supone pocos riesgos ambientales y para la salud de los operarios.

En estudios pre y postcosecha de uva se han empleado aditivos alimentarios como los carbonatos y bicarbonatos, especialmente de sodio, para inhibir la germinación de *Botrytis cinerea* (Gabler y Smilanick, 2001; Karabulut *et al.*, 2003; Nigro *et al.*, 2006). Dicho efecto inhibitor podría estar asociado con modificaciones en el pH, la reducción de la turgencia de las células (Fallik *et al.*, 1997) y la inhibición de la actividad de la poligalacturonasa de *Botrytis cinerea* (Nigro *et al.*, 2006).

2.1.3.6. Cloro, peróxido de hidrógeno y ozono

El cloro ha sido ampliamente reconocido como un potente desinfectante postcosecha. El empleo de generadores de cloro gaseoso supuso resultados similares a la aplicación de dióxido de azufre, reduciendo las pérdidas por podredumbre gris sin depreciar la calidad en uvas ‘Flame Seedless’, ‘Thompson Seedless’ y ‘Ribier’, en particular en lo que concierne al color de la piel de las bayas y del raspón (Zoffoli *et al.*, 1999).

El peróxido de hidrógeno posee actividad antimicrobiana debido a sus propiedades oxidantes y a su capacidad para generar especies oxidantes citotóxicas, como los radicales hidroxilo, resultando de su degradación sustancias inocuas. La aplicación de dicho gas redujo la germinación de las esporas de *Botrytis cinerea* sin perjudicar la calidad de la uva (Forney *et al.*, 1991; Rij y Forney, 1995; Sapers y Simmons, 1998). A pesar de la capacidad del peróxido de hidrógeno para decolorar pigmentos, no se observó este efecto en uva ‘Thompson Seedless’ expuesta a 0,27 mg L⁻¹ durante 24 h a 20 °C, mientras que sí fue detectado en los pedicelos y zonas dañadas de la baya después de 6 h de exposición a

40 °C (Rij y Forney, 1995), produciéndose también la desecación del raspón y de los pedicelos en uva ‘Muskule’ (Eris *et al.*, 1994).

Frecuentemente, el empleo de ozono en disolución acuosa ha sido descrito como una alternativa a la cloración del agua, debido a su elevado poder desinfectante frente a bacterias, protozoos, virus y hongos (Smilanick *et al.*, 1999). Los tratamientos con agua ozonizada permiten el almacenamiento de varios frutos mediante el retraso de la maduración, debido a la oxidación del etileno, y la reducción de la población microbiana (Beuchat, 1998). Sin embargo, Gabler y Smilanick (2001) y Smilanick *et al.* (2002) obtuvieron resultados irregulares al sumergir uva en agua con 10 µg mL⁻¹ de O₃ durante 1 a 6 min. El estudio de diversos factores como son el efecto de la temperatura (la concentración de ozono en el agua disminuye a medida que el agua se calienta), del pH (la persistencia del ozono en el agua aumenta a pH bajo) y de la utilización de coadyuvantes, podría ser de sumo interés para mejorar esta tecnología postcosecha.

Las atmósferas enriquecidas en ozono surgen como una tecnología prometedora en la postcosecha de uva de mesa, promoviendo la reducción de la microflora superficial, la esporulación *in vivo* e *in vitro* de *Botrytis cinerea* (Sarig *et al.*, 1996; Palou *et al.*, 2002b; Pintado *et al.*, 2005; Tzortzakis *et al.*, 2007) y la inducción de mecanismos de defensa en el fruto (Pezet y Pont, 1988a, 1988b; Jeandet *et al.*, 1991; Sarig *et al.*, 1996; Artés-Hernández *et al.*, 2003; González-Barrio *et al.*, 2006).

2.1.3.7. Tratamientos con calor

El empleo comercial de tratamientos con calor a los productos vegetales se hace mediante agua, vapor y aire calientes (Lurie, 1998; Ferguson *et al.*, 2000). Los principales efectos directos del calor sobre los hongos son la inhibición o el retraso en la elongación del tubo de germinación, así como la destrucción de esporas, reduciendo así el inóculo y las subsecuentes lesiones que potencialmente se desarrollarían (Schirra *et al.*, 2000). Lydakis y Aked (2003b) demostraron que el efecto del vapor caliente en *Botrytis cinerea* es directo, matando o suprimiendo el patógeno en todos los estadios de su ciclo vital. Además de la acción directa en el hongo, los tratamientos con calor desencadenan mecanismos de defensa y retrasan la senescencia del fruto (Klein y Lurie, 1991). Otro efecto físico muy interesante de su empleo en la postcosecha es que, particularmente cuando se utiliza agua

caliente, se promueve la oclusión de fisuras cuticulares, contribuyendo así a la integridad estructural de esta barrera (Schirra *et al.*, 2000).

Los tratamientos con vapor caliente, 52,5 °C durante 21-24 min y 55 °C durante 18-21 min en uva ‘Sultania’, controlaron satisfactoriamente la podredumbre gris, el desprendimiento de las bayas y el pardeamiento del escobajo (Lydakis y Aked, 2003a, 2003b). La reducción del desprendimiento probablemente está asociada a la supresión de la producción y acción del etileno en frutas y hortalizas cuando se exponen a tratamientos con calor (Klein y Lurie, 1991). En lo que concierne al pardeamiento, este mecanismo involucra la ruta enzimática de la oxidación de los compuestos fenólicos por la fenoloxidasa (Carvajal-Millán *et al.*, 2001) y es sensible a la temperatura (Valero *et al.*, 1988; Dry y Robinson, 1994). No obstante, la aplicación de 55 °C durante 30 min causó pérdidas de peso más elevadas y oscurecimiento de las bayas (Lydakis y Aked, 2003a, 2003b).

2.1.3.8. Tratamientos hipobáricos e hiperbáricos

El empleo de tratamientos hipobáricos, con presiones inferiores a 0,20 atm durante 5 días, inhibió la germinación de las esporas y el desarrollo del micelio *in vitro* de varios hongos, incluyendo *Botrytis cinerea* (Apelbaum y Barkai-Golan, 1977). La exposición previa de uva a 0,25 atm durante 24 h redujo el porcentaje de bayas infectadas al 53 % y la severidad de la pudrición tras el almacenamiento a 20 °C, probablemente asociado a la inducción de mecanismos de defensa en el fruto (Romanazzi *et al.*, 2001). Otro efecto importante del empleo de presiones inferiores a la atmosférica fue el retraso de la maduración, debido a la eliminación del etileno de los tejidos (Burg y Burg, 1965), e, indirectamente, la disminución de la susceptibilidad al desarrollo microbiano (Lougheed *et al.*, 1978).

Análogamente, la exposición previa de uva ‘Italia’ a condiciones hiperbáricas (1,5 atm durante 24 h) redujo el porcentaje de bayas infectadas y la severidad de la pudrición tras el almacenamiento a 20 °C (Romanazzi *et al.*, 2008).

2.1.3.9. Luz ultravioleta e irradiación gamma

La aplicación de luz ultravioleta C (253,7 nm) de 0,125-0,500 kJ m⁻² redujo la podredumbre gris en uva ‘Italia’, mientras que dosis superiores produjeron un aumento en el número de bayas infectadas y en el diámetro del área dañada, y el empleo de dosis superiores a 1 kJ m⁻² ocasionó el pardeamiento de las bayas (Nigro *et al.*, 1998). Niveles de

luz UV-C superiores a un determinado umbral resultan nefastas para la uva, corroborando lo encontrado para otros frutos y hortalizas (Nigro *et al.*, 2000). Según González-Barrio *et al.* (2005) el pardeamiento observado en la piel de uva blanca ‘Superior’ expuesta a UV-C parece no estar estrechamente relacionado con la evolución de las enzimas oxidativas y podría ser debido, principalmente, a la disminución del contenido de clorofilas. El empleo de luz UV-C indujo la síntesis de estilbenos (Sarig *et al.*, 1997; Cantos *et al.*, 2000, 2001, 2002; González-Barrio *et al.*, 2005, 2006; Guerrero *et al.*, 2010), a semejanza de lo observado con el empleo de pulsos de radiación UV (Sánchez *et al.*, 2007). Así, esta tecnología postcosecha abre un camino en la mejora de las características funcionales de los frutos y productos derivados.

En cuanto a la aprobación de las radiaciones ionizantes como tratamiento postcosecha de frutas y hortalizas frescas, los gobiernos de los distintos países han sido reticentes, contrastando con su utilización en las especias. No obstante, varios autores encontraron que la irradiación gamma previene el desarrollo de podredumbres en uva, a diferentes dosis según los cultivares (Shirzad y Langerak, 1984; Al-Bachir, 1999). En uvas ‘Helwani’ y ‘Baladi’ se prolongó hasta un 50 % el período de almacenamiento al aplicarles 0,5-1 kGy y 1,5-2 kGy, respectivamente. La irradiación disminuyó las pérdidas de peso, lo que parece atribuirse a la reducción de la tasa respiratoria, de la actividad de la malato-deshidrogenasa y, en cierta medida, a la disminución del ataque fúngico (Al-Bachir, 1999).

2.1.3.10. Microorganismos antagonistas

Los microorganismos antagonistas actúan de forma aislada o combinada a diferentes niveles, siendo los más comunes la competición por nutrientes y espacio, el parasitismo, la antibiosis y la inducción de mecanismos de defensa (Ippolito y Nigro, 2000; Castoria *et al.*, 2001; Schena *et al.*, 2003).

En uva de mesa se han empleado antagonistas en la pre y postcosecha. En la vid se ha estudiado la aplicación de *Trichoderma harzianum* P1 y 1295-22 (Harman *et al.*, 1996), *Acremonium cephalosporium* B11 (Zahavi *et al.*, 2000), *Aureobasidium pullulans* L47 y 547 (Schena *et al.*, 2003), *Pichia guilliermondii* (Ben-Arie *et al.*, 1991), *Candida guilliermondii* A42 y *Metschnikowia fructicola* (Karabulut *et al.*, 2003). También se obtuvieron buenos resultados con la aplicación postcosecha de *Debaryomyces hansenii* L30 (Ippolito *et al.*, 1994), *Aureobasidium pullulans* L47, LS-30 y 547 (Ippolito *et al.*,

1994; Castoria *et al.*, 2001; Schena *et al.*, 2003), *Candida guilliermondii* A42, *Acremonium cephalosporium* B11 (Zahavi *et al.*, 2000) y *Thichoderma harzianun* (Batta, 2007). *Aureobasidium pullulans* LS-30 posee actividad antagonista frente a *Bortytis cinerea*, *Penicillium expansum*, *Rhizopus stolonifer* y *Aspergillus niger* (Castoria *et al.*, 2001). Un requisito determinante para el empleo de antagonistas es que sea compatible con las prácticas y condiciones postcosecha.

Para mejorar la actividad de los antagonistas en uva se recurrió al empleo de coadyuvantes como el cloruro de calcio, la goma xantana y la carboximetilcelulosa (Ippolito *et al.*, 1994; Harman *et al.*, 1996). Por otra parte, se ha demostrado un efecto sinérgico entre el empleo de antagonistas y de fungicidas, vislumbrando la reducción de los residuos de fungicidas sintéticos en los frutos comercializados (Harman *et al.*, 1996; Ippolito *et al.*, 1997).

En uva de mesa también se ha empleado la biofumigación con *Muscodor albus* (10-20 g kg⁻¹) para control de la podredumbre gris en condiciones de refrigeración y de vida útil (*shelf-life*) (Gabler *et al.*, 2006).

2.2. EVALUACIÓN DE CALIDAD EN FRUTOS: COLOR Y TEXTURA

2.2.1. Color

El color es un elemento sugestivo que confiere a los frutos su atractivo, ocupando un lugar preferente entre los parámetros que definen la calidad de los alimentos, ya que estos pueden ser rechazados por su color sin valorarse otras propiedades, como la textura, el sabor, potenciando incluso otros atributos sensoriales (Clydesdale, 1993).

La dualidad existente entre el concepto de color como fenómeno físico y sensorial motiva el interés en relacionar ambos fenómenos e incluso buscar las conexiones que el consumidor establece entre el color y las restantes propiedades del alimento.

En el sentido físico, se puede definir el color como la distribución de energía de la luz reflejada o transmitida por un objeto, en que solo una pequeña porción del espectro electromagnético es visible por el ojo humano (380 a 770 nm).

La medida objetiva del color se puede llevar a cabo mediante equipos capaces de medir la reflectancia, absorbancia o transmitancia, como son los espectrofotómetros y los

colorímetros. Actualmente, los colorímetros triestímulo son ampliamente utilizados en la industria alimentaria. Empleando estos equipos, la muestra es irradiada por un iluminante de luz policromática, la luz reflejada pasa a través de filtros y es medida por una fotocélula; la combinación de la distribución espectral de energía del iluminante, las características de distribución de los filtros y la respuesta espectral de la fotocélula determinan las señales, que son transformadas a valores triestímulos. Estos colorímetros utilizan principalmente los iluminantes C y D65, siendo el primero una luz de día que no incluye luz ultravioleta y cuya temperatura de color es de 6774 K, mientras que el iluminante D65 también incluye el espectro en la región ultravioleta con una temperatura de color de 6504 K (Anónimo, 1998).

Los sistemas de referencia de medida son espacios en los que a partir de una notación, fundamentalmente numérica, son definidos todos los colores. Algunos de los sistemas más utilizados son el *RGB (Red, Green, Blue)*, *Hunter Lab*, *CIE (Comission Internationale de l'Eclairage) Lab*. El espacio de color *CIELab* (Figura 2.1), ideado en 1976, proporciona diferencias de color más uniformes y mejor relacionadas con la percepción por el ojo humano y como tal asume un papel de relieve en la evaluación del color de los alimentos (Francis, 1980; Anónimo, 1998; Valero y Ruiz-Altisent, 1998; Abbott, 1999).

En este espacio tridimensional todos los colores se representan dentro de un sólido cuyo eje central L^* , luminosidad, tiene un valor entre 0 y 100 % (0 para el negro y 100 para el blanco) y las coordenadas cromáticas a^* y b^* forman un plano horizontal, siendo $-a^*$ hacia el verde y $+a^*$ hacia el rojo, y el eje definido por $-b^*$ hacia el azul y $+b^*$ hacia el amarillo, como puede observarse en la Figura 2.1.

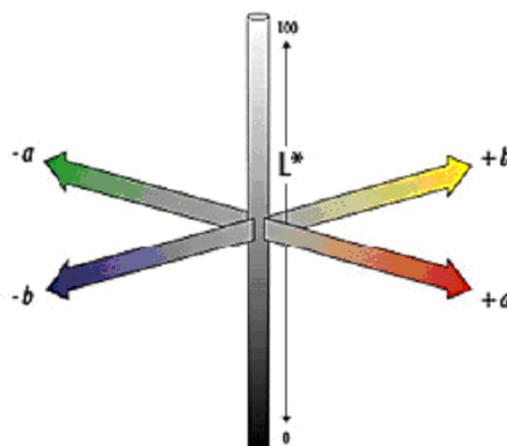


Figura 2.1. Coordenadas de color L^* , a^* y b^* en el espacio *CIELab* (Anónimo, 1998).

En la “esfera de color” se han definido la cromaticidad (C^*) y ángulo de tono (H), que corresponden a la viveza y al matiz básico de color, respectivamente (Lancaster *et al.*, 1997; Anónimo, 1998). La cromaticidad es la distancia del centro al punto y el ángulo de tono representa el ángulo definido por las coordenadas a^* y b^* (Figura 2.2) y se calculan empleando las siguientes ecuaciones:

- $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$;
- $H = \tan^{-1}(b^*/a^*)$.

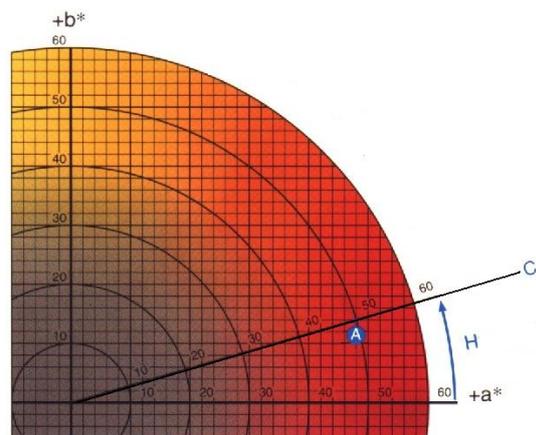


Figura 2.2. Cromaticidad (C^*) y ángulo de tono (H) en el espacio $CIELab$ (Anónimo, 1998).

Una de las principales dificultades en la colorimetría es el manejo de datos, por lo que Francis (1983) recomienda la reducción a dos o uno de los parámetros para facilitar su comprensión e interpretación utilizando ecuaciones de regresión. Otros autores definieron índices de color para frutos y vegetales que consisten en expresiones matemáticas de los parámetros $CIELab$ o Hunter (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981; Campbell *et al.*, 1989; Dodds *et al.*, 1991; Carreño *et al.*, 1995a, 1995b, 1996; 1997; Fernández-López *et al.*, 1998; Singh y Reddy, 2006; Rolle y Guidoni, 2007).

2.2.2. Textura

2.2.2.1. Propiedades texturales: mecánicas, estructurales y sensoriales

La textura se ha definido como todos los atributos mecánicos, geométricos y de la superficie de un producto perceptibles por medio de receptores táctiles y, si es apropiado,

visuales y auditivos, resultado de la ordenación de las diversas especies químicas en la micro y macroestructuras y de su manifestación externa (Bourne, 1980, 1982; Jackman y Stanley, 1995; Allan-Wojtas *et al.*, 2001). Bourne (1980) propone la designación “propiedades texturales” para enfatizar que es importante entender el concepto de textura como un grupo amplio de propiedades de los alimentos.

En última instancia, la textura de los alimentos vegetales podría atribuirse principalmente a la integridad estructural de la pared celular y de la lamela media, a la presión osmótica celular y a mecanismos de ligación y de rotura entre las células (Reeve, 1970; Sherman, 1973; Mohsenin, 1977; Bartley y Knee, 1982; Pitt, 1982; Harker y Hallet, 1994; Jackman y Stanley, 1995; Seymour y Gross, 1996; Harker *et al.*, 1997a; Allan-Wojtas *et al.*, 2001).

El comportamiento reológico del alimento está relacionado con la deformación, desintegración y flujo cuando se le aplica una fuerza, pudiendo medirse la respuesta en función de la fuerza, del tiempo y de la deformación. Los frutos y vegetales tienen un comportamiento viscoelástico cuando se someten a una carga, de forma que la fuerza, deformación y el tiempo - intensidad, duración y velocidad de la carga - determinan su comportamiento reológico. A efectos prácticos, manteniendo la velocidad del ensayo constante se asume que los alimentos tienen un comportamiento viscoelástico lineal (Morrow y Moshenin, 1966; Bourne, 1982; Abbott, 1999).

Ya en 1974 Mohsenin indicó que la caracterización del material, la determinación del momento óptimo de cosecha, la selección del mejor método de recolección, la definición de parámetros de calidad y la evaluación de los daños mecánicos en la cosecha y postcosecha eran objetivos de la reología aplicada al sector hortofrutícola, y que continúan persiguiéndose en nuestros días.

2.2.2.2. Evaluación instrumental

En el campo de la Reología se tienen ensayos fundamentales, empíricos e imitativos. Los ensayos fundamentales suponen la aplicación de pequeñas tensiones a materiales isotrópicos, homogéneos y de forma regular, premisas a las que no obedecen la mayoría de los alimentos. Consecuentemente, en la Reología Alimentaria dichos ensayos se emplean para el desarrollo de métodos empíricos. A pesar de que los datos obtenidos de los ensayos empíricos no tienen una relación claramente establecida con la composición, estructura celular o propiedades mecánicas, sí que son muy relevantes para estudiar el efecto de las

diferentes variables involucradas en la cadena hortofrutícola. Los ensayos imitativos simulan las condiciones a las que el alimento es sometido en la práctica y pueden ser incluidos en los empíricos (Szczesniak, 1973; Bourne, 1982).

Entre los ensayos empíricos y/o imitativos generalmente aplicados en frutos se destacan la compresión, el corte y la penetración. La compresión consiste, frecuentemente, en la aplicación uniaxial de la carga entre dos superficies y la muestra se expande de forma libre en los otros dos sentidos (ASAE, 2000). En la penetración la resistencia ofrecida al avance de la sonda, generalmente cilíndrica, resulta de una combinación de fuerzas de compresión y corte, donde la primera está relacionada con el área de la base de la sonda mientras que el corte lo está con el perímetro de la misma (Bourne, 1965; Pirovani *et al.*, 1994).

En productos hortofrutícolas, el ensayo empírico más extendido es el de penetración de Magness-Taylor, basado en la determinación de la fuerza máxima al introducir un vástago cilíndrico de 8 u 11 mm de diámetro, pudiendo llevarse a cabo en los frutos con o sin piel, dependiendo de las características de los mismos y de los objetivos planteados. El penetrómetro se puede considerar como un “equipo de campo” muy útil pero con algunas limitaciones en la precisión, especialmente por no aplicar la fuerza a una velocidad constante y debido a variaciones en el ángulo y profundidad de introducción del vástago en la muestra (Harker *et al.*, 1996). En el laboratorio se utilizan equipos más sofisticados, como los texturómetros, en los que el ensayo se realiza a velocidad controlada registrándose el perfil de deformación de forma continua.

Entre los vástagos más utilizados se incluyen cilindros con base plana o redondeada y esferas. La distribución de las tensiones provocada en la deformación con sondas de base plana y sondas esféricas es distinta; con las primeras se ejerce una tensión superior a lo largo del perímetro y con las segundas en el centro de las mismas (Mohsenin, 1970).

En los últimos años, se vienen utilizando especialmente las sondas cilíndricas con diámetros de 4, 3 y 2 mm e incluso menores (D'Aquino *et al.*, 2001; Walker *et al.*, 2001; Crisosto *et al.*, 2002a; Wu y Abbott, 2002; Palou *et al.*, 2003; Camps *et al.*, 2005; Guillermin *et al.*, 2006). El empleo de sondas de menores dimensiones permite su utilización para una amplia variedad de frutas, con la obtención de un mayor número de repeticiones en el mismo fruto y de datos adicionales, como son la determinación simultánea de características reológicas de la piel y de la pulpa, con la ventaja de evitar el pelado de la fruta que es un considerable ahorro de tiempo.

Para la evaluación de las propiedades reológicas de uva, cereza y tomate Valero y Ruiz-Altisent (1998) recomiendan el empleo de vástagos de pequeños diámetros. La utilización de punzones con 0,5 ó 1 mm de diámetro minimiza el efecto de resistencia de la pulpa y permite la evaluación de las propiedades reológicas de la piel, la cual ejerce función protectora durante el transporte y almacenamiento (Barreiro y Ruiz-Altisent, 1996; Valero y Ruiz-Altisent, 1998; Segade *et al.*, 2008).

La resistencia ofrecida al desplazamiento del vástago depende de los tejidos, dimensiones de la muestra y velocidad del ensayo (Peleg *et al.*, 1976; Holt y Schoorl, 1983, 1984; Harker *et al.*, 1997b), utilizándose en frutos velocidades de 1 a 5 mm s⁻¹ (Vargas *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2001; Wu y Abbott, 2002; Camps *et al.*, 2005; Deng *et al.*, 2005; Guillermin *et al.*, 2006).

La determinación de las propiedades reológicas de los frutos todavía carece de estandarización. La heterogeneidad inherente a los frutos y sus continuas modificaciones fisiológicas no facilitan dicha evaluación. El tamaño y la forma del elemento de carga, la velocidad y la preparación de la muestra deberán ser cuidadosamente considerados en cada ensayo según los objetivos pretendidos y detalladamente descritos.

2.2.2.3. Parámetros reológicos

La curva teórica Fuerza/Deformación resultante de la penetración y compresión es inicialmente lineal lo que indica una deformación elástica no destructiva. El punto en que se observa la inflexión de la curva se designa como límite elástico. Más allá de este tramo, las células comienzan a romperse y puede haber un punto de biofluencia donde se observa un cambio en la pendiente de la curva antes del punto de rotura, en el que tiene lugar una destrucción importante del tejido. En algunas curvas la biofluencia puede que no se distinga del punto de rotura. Después del punto de rotura se pueden obtener distintos perfiles en los que, según el tejido, la fuerza puede disminuir, mantenerse constante o aumentar (Bourne, 1965; 1980; Peleg *et al.*, 1976; Pirovani *et al.*, 1994; Harker *et al.*, 1997b; Robin *et al.*, 1997; ASAE, 2000; Segade *et al.*, 2008).

En frutos, los parámetros reológicos que mejor se correlacionan con la susceptibilidad a los daños mecánicos y la evaluación sensorial son aquellos que se determinan cuando se aplican fuerzas o deformaciones que producen la rotura de los tejidos (Mohsenin, 1977; Lidster *et al.*, 1978; Bourne, 1982; Abbott, 1994; Sato *et al.*, 1997). Así, los parámetros

reológicos más empleados para describir la textura de los frutos son aquellos que caracterizan el punto de rotura y/o los relacionados con la máxima fuerza (FM), como son la deformación (D) y la pendiente (FM/D) (Vargas *et al.*, 2000; Hertog *et al.*, 2001; Walker *et al.*, 2001; Segade *et al.*, 2008) (Figura 2.3). La energía o trabajo (W), área bajo la curva hasta el punto de rotura, también se viene empleando (Abbott, 1994; Robin *et al.*, 1997; Sato *et al.*, 1997, 2000; Vargas *et al.*, 2000; Segade *et al.*, 2008).

Otros autores calcularon la pendiente inicial, para niveles inferiores al punto de biofluencia (Lidster *et al.*, 1978; Lidster y Tung, 1979; Patten y Patterson 1985a, 1985b; Abbott, 1994; Steinmetz *et al.*, 1996; Robin *et al.*, 1997). Wu y Abbott (2002) presentan otro enfoque al proponer que para el cálculo de la pendiente de la curva Fuerza/Deformación no se utilice el tramo inicial, evitando una evolución no lineal hasta el punto de rotura como resultado de la presencia del punto de biofluencia.

Los ensayos de compresión del fruto entero aportan información global de la firmeza (Patten y Patterson, 1985a, 1985b; Brown y Bourne, 1988; Jackman *et al.*, 1990; Jackman y Stanley, 1995; Allan-Wojtas *et al.*, 2001).

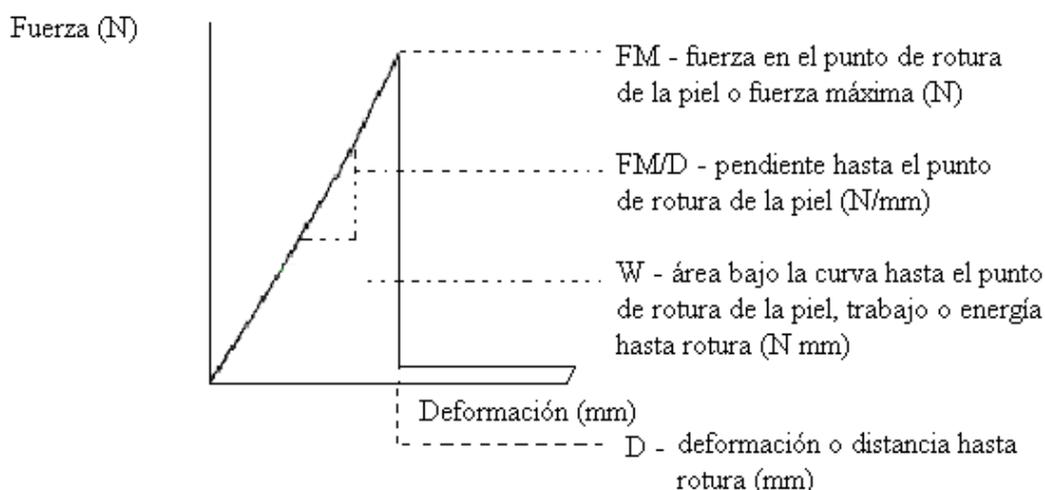


Figura 2.3. Parámetros reológicos calculados a partir de la curva Fuerza/Deformación del ensayo de penetración.

También, se ha discutido bastante en la bibliografía de hortofruticultura sobre si realizar la penetración en el fruto con o sin piel. Bourne (1980, 1982) propuso que la altura del pico de la curva Fuerza/Deformación resultante del ensayo de penetración del fruto con piel

depende de las características de la piel y, en algunos casos, esta estructura es tan poco resistente que ese aumento no se detecta, mientras que si la piel es muy resistente el incremento será considerable. Puesto que la resistencia de la piel no está necesariamente relacionada con la de la pulpa que se encuentra bajo la misma, según este autor, debe retirarse la piel si se requiere una medida de la firmeza real de la pulpa, al menos que la piel sea tan poco resistente que no produzca ningún aumento en la medida. De hecho, Brown y Bourne (1988) en cereza describen la fuerza registrada en el punto de rotura como una combinación de la firmeza de la piel y de la pulpa. Otros autores, proponen el ensayo de penetración con piel para obtención de indicadores de firmeza de la piel y de la pulpa, calculándose la fuerza en el punto de rotura y la fuerza registrada en la zona después del descenso repentino en el perfil Fuerza/Deformación, respectivamente (Camps *et al.*, 2005).

Lo expuesto pone de manifiesto que en la deformación de los frutos están involucrados numerosos procesos físicos, no siendo aconsejable asumir que los parámetros reológicos tienen el mismo significado en todos ellos.

2.3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, J.A., 1994. Firmness measurement of freshly harvested 'Delicious' apples by sensory methods, sonic transmission, Magness-Taylor, and compression. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 510-515.
- Abbott, J.A., 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 207-225.
- Ahumada, M.H., Mitcham, E.J., Moore, D.G., 1996. Postharvest quality of 'Thompson Seedless' after insecticidal controlled-atmosphere treatments. *HortScience* 31: 833-836.
- Al-Bachir, M., 1999. Effect of gamma irradiation on storability of two cultivars of Syrian grapes (*Vitis vinifera*). *Radiation Physics and Chemistry* 55: 81-85.
- Alavoine, F., Crochon, M., Fady, C., Fallot, J., Moras P., Pech, J.C., 1988. La qualité gustative des fruits. Méthodes pratiques d'analyses. CEMAGREF, Ministère de l'Agriculture, Aix-en-Provence, 50 pp.

- Allan-Wojtas, P.M., Forney, C.F., Carbyn, S.E., Nicholas, K.U.K.G., 2001. Microstructural indicators of quality related characteristics of blueberries – an integrated approach. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 34: 23-32.
- Anónimo, 1998. Precise color communication. Color control from perception to instrumentation. Handbook. Minolta Camera Co Ltd., Japan, Tokyo, 58 pp.
- Apelbaum, A., Barkai-Golan, R., 1977. Spore germination and mycelial growth of postharvest pathogens under hypobaric pressure. *Phytopathology* 67: 400-4003.
- Archbold, D.D., Hamilton-Kemp, T.R., Barth, M.M., Langlois, B.E., 1997. Identifying natural volatile compounds that control gray mold (*Botrytis cinerea*) during postharvest storage of strawberry, blackberry, and grape. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45: 4032-4037.
- Archbold, D.D., Hamilton-Kemp, T.R., Clements, A.M., Collins, R.W., 1999. Fumigating ‘Crimson Seedless’ table grapes with (E)-2-hexenal reduces mold during long-term postharvest storage. *HortScience* 34: 705:707.
- Artés-Hernández, F., Artés, F., Tomas-Barberan, F. A., 2003. Quality and enhancement of bioactive phenolics in cv. Napoleon table grapes exposed to different postharvest gaseous treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 5290-5295.
- Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Artés, F., 2004. Alternative atmosphere treatments for keeping quality of ‘Autumn seedless’ table grapes during long-term cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 31: 59-67.
- ASAE, 2000. Compression test of food materials of convex shape. *ASAE Standards*, S368.4. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Austin, R.K., Clay, W., Phimphivong, S., Smilanick, J.L., Henson, D.J., 1997. Patterns of sulfite residue persistence in seedless grapes during three months of repeated sulfur dioxide fumigations. *American Journal of Enology and Viticulture* 48: 121-124.
- Avissar, I., Pesis, E., 1989. The control of postharvest control decay in table grapes using acetaldehyde vapour. *Annual Applied Biology* 118: 229-237.
- Avissar, I., Pesis, E., 1991. The control of postharvest decay in table grapes using acetaldehyde vapours. *Annual Applied Biology* 118: 229-237.

- Avissar, I., Marinansky, R., Pesis, E., 1989. Postharvest control decay of grape by acetaldehyde vapors. *Acta Horticulturae* 258: 655-660.
- Baiano, A., la Notte, E., Coletta, A., Terracone, C., Antonacci, D., 2011. Effects of irrigation volume and nitrogen fertilization on Redglobe and Michele Palieri table-grape cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture* 62: 57-65.
- Ballinger, W.E., McClure, W.F., Nesbitt, W.B., Maness, E.P., 1978. Light sorting muscadine grapes (*Vitis rotundifolia* Michx.) for ripeness. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103: 629-634.
- Ballinger, W.E., Nesbitt, W.B., 1982. Quality of Muscadine grapes after storage with sulfur dioxide generators. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107: 827-830.
- Ballinger, W.E., McClure, W.F., 1983. The effect of ripeness on storage quality of 'Carlos' muscadine grapes. *Scientia Horticulturae* 18: 241-245.
- Banwart, G.J., 1981 in Sholberg & Gaunce, 1995.
- Barreiro, P., Ruiz-Altisent, M., 1996. Propiedades mecánicas, calidad de frutos. Definiciones, medidas instrumentales. *Fruticultura Profesional* 77: 48-55.
- Bartley, I. M., Knee, M., 1982. The chemistry of textural changes in fruit during storage. *Food Chemistry* 9: 47-58.
- Batta, Y.A., 2007. Control of postharvest diseases of fruit with an invert emulsion formulation of *Trichoderma harzianum* Rifai. *Postharvest Biology and Technology* 43: 143-150.
- Ben-Arie, R., Droby, S., Zutkhi, J., Cohen, L., Weiss, B., Sarig, P., Zeidman, M., Daus, A., Chalutz, E., 1991. Preharvest and postharvest biological control of *Rhizopus* and *Botrytis* bunch rots of table grapes with antagonistic yeasts. In *Biological control of postharvest diseases of fruits and vegetables*, Wilson, C.L., Chalutz, E. (eds.), ARS Publication 92, USDA, ARS, Washington, 14-29.
- Ben-Arie, R., Zutkhi, Y., Sonogo, L., Sarig, P., 1998. Ethanol improves quality of table grapes. *Beltsville Symposium XXIII Fresh Fruits and Vegetables: Quality and Food Safety*, Beltsville, 33.

- Berry, G., Aked, J., Kader, A.A., 1997. Controlled atmosphere alternatives to the postharvest use of sulphur dioxide to inhibit the development of *Botrytis cinerea* in table grapes. *Postharvest-Horticulture Series Department of Pomology* 17: 160-164. University of California, Davis.
- Bernstein, Z., Lustig, I., 1985. Hydrostatic methods of measurement of firmness and turgor pressure of grape berries. *Scientia Horticulturae* 25: 129-136.
- Beuchat, L.R., 1998. Surface decontamination of fruits and vegetables eaten raw: a review. World Health Organization, Food Safety Unit WHO/FSF/FOS/982.
- Bourne, M.C., 1965. Measure of shear and compression components of puncture tests. *Journal Paper* (1456): 282-291. New York State Agricultural Experiment Station, New York.
- Bourne, M., 1980. Texture evaluation of horticultural crops. *HortScience* 15: 51-57.
- Bourne, M.C., 1982. Food texture and viscosity: Concept and measurement. Academic Press Inc., New York, 325 pp.
- Brown, S.G., Bourne, M.C., 1988. Assessment of component of fruit firmness in selected sweet cherry genotypes. *HortScience* 23: 902-904.
- Burg, S.P., Burg, E.A., 1965. Gas exchange in fruits. *Physiology Plant* 18: 870-876.
- Campbell, C.A., Huber, D.J., Koch, K.E., 1989. Postharvest changes in sugars, acids and color of carambola fruit at various temperatures. *HortScience* 24: 472-475.
- Camps, C., Guillermin, P., Mauget, J.C., Bertrand, D., 2005. Data analysis of penetrometric force/displacement curves for the characterization of whole apple fruits. *Journal of Texture Studies* 36: 387-401.
- Cantos, E., Garcia-Viguera, C., de Pascual-Teresa, S., Tomas-Barberan, F.A., 2000. Effect of postharvest ultraviolet irradiation on resveratrol and other phenolics of cv. Napoleon table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 4606-4612.
- Cantos, E., Espin, J.C., Tomás-Barberán, F.A., 2001. Postharvest induction modelling method using UV irradiation pulses for obtaining resveratrol-enriched table grapes: A new "functional" fruit? *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 5052-5058.

- Cantos, E., Espín, J.C., Tomás-Barberán, F.A., 2002. Postharvest stilbene-enrichment of red and white table grape varieties using UV-C irradiation pulses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 6322 -6329.
- Carbonneau, A., Moueix, A., Leclair, N., Renoux, J.L., 1991. A proposed berry sampling method based on analysis of maturation heterogeneity on a plant. *Bulletin de l' OIV* 64: 727-728.
- Carreño, J., Almela, L., Martínez, A., Fernández-López, J.A., 1995a. Colour changes associated with maturation of the table grape cv. Don Mariano. *Journal of Horticultural Science* 70: 841-846.
- Carreño, J., Martínez, A., Almela, L., Fernández-López, J.A., 1995b. Proposal of an index for the objective evaluation of the colour of red table grapes. *Food Research International* 28: 373-377.
- Carreño, J., Martínez, A., Almela, L., Fernández-López, J.A., 1996. Measuring the color of table grapes. *Color Research and Application* 21: 50-54.
- Carreño, J., Almela, L., Martínez, A., Fernández-López, J.A., 1997. Chemotaxonomical classification of red table grapes based on anthocyanin profile and external colour. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 30: 259-265.
- Carvajal-Millán, E., Carvalho, T., Orozco, J.A., Martínez, M.A., Tapia, I., Guerrero, V.M., Rascon-Chu, A., Llamas, J., Gardea, A.A., 2001. Polyphenol oxidase activity, color changes, and dehydration in table grape rachis during development and storage as affected by N-(2-chloro-4-pyridyl)-N-phenylurea. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49: 946-951.
- Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P.J., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., Martínez-Romero, D., 2010. Antifungal efficacy of *Aloe vera* in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and Technology* 57: 183–188.
- Castoria, R., De Curtis, F., Lima, G., Caputo, L., Pacifico, S., De Cicco, V., 2001. *Aureobasidium pullulans* (LS-30) an antagonist of postharvest pathogens of fruits: study on its modes of action. *Postharvest Biology and Technology* 22: 7-17.

- Chapon, J.-F., Bony, P., Fraisse F., Carensac, S., 1991. Raisin de table: la préréfrigération. *Infos-Ctifl* 73: 33-36.
- Chardonnet, C., L'Hyvernay, A., Doneche, B., 1997. Effect of calcium treatment prior to *Botrytis cinerea* infection on changes in pectic composition of grape berry. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 50: 213-218.
- Chen, S., Zhanga, M., Wang S., 2011. Effect of initial hermetic sealing on quality of 'Kyoho' grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology* 59: 194-199.
- Chervin, C., Westercamp, P., Monteils G., 2005. Ethanol vapours limit *Botrytis* development over the postharvest life of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 36: 319-322.
- Cliff, M.A., Dever, M.C., Reynolds, A.G., 1996. Descriptive profiling of new and commercial British Columbia table grape cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture* 47: 301-308.
- Clydesdale, F.M., 1993. Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 33: 83-101.
- Coombe, B.G., Dundon, R.J., Short, A.W.S., 1980. Indices of sugar-acidity as ripeness criteria for wine grapes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 31: 495-502.
- Creasy, L.L., Coffe, M., 1988. Phytoalexin production potential of grape berries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 113: 230-234.
- Crisosto, C.H., Smilanick, J.L., Dokoozlian, N.K., Luvisi, D.A., 1994. Maintaining table grape post-harvest quality for long distant markets. *In* International symposium on table grape production, Rantz, J. M. (ed.), Anaheim, 195-199.
- Crisosto, C., 2001. Techniche di lavorazione post-raccolta dell'uva da tavola in California. *Frittilcoltura* 12: 44-48.
- Crisosto, C.H., Smilanick, J.L., Dokoozlian, N.K., 2001. Table grapes suffer water loss, stem browning during cooling delays. *California Agriculture* 55: 39-42.
- Crisosto, C.H., Crisosto, G.M., 2002. Understanding American and Chinese acceptance of 'Red Globe' table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 24: 155-162.

- Crisosto, C.H., Garner, D., Crisosto, G.M., 2002a. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from *Botrytis* but accelerate rachis browning of 'Red Globe' table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 26: 181-189.
- Crisosto, C.H., Garner, D., Crisosto, G., 2002b. High carbon dioxide atmospheres affect stored 'Thompson Seedless' table grapes. *HortScience* 37: 1074-1078.
- Crisosto, C.H., Palou, L., Garner, D., Armson, D.A., 2002c. Concentration by time product and gas penetration after marine container fumigation of table grapes with reduced doses of sulfur dioxide. *HortTechnology* 12: 241-244.
- Crisosto, C.H., Mitcham, E.J., Kader, A.A., 2004. Uva de mesa. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis, 1-2.
- D'Aquino, S., Angioni, M., Schirru, S., Aggabio, M., 2001. Quality and physiological changes of film packaged 'Malvasio' mandarins during long term storage. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 34: 206-214.
- De Koch, P.J., Holtz, G., 1994. Application of fungicides against postharvest *Botrytis cinerea* bunch rot of table grapes in the Western Cape. *South African Journal of Enology and Viticulture* 15: 33-40.
- Del Nobile, M.A., Sinigaglia, M., Conte, A., Speranza, B., Scrocco, C., Brescia, I., Bevilacqua, A., Laverse, J., La Notte, E., Antonacci, D., 2008. Influence of postharvest treatments and film permeability on quality decay kinetics of minimally processed grapes. *Postharvest Biology and Technology* 47: 389-396.
- Del Nobile, M.A., Conte, A., Scrocco, C., Brescia, I., Speranza, B., Sinigaglia, M., Perniola, R., Antonacci, D., 2009. A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. *Postharvest Biology and Technology* 51: 21-26.
- Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., 2005. Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grapes stored in high oxygen atmospheres. *Food Research International* 38: 769-776.
- Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., 2006. Physiological responses and quality attributes of 'Kyoho' grapes to controlled atmosphere storage. *LWT - Food Science and Technology* 39: 584-590.

- Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., 2007a. Effects of high CO₂ and low O₂ atmospheres on the berry drop of 'Kyoho' grapes. *Food Chemistry* 100: 768-773.
- Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., Yang, M., Shi, C., Zheng, C., 2007b. Studies of postharvest berry abscission of 'Kyoho' table grapes during cold storage and high oxygen atmospheres. *Postharvest Biology and Technology* 43: 95-101.
- Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., Zhang, P., Yang, M., Shi, C., Zheng, C., Yu, S., 2007c. A mathematical model for predicting grape berry drop during storage. *Journal of Food Engineering* 78: 500-511.
- Dodds, G.T., Brown, J.W., Ludford, P.M., 1991. Surface color changes of tomato and other solanaceous fruit during chilling. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116: 482-490.
- Dry, I. B., Robinson, S.P., 1994. Molecular cloning and characterization of grape polyphenol oxidase. *Plant Molecular Biology* 26: 495-502.
- El Gaouth, A., Arul, J., Ponnampalam, R., 1991. Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumbers and bell pepper fruits. *Journal of Food Process and Preservation* 15: 359-368.
- El Gaouth A., Arul J., Grenier J., Asselin A., 1992. Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. *Phytopathology* 82: 398-402.
- El-Goorani, M.A., Sommer, N.F., 1981. Effects of modified atmospheres on postharvest pathogens of fruits and vegetables. *Horticultural Reviews* 3: 412-461.
- El-Kazzaz, M.K., Sommer, N.F., Kader, A.A., 1983. Ethylene effects on in vitro and in vivo growth of certain postharvest fruit-infecting fungi. *Phytopathology* 73: 998-1001.
- Elad, Y., Volpin, H., 1993. Reduced development of grey mould (*Botrytis cinerea*) in bean and tomato plants by calcium nutrition. *Journal of Phytopathology* 139: 146-156.
- Eris, A., Türk, R., Türkben, C., Çopur, Ö., 1994. The effects of vapour phase hydrogen peroxide applications on postharvest decay of grape cv. Muscadine. *Acta Horticulturae* 368: 777-785.
- Fakhouri, F.M., Fontes, L.C.B., Gonçalves, P.V.M., Milanez, C.R., Steel, C.J., Collares-Queiroz, F.P., 2007. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de

- amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas 'Crimson'. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*: 27: 369-375.
- Fallik, E., Grinberg, S., Ziv, O., 1997. Potassium bicarbonate reduces postharvest decay development on bell pepper fruits. *Journal of Horticultural Science* 72: 35-41.
- Ferguson, I.B., Ben-Yehoshua, S., Mitcham, E.J., McDonald, R.E., Lurie, S., 2000. Postharvest heat treatments: introduction and workshop summary. *Postharvest Biology and Technology* 21: 1-6.
- Fernández-López, J.A., Almela, L., Muñoz, J.A., Hidalgo, V., Carreño, J., 1998. Dependence between colour and individual anthocyanin content in ripening grapes. *Food Research International* 31: 667-672.
- Forney, C.F., Rij, R.E., Denis-Arrue, R., Smilanick, J.L., 1991. Vapor phase hydrogen peroxide inhibits postharvest decay of table grapes. *HortScience* 26: 1512-1514.
- Francis, F., 1980. Color quality evaluation of horticultural crops. *HortScience* 15: 58-59.
- Francis, F.J., 1983. Colorimetry of foods. In Physical properties of foods. Peleg, M., Bugley, E.B. (eds.). AVI Pub. Co., Westport, 105-123.
- Franck, J., Latorre, B.A., Torres, R., Zoffoli, J.P., 2005. The effect of preharvest fungicide and postharvest sulfur dioxide use on postharvest decay of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 37: 20-30.
- Gabler, F.M., Smilanick, J.L., 2001. Postharvest control of table grape gray mold on detached berries with carbonate and bicarbonate salts and disinfectants. *American Journal of Enology and Viticulture* 52: 12-20.
- Gabler, F.M., Fassel, R., Mercier, J., Smilanick, J.L., 2006. Influence of temperature, inoculation interval, and dosage on biofumigation with *Muscodor albus* to control postharvest gray mold on grapes. *Plant Disease* 90: 1019-1025.
- Gardea, A.A., Martinez-Tellez, M.A., Sanchez, A., Baez, M., Siller, J.H., Gonzalez, G., Baez, R. Crisosto, C.H., Criddle, R.S., 1994. Post-harvest weight loss of Flame Seedless clusters. In International symposium on table grape production, Rantz, J. M. (ed.), Anaheim, 203-206.

- Goetz, G., Fkyerat, A., Métais, N., Kunz, M., Tabacchi, R., Pezet, R., Pont, V., 1999. Resistance factors to grey mold in grape berries: identification of some phenolics inhibitors of *Botrytis cinerea* stilbene oxidase. *Phytochemistry* 52: 759-767.
- González-Barrio, R., Salmenkallio-Marttila, M., Tomás-Barberán, F.A., Cantos E., Espín, J.C., 2005. Etiology of UV-C-induced browning in var. Superior white table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 5990-5996.
- González-Barrio, R., Beltran, D., Cantos, E., Gil, M.I., Espin, J.C., Tomas-Barberan, F.A., 2006. Comparison of ozone and UV-C treatments on the postharvest stilbenoid monomer, dimer, and trimer induction in var. 'Superior' white table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 4222-4228.
- Guelfat-Reich, S., Safran, B., 1971. Indices of maturity for table grapes as determined by variety. *American Journal of Enology and Viticulture* 22: 13-18.
- Guerrero, R.F., Puertas, B., Fernández, M.I., Palma, M., Cantos-Villar E., 2010. Induction of stilbenes in grapes by UV-C: Comparison of different subspecies of *Vitis*. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 11: 231-238.
- Guillermin, P., Dupont, N., Le Morvan, C., Le Quéré, J.-M., Langlais, C., Mauget, J.C, 2006. Rheological and technological properties of two cider apple cultivars. *LWT - Food Science and Technology* 39: 995-1000.
- Hardenburg, R.E., Watada, A.E., Wang, C.Y., 1990. Commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. US Department Agriculture, Agriculture Handbook 66 (revised), Washington, 130 pp.
- Harker, F.R., Hallet, I.C., 1994. Physiological and mechanical properties of kiwifruit tissue associated with texture change during cool storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 119: 987-993.
- Harker, F.R., Maindonald, J.H., Jackson, P.J., 1996. Penetrometer measurement of apple and kiwifruit firmness: operator and instrument differences. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 121: 927-936.
- Harker, F.R., Redgwell, R.J., Hallet, I.C., Murray, S.H., Carter, G., 1997a. Texture of fresh fruit. *Horticultural Reviews* 20: 121-124.

- Harker, F.R., Stec, M.G.H., Hallet, I.C., Bennet, C.L., 1997b. Texture of parenchymatous plant tissue: a comparison between tensile and other instrumental and sensory measurements of tissue strength and juiciness. *Postharvest Biology and Technology* 11: 63-7.
- Harman, G.E., Latorre, B., Agosin, E., San Martin, R., Riegel, D.G., 1996. Biological and integrated control of Botrytis bunch rot of grape using *Trichoderma spp.*. *Biological Control* 7: 259-266.
- Harvey, J.M., Harris, C.M., Hanke, T.A., Hartsel, P.L., 1988. Sulfur dioxide fumigation of table grapes: relative sorption of SO₂ by fruit and packages, SO₂ residues, decay, and bleaching. *American Journal of Enology and Viticulture* 39: 132-136.
- Hertog, M.L.A.T.M., Nicholson, S.E., Banks, N.H., 2001. The effect of modified atmospheres on the rate of firmness change in 'Braeburn' apples. *Postharvest Biology and Technology* 23: 175-184.
- Holt, J.E., Schoorl, D. 1983. Fracture in potatoes and apples. *Journal of Material Science* 18: 2017-2028.
- Holt, J.E., Schoorl, D., 1984. Mechanical properties and texture of stored apples. *Journal of Texture Studies* 15: 377-394.
- Ippolito, A., Nigro, F., 2000. Impact of preharvest application of biological control agents on postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. *Crop Protection* 19: 715-723.
- Ippolito, A., Lima, G., Nigro, F., Linsalata, V., Cascarano, N., 1994. Influenza del calcio sulla muffa grigia dell'uva da tavola e sull'attività di microrganismi antagonisti del patogeno. *Italus Hortus* 1: 36-41.
- Ippolito, A., Lima, G., Nigro, F., Linsalata, V., Cascarano, N., 1995. Influenza di trattamenti con calcio in pre-raccolta sulla muffa grigia dell'uva da tavola in conservazione. *Il Difesa delle Piante* 18: 48-55.
- Ippolito, A., Baruzzi, F., Nigro, F., Cascarano, N., 1997. Indagine preliminare sui marciumi postraccolta delle ciliege in Puglia e tentativi di lotta biologica. *In Proceedings Convegno Nazionale del Ciliegio*. Valezano, 505-514.

- Jackman, R.L., Stanley, D.W., 1995. Perspectives in the textural evaluation of plant foods. *Trends in Food Science and Technology* 6: 187-194.
- Jackman, R.L., Marangoni, A.G., Stanley, D.W., 1990. Measurement of tomato fruit firmness. *HortScience* 25: 781-783.
- Jayasena, V., Cameron I., 2008. °Brix/acid ratio as a predictor of consumer acceptability of crimson seedless table grapes. *Journal of Food Quality* 31: 736–750.
- Jeandet, P., Bessis, R., Gautheron, B., 1991. The production of resveratrol (3,5,4'-trihydroxystilbene) by grape berries in different development stages. *American Journal of Enology and Viticulture* 42: 41-46.
- Jeandet, P., Bessis, R., Sbaghi, M., Meunier, P., 1995. Production of the phytoalexin resveratrol by grapes as a response to Botrytis attack under natural conditions. *Journal of Phytopathology* 143: 135-139.
- Jiménez-Cuesta, M., Cuquerella, J., Martínez-Javega, J.M., 1981. Determination of a colour index citrus fruit for degreening. *Proceedings of International Society of Citriculture* 2: 750-753.
- Kader, A.A., 1992. Postharvest biology and technology: An overview. In Postharvest technology of horticultural crops. Kader, A.A. (ed.), Publication 3311, 2nd edition, Agriculture and Natural Resources Publications, University of California, Davis, 15-20.
- Kader A.A., 2002. Fruits in the global market. In Fruit quality and its biological basis. Knee, M. (ed.), Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, 1-16.
- Kader, A.A., 2003. A perspective on postharvest horticulture (1978-2003). *HortScience* 38: 1004-1007.
- Kanellis, A.K., Roubelakis, K.A., 1993. Grape. In Biochemistry of fruit ripening. Seymour, G.B., Taylor, J.E., Tucker, G.A. (eds.), Chapman & Hall, London, 189-234.
- Karabulut, O.A., Gabler, F.M., Mansour, M., Smilanick, J.L., 2003. Postharvest ethanol and hot water treatments of table grapes to control gray mold. *Postharvest Biology and Technology* 34: 169-177.

- Karabulut, O.A., Romanazzi, G., Smilanick, J.L., Lichter, A., 2004. Postharvest ethanol and potassium sorbate treatments of table grapes to control gray mold. *Postharvest Biology and Technology* 37: 129-134.
- Klein, J.D., Lurie, S., 1991. Postharvest heat treatment and fruit quality. *Postharvest News Information* 2: 15N-19N.
- Lancaster, J.E., Lister, C.E., Reay, P.F., Triggs, C.M., 1997. Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 122: 594-598.
- Lanier, M.R., Morris, J.R., 1979. Evaluation of density separation for defining fruit maturities and maturation rates of once-over harvested muscadine grapes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104: 249-252.
- Larson, E.L., Morton, H.E., 1991. Alcohols. In *Disinfection, sterilization, and preservation*. Lea & Febiger (ed.), Fourth edition, London, 191-203.
- Lichter, A., Zutahy, Y., Sonogo, L., Dvir, O., Kaplunov, T., Sarig, P., Ben-Aire, R., 2002. Ethanol controls postharvest decay of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 24: 301-308.
- Lichter, A., Zutahy, Y., Kaplunov, T., Aharoni, L., Lurie, S., 2005. The effect of ethanol dip and modified atmosphere on prevention of Botrytis rot of table grapes. *HortTechnology* 15: 284-291.
- Lichter, A., Zutahy, Y., Kaplunov, T., Lurie, S., 2008. Evaluation of table grape storage in boxes with sulfur dioxide-releasing pads with either an internal plastic liner or external wrap. *HortTechnology* 18: 206-214.
- Lichter, A., Kaplunov, T., Zutahy, Y., Daus, A., Alchanatis, V., Ostrovsky, V., Lurie, S., 2011. Physical and visual properties of grape rachis as affected by water vapor pressure deficit. *Postharvest Biology and Technology* 59: 25-33.
- Lidster, P.D., Tung, M.A., 1979. Identification of deformation parameters and fruit response to mechanical damage in sweet cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104: 808-811.

- Lidster, P.D., Porrit, S.W., Tung, M.A., Voisey, P.W., 1978. A texture measurement technique for sweet cherries. *HortScience* 13: 536-538.
- Lipton, W., 1980. Interpretation of quality evaluation of horticultural crops. *HortScience* 15: 20-22.
- Lougheed, E.C., Murr, D.P., Berard, L., 1978. Low pressure storage for horticultural crops. *HortScience* 13: 21-27.
- Lurie, S., 1998. Postharvest heat treatments of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 14: 257-269.
- Lurie, S., Pesis, E., Gadiyeva, O., Feygenberg, O., Ben-Arie, R., Kaplunov, T., Zutahy Y., Lichter, A., 2006. Modified ethanol atmosphere to control decay of table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology* 42: 222-227.
- Luvisi, D.A., Shorey, H.H., Smilanick, J.L., Thompson, J.F., Gump, B.H., Knutson, J., 1992. Sulfur dioxide fumigation of table grapes. Bulletin 1932, Division of Agriculture and Natural Resources, University of California, Davis, CA, 21 pp.
- Lydakis, D., Aked, J., 2003a. Vapour heat treatment of Sultania table grapes. II: Effects on postharvest quality. *Postharvest Biology and Technology* 27: 117-126.
- Lydakis, D., Aked, J., 2003b. Vapour heat treatment of Sultania table grapes. I: Control of *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology and Technology* 27: 109-116.
- Marandi, R.J., Hassani, A., Ghosta, Y., Abdollahi, A., Pirzad, A., Sefidkon, F., 2010. Improving postharvest quality of table grape cv. 'Rish Baba' using *Thymus kotschyanus* and *Carum copticum* essential oils. *Journal of Food Safety* 276: 132-139.
- Marois, J.J., Nelson, K.J., Morrison, J.C., Lile, I.S., Bledsoe, A.M., 1986. The influence of berry contact within grape clusters on the development of *Botrytis cinerea* and epicuticular wax. *American Journal of Enology and Viticulture* 37: 293-296.
- Martínez-Romero, D., Guillén, F., Valverde, J.M., Bailén, G., Zapata, P., Serrano, M., Castillo, S., Valero, D., 2007. Influence of carvacrol on survival of *Botrytis cinerea* inoculated in table grapes. *International Journal of Food Microbiology* 115: 144-148.

- Meng, X., Li, B., Liu, J., Tian, S., 2008. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry* 106: 501-508.
- Mohsenin, N.N., 1970. Physical of plants and animals. Structure, physical characteristics and mechanical properties. Gordon and Breach Science Pub., London, 438 pp.
- Mohsenin, N.N., 1974. Mechanical properties of fruits and vegetables. Review of a decade of research applications of future needs. *Transactions of the American Society for Agricultural Engineering* 15: 1064-1070.
- Mohsenin, N.N., 1977. Characterization and failure in solid foods with particular reference to fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies* 8: 169-193.
- Morrow, C.T., Mohsenin, N.N., 1966. Consideration of selected agricultural products as viscoelastic materials. *Journal of Food Science* 31: 686-698.
- Moyls, A.L., Sholberg, P.L., Gaunce, A.P., 1996. Modified-atmosphere packaging of grapes and strawberries fumigated with acetic acid. *HortScience* 31: 414-416.
- Navarro, M., Retamales, J., Defilippi B., 2001. Efecto del arreglo de racimo y aplicación de citoquinina sintética (CPPU) en la calidad de uva de mesa variedad Sultanina tratada con dos fuentes de giberelinas. *Agricultura Técnica* 61: 15-25.
- Nelson, K.E., 1983. Effects of in-package sulfur dioxide generators, package liners, and temperature on decay and desiccation of table grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 34: 10-16.
- Nelson, K.E., 1991. The grape. In Quality and preservation of fruits. Eskin, N.A.M. (ed.), Boca Raton, CRC Press, Florida, 125-167.
- Nelson, K.E., Baker, G.A., Winkler, A.J., Amerine, M.A., Richardson, H.B., Jones, F.R., 1963. Chemical and sensory variability in table grapes. *Hilgardia* 34: 1-26.
- Nelson, K.E., Allen, J.W., Schutz, H.G., 1972. Effect of grape maturity, sample order, and sex of the taster on the flavor response of supermarket customers. *American Journal of Enology and Viticulture* 23: 86-95.

- Nelson, K.E., Schutz, H.G., Ahmedullah, M., McPherson, J., 1973. Flavor preferences of supermarket customers for 'Thompson Seedless' grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 24: 31-40.
- Nigro, F., Ippolito, A., Lima, G., 1998. Use of UV-C to reduce Botrytis storage rot of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 13: 171-181.
- Nigro, F., Ippolito, A., Lattanzo, V., Di Venere, D., Salerno, M., 2000. Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry. *Journal of Plant Pathology* 82: 29-37.
- Nigro, F., Schena L., Ligorio A., Pentimone, I., Ippolito, A., Salerno, M.G., 2006. Control of table grape storage rots by pre-harvest applications of salts. *Postharvest Biology and Technology* 42: 142-149.
- Palou, L., Crisosto, C.H., Garner, D., Basinal, L.M., Smilanick, J.L., Zoffoli, J., 2002a. Minimum constant sulfur dioxide emission rates to control gray mold of cold stored table grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 53: 110-115.
- Palou, L., Crisosto, C.H., Smilanick, J.L., Adaskaveg, J.E., Zoffoli, J.P., 2002b. Effect of continuous 0.3 ppm ozone exposure on decay development and physiological responses of peaches and table grapes in cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 24: 39-48.
- Palou, L., Crisosto, C.H., Garner, D., Basinal, L.M., 2003. Effect of continuous exposure to exogenous ethylene during cold storage on postharvest decay development and quality attributes of stone fruits and table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 27: 243-254.
- Patten, K.D., Patterson, M.E., 1985a. Fruit temperature effects on the mechanical damage of sweet cherries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110: 15-219.
- Patten, K.D., Patterson, M.E., 1985b. Fruit moisture status effects on the texture and mechanical properties of sweet cherries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110: 537-541.
- Peleg, M., Gomez Brito, L., Malevesky, Y., 1976. Compressive failure patterns of some juicy fruits. *Journal of Food Science* 41: 1320-1324.

- Pesis, E., 2005. The role of the anaerobic metabolites, acetaldehyde and ethanol, in fruit ripening, enhancement of fruit quality and fruit deterioration. Review. *Postharvest Biology and Technology* 37:1-19.
- Pesis, E., Frenkel, C., 1989. Acetaldehyde vapours influence postharvest quality of table grapes. *HortScience* 24: 315-317.
- Pezet, R., Pont, V., 1988a. Activité antifongique dans *Vitis vinifera*: effets d'acides organiques et du ptérostilbène. *Revue Suisse de Viticulture Arboriculture Horticulture* 20: 303-309.
- Pezet, R., Pont, V., 1988b. Mise en évidence de ptérostilbène dans les grapes *Vitis vinifera* (var. Gamay et Pinot). *Plant Physiology Biochemistry* 26: 603-607.
- Pintado, C., Tzortzakis, N., Singleton, I., Barnes J., 2005. Deployment of ozone for the preservation of fresh produce. Ozone IV, Applications of ozone as an antimicrobial agent in the food and agriculture industrie, G&L AgriTec and International Ozone Association-Pan American Group, Fresno, CA.
- Pirovani, M.E., Güemes, D.R., Piagentini, A.M., Di Pentima, J.H., 1994. Determinación de la textura de aguacates (*Persea americana* Mill.) mediante ensayos de penetración. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 34: 77-89.
- Pitt, R.E., 1982. Models for the rheology and statitical strength of uniformly stressed vegetative tissue. *Transactions of the American Society for Agricultural Engineering* 25: 1776-1784.
- Pretel, M.T., Martínez-Madrid, M.C., Martínez J.R., Carreño, J.C., Romojaro F., 2006. Prolonged storage of 'Aledo' table grapes in a slightly CO₂ enriched atmosphere in combination with generators of SO₂. *LWT - Food Science and Technology* 39: 1109-1116.
- Qadir, A., Hewett, E.W., Long. P.G., 1997. Ethylene production by *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology and Technology* 11: 85-91.
- Rabea, E.I., Badawy, M.E., Stevens, C.V., Smagghe, G., Steurbaut, W., 2003. Chitosan as antimicrobial agent: applications and mode of action. *Biomacromolecules* 4: 1457-1465.

- Reeve, R.M., 1970. Relationships of histological structure to texture of fresh and processed fruits and vegetables. *Journal of Texture Studies* 1: 247-248.
- Renault, A.S., Deloire, A., Bierre, J., 1996. Pathogenesis-related proteins in grapevines induced by salicylic acid and *Botrytis cinerea*. *Vitis* 35: 49-52.
- Retamales, J., Cooper, T., Bangerth, F., Callejas, R., 1995. Effects of CPPU and GA₃ on fruit quality of Sultanina table grapes. *Acta Horticulturae* 394: 149-157.
- Retamales, J., Defilippi, B.G., Arias, M., Castillo, P., Manríquez, D., 2003. High-CO₂ controlled atmospheres reduce decay incidence in Thompson Seedless and Red Globe table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 29: 177-182.
- Rij, R.E., Forney, C.F., 1995. Phytotoxicity of vapour phase hydrogen peroxide to Thompson Seedless grapes and *Botrytis cinerea* spores. *Crop Protection* 14: 131-135.
- Robin, J.P., Abbal, P., Salmon, J.M., 1997. Fermeté et maturation du raisin. Définition et évolution de différents paramètres rhéologiques au cours de la maturation. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 31: 127-138.
- Rolle, L., Guidoni, S., 2007. Color and anthocyanin evaluation of red winegrapes by CIE L*, a*, b* parameters. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 41: 193-201.
- Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., Salerno, M., 2001. Effect of short hypobaric treatments on postharvest rots of sweet cherries, strawberries and table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 22: 1-6.
- Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., Di Venere, D., Salerno, M., 2002. Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage grey mould of table grapes. *Journal of Food Science* 67: 1862-1867.
- Romanazzi, G., Karabulut, O.A., Smilanick, J.L., 2007. Combination of chitosan and ethanol to control postharvest gray mold of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 45: 134-140.
- Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., 2008. Effectiveness of a short hyperbaric treatment to control postharvest decay of sweet cherries and table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 49: 440-442.

- Romeyer, F.M., Macheix, J.J., Goiffon, J.P., Reminia, C.C., Sapis, J.C., 1983. The browning capacity of grapes. 3. Changes and importance of hydroxycinnamic acid-tartaric acid esters during development and maturation of the fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 31: 346-349.
- Saltveit, M.E., 1999. Effect of ethylene on quality of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 279-292.
- Saltveit, M.E.Jr., Sharaf, A.R., 1992. Ethanol inhibits ripening of tomato fruit harvested at various degrees of ripeness without affecting subsequent quality. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117: 793-798.
- Sanchez-Ballesta, M.T., Bernardo Jiménez, J., Romero, I., Orea, J.M., Maldonado R., González Ureña A., Escribano, M.I, Merodio, C., 2006. Effect of high CO₂ pretreatment on quality, fungal decay and molecular regulation of stilbene phytoalexin biosynthesis in stored table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 42: 209-216.
- Sánchez, J.B.J., Corral, E.C., Orea, J.M., Delgado, M.J.S., Ureña, A.G., 2007. Elicitation of trans-resveratrol by laser resonant irradiation of table grapes. *Applied Physics B: Lasers and Optics* 87: 559-563.
- Santiago, M.S., Hanke, T.A., 2000. Comparison between two different types of SO₂ pads on "hairline" split level of table grapes cv. Thompson Seedless. *In Proceedings 4th International Symposium Table Grape, La Serena, 97.*
- Sapers, G.M., Simmons, G.F., 1998. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology* 52: 48-52.
- Sapis, J., Macheix, J.J., Cordonnier, R.E., 1983. 1. Changes in polyphenol oxidase activities during development and maturation of the fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 31: 342-345.
- Sarig, P., Zahavi, T., Zutkhi, Y., Yannai, S., Lisker, N., Ben-Aire, R., 1996. Ozone for control post-harvest decay of table grapes caused by *Rhizopus stolonifer*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 48: 403-415.
- Sarig, P., Zutkhi, Y., Monjauze, A., Lisker, N., Ben-Arie, R., 1997. Phytoalexin elicitation in grape berries and their susceptibility to *Rhizopus stolonifer*. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 50: 337-347.
-

- Sato, A., Yamane, H., Hirakawa, N., Otobe, K., Yamada, M., 1997. Varietal differences in the texture of grape berries measured by penetration tests. *Vitis* 36: 7-10.
- Sato, A., Yamane, M., Iwanami, H., Hirakawa, N., 2000. Optimal spatial and temporal measurement repetition for reducing environmental variation of berry traits in grape breeding. *Scientia Horticulturae* 85: 75-83.
- Schena, L., Nigro, F., Pentimone, I., Ligorio, A., Ippolito, A., 2003. Control of postharvest rots of sweet cherries and table grapes with endophytic isolates of *Aureobasidium pullulans*. *Postharvest Biology and Technology* 30: 209-220.
- Schirra, M., D'Hallewin, G., Ben-Yehoshua, S., Fallik, E., 2000. Host-pathogen interactions modulated by heat treatment. *Postharvest Biology and Technology* 21: 71-85.
- Segade, S.R., Rolle, L., Gerbi, V., Orriols, I., 2008. Phenolic ripeness assessment of grape skin by texture analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 644– 649.
- Serrano, M., Valverde, J. M., Guillen, F., Castillo, S., Martinez-Romero, D., Valero, D., 2006. Use of *Aloe vera* gel coating preserves the functional properties of table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 3882-3886.
- Seymour, G.B., Gross, K.C., 1996. Cell wall disassembly and fruit softening. *Postharvest News and Information* 7: 45N-52N.
- Sherman, P., 1973. Structure and textural properties of foods. *In* Texture measurements of foods. Psychophysical fundamentals; Sensory, mechanical, and chemical procedures and their interrelationships. Kramer, A., Szczesniak, A.S. (eds.), D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 52-70.
- Shewfelt, R.L., 1999. What is quality? *Postharvest Biology and Technology* 15: 197-200.
- Shirzad, B.M., Langerak, D.I., 1984. Gamma radiation technological feasibility of increasing shelf-life of table grapes. *Acta Alimentaria* 13: 47-64.
- Sholberg, P.L., Gaunce, A.P., 1995. Fumigation of fruit with acetic acid to prevent postharvest decay. *HortScience* 30: 1271-1275.
- Sholberg, P.L., Reynolds, A.G., Gaunce, A.P., 1996. Fumigation of table grapes with acetic acid to prevent postharvest decay. *Plant Disease* 96: 1425-1428.

- Singh, K.K., Reddy, B.S., 2006. Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. *Journal of Food Engineering* 73: 112-120.
- Smilanick, J.L., Harvey, J.M., Hartsell, P.L., Heslen, C.M., Fouse, D.C., Assemi, M., 1990. Factors influencing sulfite residues in table grapes after sulfur dioxide fumigation. *American Journal of Enology and Viticulture* 41: 131-136.
- Smilanick, J.L., Crisosto, C.H., Mlikota, F., 1999. Postharvest use of ozone on fresh fruit. *Perishables Handling* 99: 10-14.
- Smilanick, J.L., 2001. Postharvest diseases. In *Encyclopedia of Plant Pathology*. Maloi, O.C., Murray, O.T. (eds.), John Wiley & Sons, Inc., Washington, 797-800.
- Smilanick, J.L., Margosan, D.M., Gabler, F.M., 2002. Impact of ozonated water on the quality and shelf-life of fresh citrus, stone fruit, and table grapes. *Ozone Science & Engineering* 24: 343-356.
- Sommer, N.F., Fortlage, R.J., Buchanan, J.R., Kader, A.A., 1981. Effect of oxygen on carbon monoxide suppression of postharvest pathogens of fruits. *Plant Disease*: 347-349.
- Sonego, L., Lurie, S., Zuthi, Y., Kaplunov, T., Ben-Arie, R., Kosto, I., 2002. Factors affecting taste scores of early season seedless table grape cv. Mystery and Prime. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 544-548.
- Steinmetz, V., Crochon, M., Bellon Maurel, V., Garcia Fernandez, J.L., Barreiro Elorza, P., Verstreken, I., 1996. Sensors for fruit assessment: comparison and fusion. *Journal of Agricultural Engineering Research* 64: 15-27.
- Szczesniak, A.S., 1973. Instrumental methods of texture measurements. In *Texture measurements of foods. Psychophysical fundamentals. Sensory, mechanical, and chemical procedures and their interrelationships*. Kramer, A., Szczesniak, A.S. (eds.), D. Reidel Publishing Company, Dordrecht, 71-108.
- Tzortzakis, N., Singleton, I., Barnes, J., 2007. Deployment of low-level ozone-enrichment for the preservation of chilled fresh produce. *Postharvest Biology and Technology* 43: 261-270.

- Valero, C., Ruiz-Altisent, M., 1998. Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. *Fruticultura Profesional* 95: 38-43.
- Valero, E., Varon, R., Garcia-Carmona, F., 1988. Characterization of polyphenol oxidase from Airen grapes. *Journal of Food Science* 53: 1482-1485.
- Valero, D., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo S., Serrano, M., 2006. The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 41: 317-327.
- Valverde, J.M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., Valero, D., 2005a. Improvement of table grapes quality and safety by the combination of modified atmosphere packaging (MAP) and eugenol, menthol, or thymol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 7458-7464.
- Valverde, J.M., Valero, D., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S., Serrano, M., 2005b. Novel edible coating based on Aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 7807-7813.
- Vargas, A., Perez, J., Zoffoli, J.P., Perez, A., 2000. Evolución de la textura de bayas de uva del cv. Thompson Seedless. *Ciencia e Investigación Agraria* 27: 117-126.
- Vargas, M., Pastor, C., Chiralt, A., McClements, D.J., González-Martínez, C., 2008. Recent advances in edible coatings for fresh and minimally processed fruits. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48: 496-511.
- Vivaud, J., Charmont, S., Wagner, R., 1993. Le raisin de table. Ctifl – Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes (ed.), Paris, 263 pp.
- Xu, W.-T., Huang, K.-L., Guo, F., Qu, W., Yang, J.-J., Liang, Z.-H., Luo, Y.-B., 2007. Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology and Technology* 46: 86-94.
- Xu, W.-T., Peng X., Luo Y.-B., Wang, J., Guo, X., Huang, K.-L., 2009. Physiological and biochemical responses of grapefruit seed extract dip on 'Redglobe' grape. *LWT - Food Science and Technology* 42: 471-476.

- Wagener, G.N., 1985. Progress with the problem of loose berries in table grapes. *Deciduous Fruit Grower* 35: 329-333.
- Walker, T., Morris, J.R., Threlfall, R.T., Main, G.L., Lamikanra, O., Leong, S., 2001. Density separation, storage, shelf life, and sensory evaluation of 'Fry' muscadine grapes. *HortScience* 36: 941-945.
- Watada, A.E., 1986. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. *Food Technology* 40: 82-85.
- Wu, T., Abbott, J.A., 2002. Firmness and force relaxation characteristics of tomatoes stored intact or as slices. *Postharvest Biology and Technology* 24: 59-68.
- Yahia, E.M., Nelson, K.E., Kader, A.A., 1983. Postharvest quality and storage life of grape as influenced by adding carbon monoxide to air or controlled atmospheres. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108: 1067-1071.
- Yu, J.-N., Zhang, L.-L., Shi, T.-T., Zhu, X.-M., 2006. Effect of ethanol on quality of 'Munage' table grapes (*Vitis vinifera* L.) during postharvest storage. *Plant Physiology Communications* 42: 1096-1098.
- Zahavi, T., Cohen, L., Weiss, B., Schena, L., Daus, A., Kaplunov, T., Zutkhi, J., Ben-Arie, R., Droby, S., 2000. Biological control of Botrytis, Aspergillus and Rhizopus rots on table grapes and wine. *Postharvest Biology and Technology* 20: 115-124.
- Zhang, M., Huan, Y., Tao, Q., Wang, H., Li, C.L., 2001. Studies on preservation of two cultivars of grapes at controlled temperature. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 34: 502-506.
- Zoffoli, J.P., Latorre, B.A., Rodríguez, E.J., Aldunce, P., 1999. Modified atmosphere packaging using chlorine gas generators to prevent *Botrytis cinerea* on table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 15: 135-142.
- Zoffoli, J.P., Latorre, B.A., Naranjo P., 2008. Hairline, a postharvest cracking disorder in table grapes induced by sulfur dioxide. *Postharvest Biology and Technology* 47: 90-97.
- Zoffoli, J.P., Latorre, B.A., Naranjo, P., 2009. Preharvest applications of growth regulators and their effect on postharvest quality of table grapes during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 51: 183-192.

Zutahy, Y., Lichter, A., Kaplunov, T., Lurie, S., 2008. Extended storage of 'Red Globe' grapes in modified SO₂ generating pads. *Postharvest Biology and Technology* 50: 12-17.

**3. CALIDAD EN UVAS ‘CARDINAL’,
‘MICHELE PALIERI’, ‘RED GLOBE’
Y ‘VITTORIA’**

3.1. INTRODUCCIÓN

El color y la textura son atributos de calidad que el consumidor tiene en consideración en su primera evaluación de los frutos. Las propiedades reológicas también nos proporcionan información sobre la resistencia a daños mecánicos durante la cosecha, manipulación, transporte y conservación.

En el “Código de los caracteres descriptivos de los cultivares y especies *Vitis*” (OIV, 2001) el color de la piel o exocarpo de la uva se clasifica en *verde-amarillo*, *rosa*, *rojo*, *rojo-gris*, *rojo violeta-oscuro*, *azul-negro* y *rojo-negro*. Este atributo puede evaluarse de forma instrumental en los espacios de color, uno de los más empleados es el *CIELab* en el cual el color se define por las coordenadas L^* , a^* y b^* (Gabler y Smilanick, 2001; Walker *et al.*, 2001; Smilanick *et al.*, 2002; Artés-Hernández *et al.*, 2003; 2004; Lydakis y Aked, 2003; Karabulut *et al.*, 2004; Valverde *et al.*, 2005a, 2005b; Deng *et al.*, 2006).

Con el propósito de facilitar la interpretación de los datos obtenidos en el espacio triestímulo, se han definido índices de color para uva y otros frutos calculados a partir de expresiones matemáticas basadas en coordenadas de color, como por ejemplo el índice de color para uvas tintas (*Colour Index for Red Grapes CIRG*) (Carreño *et al.*, 1995a, 1995b, 1996, 1997; Rolle y Guidoni, 2007), el índice de color para cítricos (*Colour Citrus Index, CCI*) (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981; Singh y Reddy, 2006), el índice de color para tomate (*COL*) (Hobson, 1987; Dodds *et al.*, 1991) y a^*/b^* (Campbell *et al.*, 1989; Plochanski y Konopacka, 2003), cuyas expresiones matemáticas son las siguientes:

$$- CIRG = (180-H)/(L^*+C^*);$$

$$- CCI = (1000 a^*)/(L^* b^*);$$

$$- COL = (2000 a^*)/(L^* C^*).$$

Empleando *CIRG*, Carreño *et al.* (1995a, 1995b, 1996, 1997) clasifican el color de la piel de uva en *verde-amarillo* ($CIRG < 2$), *rosa* ($2 < CIRG < 4$), *rojo* ($4 < CIRG < 5$), *rojo-oscuro* ($5 < CIRG < 6$) y *azul-negro* ($CIRG > 6$).

Respecto a la textura, en el “Código de los caracteres descriptivos de los cultivares y especies *Vitis*” encontramos la *Suculencia*, la *Consistencia* y el *Grado de consistencia de la pulpa* (donde *firmness* fue traducido como consistencia). No obstante, estas características carecen de objetividad en la metodología y se define, únicamente, el *Grado de consistencia de la pulpa* como “el peso necesario para reventar las bayas estableciendo un método en que no influya la elasticidad de la piel” (OIV, 2001).

Para la evaluación de parámetros reológicos en uva se vienen empleando punzones cónicos como la aguja (James *et al.*, 1999; Segade *et al.*, 2008; Rolle *et al.*, 2009) y las sondas cilíndricas de 1 mm (Sanchez-Ballesta *et al.*, 2007), 2 mm (Vargas *et al.*, 2000; Walker *et al.*, 2001; Martínez-Romero *et al.*, 2003a; Valverde *et al.*, 2005a, 2005b), 3 mm (Sato *et al.*, 1997, 2000; Crisosto *et al.*, 2002; Palou *et al.*, 2003), 4,8 mm (Yahia *et al.*, 1983; Ahumada *et al.*, 1996), 13 mm (Archbold *et al.*, 1999) y 15 mm de diámetro (Zhang *et al.*, 2001), y se han elegido velocidades de avance de la sonda de aproximadamente 1 mm s^{-1} (Robin *et al.*, 1997; Vargas *et al.*, 2000; Zhang *et al.*, 2001; Deng *et al.*, 2005, 2006; Sanchez-Ballesta *et al.*, 2007; Segade *et al.*, 2008; Rolle *et al.*, 2009).

Los principales parámetros reológicos empleados en uva son la fuerza, la deformación o distancia, la pendiente y el área bajo la curva Fuerza/Deformación. La firmeza, expresada como fuerza requerida para deformar la uva, se refiere a la fuerza determinada a una deformación prefijada o a la fuerza máxima (Yahia *et al.*, 1983; Ahumada *et al.*, 1996; Robin *et al.*, 1997; Sato *et al.*, 1997, 2000; Archbold *et al.*, 1999; Vargas *et al.*, 2000; Walker *et al.*, 2001; Zahavi *et al.*, 2001; Crisosto *et al.*, 2002; Lichter *et al.*, 2002; Lydakis y Aked, 2003; Palou *et al.*, 2003; Deng *et al.*, 2005, 2006; Valverde *et al.*, 2005a, 2005b; Sanchez-Ballesta *et al.*, 2007; Letaief *et al.*, 2008; Segade *et al.*, 2008; Rolle *et al.*, 2009). También se ha determinado la distancia que el vástago recorre para alcanzar una fuerza prefijada (Sato *et al.*, 1997, 2000; James *et al.*, 1999; Vargas *et al.*, 2000; Gabler y Smilanick, 2001; Zahavi *et al.*, 2001; Smilanick *et al.*, 2002).

Otros parámetros reológicos, ya referidos, que también se suelen utilizar en uva son la pendiente de la curva Fuerza/Deformación (Mencarelli *et al.*, 1994; Robin *et al.*, 1997; Zahavi *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2001; Martínez-Romero *et al.*, 2003a; Valverde *et al.*, 2005a, 2005b; Maury *et al.*, 2009) y el trabajo o energía (Robin *et al.*, 1997; Sato *et al.*, 1997, 2000; Vargas *et al.*, 2000; Letaief *et al.*, 2008; Segade *et al.*, 2008; Maury *et al.*, 2009). La pendiente de la curva, calculada en la zona inicial, en una zona intermedia o

hasta el punto de rotura, se viene empleando como coeficiente de elasticidad (Robin *et al.*, 1997; Vargas *et al.*, 2000), a pesar de que la elasticidad, tal y como está definida según la Ley de Hooke, no se aplica a los materiales biológicos, que presentan un comportamiento viscoelástico (Szczesniak, 2002). Por ello, Abbott (1999) sugiere la designación “coeficiente de elasticidad aparente” y Barreiro y Ruiz-Altisent (1996) recomiendan el empleo del término “módulo de deformabilidad”.

La interpretación detallada de los parámetros reológicos es escasa y a veces poco concordante. Por ejemplo, la pendiente inicial de las curvas de compresión se utiliza para describir la firmeza global en uva (Robin *et al.*, 1997; Martínez-Romero *et al.*, 2003a; Valverde *et al.*, 2005a, 2005b), en ciruela (Pérez-Vicente *et al.*, 2002; Martínez-Romero *et al.*, 2003b), en frutos del bosque (Allan-Wojtas *et al.*, 2001) y en tomate (Stommel *et al.*, 2005), así como la firmeza de los tejidos externos (Patten y Patterson, 1985a, 1985b) y la firmeza de la pulpa en cereza (Mitcham *et al.*, 1998; Alique *et al.*, 2005). A su vez, la pendiente desde el origen hasta el punto de rotura se aplica como indicador de la firmeza o coeficiente de elasticidad de la piel en uva (Robin *et al.*, 1997), de la firmeza global en tomate (Jackman *et al.*, 1990) y de la firmeza de la pulpa en cereza (Patten y Patterson, 1985a, 1985b).

En la punción de un fruto, bajo la acción de un vástago de 0,5 ó 1 mm de diámetro, o incluso menor, la fuerza de rotura se asocia exclusivamente al esfuerzo de corte y a las características de resistencia de la piel (Verstreken *et al.*, 1995; Barreiro y Ruiz-Altisent, 1996; Valero y Ruiz-Altisent, 1998; Martínez-Romero *et al.*, 2003a; Sanchez-Ballesta *et al.*, 2007; Letaief *et al.*, 2008; Segade *et al.*, 2008; Rolle *et al.*, 2009; Maury *et al.*, 2009) y la deformación a la turgencia de los tejidos externos del fruto (Verstreken *et al.*, 1995; Barreiro y Ruiz-Altisent, 1996; Valero y Ruiz-Altisent, 1998).

Cuando se utilizan ensayos reológicos de penetración, en los que la resistencia ofrecida resulta de una combinación de fuerzas de corte y compresión (Bourne, 1965; Yang y Mohsenin, 1974; Pirovani *et al.*, 1994), la fuerza en el punto de rotura constituye un indicador de la firmeza de la piel de los frutos o de la firmeza global (Brown y Bourne, 1988; Grotte *et al.*, 2001). En uva, Vargas *et al.* (2000) definen la pendiente de la curva Fuerza/Deformación desde el origen hasta el punto de rotura de la piel como coeficiente de elasticidad, y elevados valores de dicho coeficiente implican una mayor firmeza, dado que se necesita una fuerza de mayor intensidad para provocar una determinada deformación.

El área bajo la curva Fuerza/Deformación hasta el punto de rotura de la piel, energía o trabajo, también se utiliza como indicador de la resistencia (Camps *et al.*, 2005; Guillermin *et al.*, 2006; Letaief *et al.*, 2008; Segade *et al.*, 2008; Maury *et al.*, 2009).

Son muy escasos los estudios que se dedican a la caracterización del color y, más aún, al comportamiento reológico de uva de mesa. Ante las exigencias de todos los agentes del circuito comercial y, especialmente, del consumidor, al solicitar frutos de excelente calidad, nos proponemos profundizar en el conocimiento de dichas características.

Las uvas objeto de este estudio fueron ‘Cardinal’ (Figura 3.1), ‘Michele Palieri’ (Figura 3.2), ‘Red Globe’ (Figura 3.3) y ‘Vittoria’ (Figura 3.4).



Figura 3.1. Racimo de uva ‘Cardinal’.

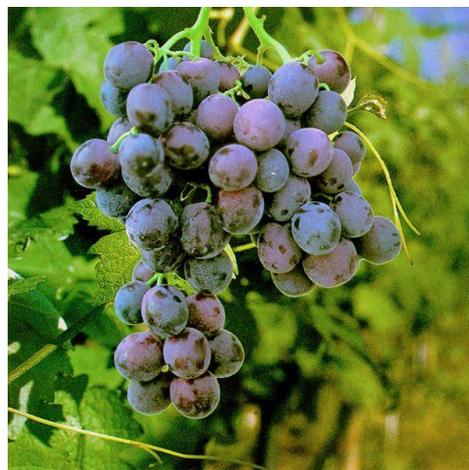


Figura 3.2. Racimo de uva ‘Michele Palieri’.



Figura 3.3. Racimo de uva ‘Red Globe’.

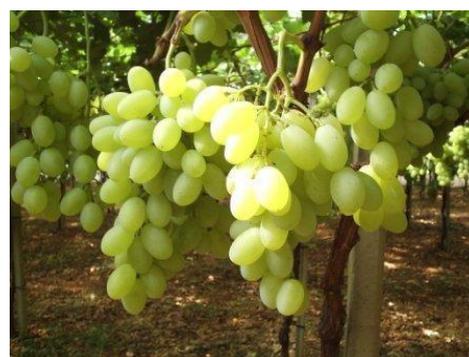


Figura 3.4. Racimo de uva ‘Vittoria’.

El cultivar Cardinal, también conocido por Francesa, fue obtenido por cruzamiento entre ‘Flame Tokay’ y ‘Alfonso Lavallé’ por Elmer Snyder y F. Harmon en la Estación Experimental de Fresno, California, en la transición entre los años 30 y 40 del siglo XX. ‘Michele Palieri’ se obtuvo del cruce de ‘Alfonso Lavalé’ y ‘Red Málaga’. ‘Red Globe’ o

‘Globo Rojo’ fue obtenido por cruzamiento entre ‘Emperor’, ‘Hunisa’ y ‘Nocera’ por Harold Olmo y Albert Koyama en Davis, California. ‘Vittoria’ o ‘Victoria’ resultó del cruce de ‘Cardinal’ y ‘Regina’, por Lepadatu y Condei Gheorghe, en el Instituto de Investigaciones Hortícolas de Dragasani, Rumania (García de Luján y Lara Benítez, 1998; Antonacci y Di Giovanni, 2003).

‘Cardinal’, debido a su precocidad y vistosidad, es uno de los primeros cultivares que se comercializa. ‘Michele Palieri’ tiene una buena resistencia al transporte y a la conservación frigorífica. La uva ‘Red Globe’ destaca por su tamaño, color, buena aptitud para la frigoconservación y resistencia al transporte, lo que la hace muy solicitada en el mercado, siendo de los cultivares más importantes para la exportación. Las principales ventajas postcosecha de ‘Vittoria’ son su resistencia media al transporte y su aptitud al almacenamiento en condiciones de refrigeración (García de Luján y Lara Benítez, 1998; Antonacci y Di Giovanni, 2003; Di Lorenzo, 2003).

3.2. OBJETIVOS

El objetivo global de este experimento es contribuir a la caracterización de las uvas de mesa ‘Cardinal’, ‘Michele Palieri’, ‘Red Globe’ y ‘Vittoria’, el cual se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

- evaluar parámetros pomológicos, químicos, de color y reológicos;
- seleccionar los análisis y parámetros reológicos de compresión, punción y penetración más idóneos para la caracterización de las mismas.

3.3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.3.1. Material vegetal

Las uvas de mesa ‘Cardinal’, ‘Michele Palieri’, ‘Red Globe’ y ‘Vittoria’ procedían de la finca “Herdade Vale da Rosa”, localizada en Ferreira do Alentejo, Portugal. Las fechas de recolección fueron las recomendadas por el productor como el momento óptimo para la comercialización inmediata, coincidiendo con las mencionadas por Sartori (1990) y García de Luján y Lara Benítez (1998). El 10 de agosto se cosechó ‘Cardinal’ y el 29 de ese mes ‘Vittoria’. El 5 de septiembre se procedió a la cosecha de ‘Michele Palieri’ y ‘Red Globe’.

Se recogieron 20 racimos de cada cultivar y de cada uno se tomaron 20 bayas, evitando los extremos superior e inferior (Vivaud *et al.*, 1993). Así, de las 400 bayas de cada cultivar fueron escogidas de forma aleatoria las uvas para la determinación de los parámetros pomológicos, físico-químicos, de color y reológicos.

3.3.2. Determinaciones analíticas

3.3.2.1. Peso, longitud, anchura, tamaño y forma de la baya

Las características pomológicas evaluadas en las bayas fueron peso, longitud y anchura. Se pesaron, en una balanza *Sartorius BL3100*, 30 bayas de cada cultivar, expresando los resultados en g. La longitud y anchura se midieron en 30 bayas de cada cultivar con un calibre digital, expresándose los resultados en mm. El tamaño se definió como el producto resultante de dichos ejes (Códigos OIV n^{os} 220 y 221). Como indicador de la forma de la baya se calculó la ratio entre longitud y anchura y se empleó la notación descrita en el Código OIV n^o 223 (OIV, 2001).

3.3.2.2. Sólidos solubles totales, acidez, pH y fenoles totales

Para cada cultivar la determinación de los sólidos solubles totales, acidez titulable, pH y fenoles totales se realizó en 5 muestras de 30 bayas, por triplicado. Se prepararon los homogeneizados, triturando las bayas sin pepitas primero con una batidora durante 2 min y luego con un homogeneizador (*Omni-Mixer 17106, OCI Instruments*) durante 1 min.

Los sólidos solubles totales se analizaron con un refractómetro digital *Atago PR-32*, después de calibrado a 0 °Brix con agua destilada, y los resultados se expresaron en °Brix, siendo 1 °Brix la densidad que tiene una disolución de sacarosa al 1 % (m/v) a 20 °C.

Las determinaciones de la acidez titulable y pH se realizaron en un valorador automático *CRISON microTT-2002*. La acidez expresa la suma de todos los iones hidrógeno, los ionizados expresados por el pH y los no ionizados bloqueados en la molécula no disociada, y se considera la suma de los ácidos cuando se lleva el homogeneizado a pH 7,0 (Blouin, 1973; Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998). Para la determinación de la acidez se empleó una disolución de hidróxido de sodio 0,1 N y los resultados se expresaron en g de ácido tartárico por 100 g de muestra fresca.

A partir de los sólidos solubles totales (SST), acidez (Ac) y pH se calcularon índices de maduración y calidad, como son SST/Ac, SSTxpH y SSTxpH², como se mencionó anteriormente en el apartado 2.1.1.

La extracción de los fenoles totales se realizó con una disolución de metanol acidificada con ácido clorídrico al 1 %, según la metodología descrita por Bernalte *et al.* (1999). El contenido en fenoles se determinó con el reactivo de Folin-Ciocalteu, que está constituido por una mezcla de ácido fosfotúngstico (H₃PW₁₂O₄₀) y ácido fosfomolibdico (H₃PMo₁₂O₄₀), que se reduce, por la oxidación de los fenoles, en una mezcla de óxidos azules de wolframio (W₈O₂₃) y de molibdeno (Mo₈O₂₃), con una absorción máxima a 760 nm (Blouin, 1973). Para ello, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro *Shimadzu UV-VIS 160A*, utilizando como patrón el ácido gálico y los resultados se expresaron en mg de ácido gálico por kg de muestra fresca (mg kg⁻¹).

3.3.2.3. Coordenadas e índices de color de la piel

Se procedió a la clasificación del *Color de la piel* de las uvas empleando la siguiente notación del Código OIV n° 225 (OIV, 2001): 1 *verde-amarillo*, 2 *rosa*, 3 *rojo*, 4 *rojo-gris*, 5 *rojo violeta-oscuro*, 6 *azul-negro* y 7 *rojo-negro*.

La evaluación instrumental del color de la piel se realizó con un colorímetro triestímulo *Minolta Chroma Meter CR-300*, equipado con un procesador *Minolta DP-301*, utilizando un reductor de área de 8 mm de diámetro, el iluminante D65 y un ángulo de visión de 0°. Después del calibrado con el patrón blanco, el color se midió por reflexión en 30 uvas de cada cultivar, tomando dos lecturas en lados opuestos de la zona ecuatorial, paliando la influencia de la orientación del fruto y promediando la variabilidad de las medidas. Se obtuvieron las coordenadas L^* (luminosidad, blanco-negro), a^* (verde-rojo) y b^* (azul-amarillo), expresadas en unidades *CIELab*.

Fueron determinados la cromaticidad (C^*) y el ángulo de tono (H), definidos en el apartado 2.2.1, considerándose negativos los valores de ángulo de tono entre 270 y 360° (Bakker *et al.*, 1986; Carreño *et al.*, 1995b). Se calcularon los índices de color *CIRG*, *CCI*, *COL* y a^*/b^* , definidos en el apartado 3.1, y se clasificaron los cultivares según el color de la piel en *verde-amarillo* ($CIRG < 2$), *rosa* ($2 < CIRG < 4$), *rojo* ($4 < CIRG < 5$), *rojo-oscuro* ($5 < CIRG < 6$) y *azul-negro* ($CIRG > 6$) (Carreño *et al.*, 1995a, 1995b, 1996, 1997).

3.3.2.4. Parámetros reológicos de compresión, punción y penetración

Los ensayos reológicos llevados a cabo fueron:

- compresión con plato de 100 mm de diámetro y base plana (P/100, *Stable Micro Systems*), hasta 10 mm de deformación;
- compresión con sonda esférica de 3 mm de diámetro (P/3S, *Stable Micro Systems*), hasta 5 mm de deformación;
- punción de la baya con piel con sonda cónica de 0,5 a 1 mm (P/2N, *Stable Micro Systems*), designada como aguja, hasta 8 mm de deformación;
- penetración de la baya con piel con sondas cilíndricas de base plana con 2 y 3 mm de diámetro (P/2 y P/3, *Stable Micro Systems*), hasta 8 mm de deformación;
- penetración de la pulpa con sondas cilíndricas de base plana con 2 y 3 mm de diámetro, hasta 8 mm de deformación, tras retirar la piel en la zona ecuatorial de las bayas inmediatamente antes a la penetración.

La evaluación de los parámetros reológicos se efectuó con un texturómetro *Stable Micro Systems TA-HDI*, utilizando la versión 1.17 del programa *Texture Expert*. La célula de carga fue de 25 kg y la velocidad de desplazamiento de las sondas fue de 1 mm s⁻¹. La carga se aplicó en la región ecuatorial de la baya con su pedicelo, una vez que éstas alcanzaron la temperatura de 20 °C, como se recomienda para diversos frutos (Pérez-Vincente *et al.*, 2002; Martínez-Romero *et al.*, 2003b; Camps *et al.*, 2005; Deng *et al.*, 2005, 2006; Letaief *et al.*, 2008; Segade *et al.*, 2008).

Teniendo en cuenta el número de determinaciones factible a diario y el mínimo de 20 individuos recomendado en ASAE (2000), se utilizaron 30 bayas por cultivar y por ensayo reológico. La evaluación de las propiedades reológicas se realizó en tres puntos equidistantes entre sí, en cada baya, con el objetivo de promediar la variabilidad de las medidas, a excepción de la compresión uniaxial con el plato, en la cual se procedió a una compresión por baya.

En la Tabla 3.1 se muestran la simbología escogida, definición y unidades de los diversos parámetros reológicos calculados a partir de las curvas Fuerza/Deformación.

Tabla 3.1. Parámetros reológicos: simbología, definición y unidades

Parámetros reológicos		
Simbología	Definición	Unidades
F_x/D	Pendiente de la curva Fuerza/Deformación calculada desde el origen hasta x mm de deformación - coeficiente de elasticidad aparente en el tramo inicial de la curva	$N\ mm^{-1}$
D	Deformación (o Distancia) recorrida por la sonda hasta rotura o fuerza máxima	mm
$D_p/\text{Anchura}$	Deformación respecto a la Anchura de la baya	%
FM	Fuerza en el punto de rotura o fuerza máxima	N
FM/D	Pendiente de la curva Fuerza/Deformación calculada desde el origen hasta rotura o fuerza máxima – coeficiente de elasticidad aparente	$N\ mm^{-1}$
W	Área bajo la curva Fuerza/Deformación hasta la rotura o fuerza máxima - trabajo o energía	mJ
F	Fuerza media calculada en la zona de la curva Fuerza/Deformación en que la fuerza se mantiene prácticamente constante - fuerza de estabilización	N

En la designación de los parámetros se incluyeron las abreviaturas “p”, “e”, “ag”, “p2” o “p3” según la sonda utilizada en la determinación, el plato, la esfera, la aguja o las sondas cilíndricas de 2 y 3 mm de diámetro, respectivamente. Para los parámetros determinados en la penetración de la pulpa o mesocarpo también se empleó el término “pulpa”. La Tabla 3.2 recoge los parámetros reológicos calculados en cada ensayo a partir de las curvas Fuerza/Deformación.

Tabla 3.2. Parámetros reológicos calculados a partir de las curvas Fuerza/Deformación

Parámetros reológicos				
Compresión		Punción	Penetración	
Plato 100 mm (p)	Esfera 3 mm (e)	Aguja (ag)	Cilindro 2 mm (p2)	Cilindro 3 mm (p3)
F1/Dp	F1/De			
F2/Dp	F2/De			
F3/Dp	F3/De			
F4/Dp				
F5/Dp				
Dp	De	Dag	Dp2	Dp3
FMp	FMe	FMag	FMp2	FMp3
FM/Dp	FM/De	FM/Dag	FM/Dp2	FM/Dp3
Wp	We	Wag	Wp2	Wp3
Dp/Anchura			Fp2	Fp3
			Fpulpap2	Fpulpap3

3.3.3. Tratamiento estadístico de los datos

El experimento corresponde a un diseño unifactorial aleatorio, siendo el factor de estudio el cultivar.

Con el objetivo de caracterizar los cultivares de uva mesa, se calculó el valor medio y la desviación estándar para cada parámetro de calidad, se procedió al análisis de varianza y comparación múltiple de los valores medios según el test de Tukey, utilizando un nivel de significación crítico (p) de 0,05. Como indicador de la sensibilidad de los parámetros reológicos, se calculó el coeficiente de variación (CV) a partir del análisis de varianza.

Para estudiar la correlación entre parámetros se calculó el coeficiente de Pearson (r) y se utilizó un nivel de significación crítico de 0,05.

En las curvas Fuerza/Deformación de compresión se estudió el ajuste de modelos de regresión lineal o cuadrático. Para verificar la bondad del ajuste del modelo se calculó el coeficiente de determinación (R^2).

En el estudio global de los parámetros reológicos se empleó el análisis de componentes principales, con el objetivo de reducir el número de las variables originales, perdiendo la menor cantidad de información posible. Los componentes principales o factores son una combinación lineal de las variables iniciales e independientes entre sí. Se comprobó la adecuación de la muestra al análisis factorial a través del cálculo del coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y de la prueba de esfericidad de Bartlett. Para simplificar la interpretación se empleó la rotación con normalización Varimax, que minimiza el número de variables que tienen saturaciones elevadas en cada factor.

El análisis estadístico se realizó con la versión 15.0 del programa SPSS.

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1. Peso, longitud, anchura, tamaño y forma de la baya

El peso de las bayas ‘Cardinal’ (9,4 g), ‘Michele Palieri’ (8,4 g), ‘Red Globe’ (10,2 g) y ‘Vittoria’ (11,2 g) (Tabla 3.3) se incluye en la gama de las uvas de mesa más comercializadas, entre 4 y 12 g (Sartori, 1990; Vivaud *et al.*, 1993; García de Luján y Lara Benítez, 1998; Antonacci y Di Giovanni, 2003; Di Lorenzo, 2003; Zoffoli *et al.*, 2009).

Las bayas de los cultivares estudiados presentaron una longitud entre 21,6 y 33,8 mm, en ‘Michele Palieri’ y ‘Vittoria’, respectivamente, y anchura entre 19,0 mm en ‘Michele Palieri’ y 23,3 mm en ‘Cardinal’ y ‘Vittoria’, siendo ‘Michele Palieri’ y ‘Vittoria’ las de menor y mayor tamaño, respectivamente (Tabla 3.3).

La uva ‘Cardinal’ es *esférica*, con un cociente entre la longitud y anchura cercano a la unidad (1,08); ‘Michele Palieri’ y ‘Red Globe’, con bayas *elípticas cortas*, presentaron cocientes entre los ejes longitudinal y transversal de 1,14 y 1,16, respectivamente; y ‘Vittoria’, con forma *elíptica larga*, presenta un ratio entre los ejes de 1,45 (Tabla 3.3).

3.4.2. Sólidos solubles totales, acidez, pH, índices de maduración y fenoles totales

Según Alavoine *et al.* (1988) y Vivaud *et al.* (1993) ‘Cardinal’ se clasifica con *calidad sensorial superior* cuando su índice refractométrico es superior a 15 °Brix. En la vendimia objeto de este estudio, la uva ‘Cardinal’, con 17,5 °Brix, fue la más ácida de entre los

cuatro cultivares (0,43 g 100 g⁻¹) y según Sartori (1990) se trata de un cultivar con *sabor neutro*. ‘Michele Palieri’, con 15,4 °Brix y 0,20 g de ácido tartárico 100 g⁻¹, es el cultivar con mayor contenido en fenoles (1208 mg kg⁻¹). ‘Vittoria’, con *sabor neutro* según García de Luján y Lara Benítez (1998), presentó 17,0 °Brix, 0,17 g de ácido tartárico 100 g⁻¹ y su contenido en fenoles fue similar al de ‘Red Globe’ (621 y 572 mg kg⁻¹, respectivamente) (Tabla 3.4).

En ‘Red Globe’, con un contenido en sólidos solubles superior a 16 °Brix, los consumidores americanos atribuyeron puntuaciones superiores a 7, en una escala hedónica de 1 a 9 (Crisosto y Crisosto, 2002). En nuestro estudio, dicho parámetro alcanzó para este cultivar 18,9 °Brix y SST/Ac fue de 49, los valores más elevados de los cuatro cultivares. En uva de mesa, se ha descrito que SST/Ac está estrechamente correlacionado con el sabor (Walker *et al.*, 2001; Crisosto y Crisosto, 2002; Sonogo *et al.*, 2002), por lo que ‘Red Globe’ sería la más apreciada respecto a dicho atributo. ‘Cardinal’ y ‘Vittoria’, con *sabor neutro* según García de Luján y Lara Benítez (1998), presentaron SST/Ac similar, 45 y 44 respectivamente, superior al correspondiente a ‘Michele Palieri’ con 40 (Tabla 3.4).

En la bibliografía aparecen valores discrepantes de SST/Ac, reflejo de las diferentes metodologías de determinación y expresión de los resultados de la acidez. Palou *et al.* (2003) encontraron 18,3 °Brix y 0,33 g 100 g⁻¹ de ácido tartárico para ‘Red Globe’, cuyo contenido en sólidos solubles es similar al del presente estudio, mientras que la acidez titulable es superior, lo que podría estar asociado a numerosos factores como por ejemplo las condiciones edafoclimáticas, las prácticas culturales, fecha de vendimia (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998) y, seguramente, a que el punto final de la valoración utilizado por los autores fue superior al empleado en este estudio (pH de 7,0).

En uva también se emplean otros índices de maduración y calidad que incluyen parámetros de fácil y rápida determinación como son SSTxpH (Sonogo *et al.*, 2002) y SSTxpH² (Coombe *et al.*, 1980; Walker *et al.*, 2001). Los cultivares estudiados presentaron valores de SSTxpH comprendidos entre 62 en ‘Michele Palieri’ y 72 en ‘Red Globe’, similares a los obtenidos en ‘Prime’ por Sonogo *et al.* (2002). En cuanto a SSTxpH², ‘Cardinal’ y ‘Michele Palieri’, con 239 y 245, respectivamente, presentaron valores inferiores a ‘Red Globe’ y ‘Vittoria’, con 272 y 287 (Tabla 3.4). Baiano *et al.* (2011) refieren 211 y 245 como los valores óptimos de cosecha para uvas blancas y tintas, respectivamente.

Tabla 3.3. Peso, longitud, anchura, tamaño y forma de la baya

	Cultivar				F	p
	Cardinal	Michele Palieri	Red Globe	Vittoria		
Peso (g)	9,4±1,98 ab	8,4±1,32 a	10,2±1,34 bc	11,2±1,73 c	17	0,000
Longitud (mm)	25,2±1,72 c	21,6±1,50 a	23,3±1,64 b	33,8±2,35 d	261	0,000
Anchura (mm)	23,3±2,04 c	19,0±1,16 a	20,2±0,83 b	23,3±1,53 c	67	0,000
Tamaño (mm ²)	589±87 c	413±46 a	471±48 b	789±94 d	157	0,000
Longitud/Anchura	1,08±0,05 a	1,14±0,08 b	1,16±0,07 b	1,45±0,09 c	159	0,000
Forma ⁽¹⁾	3 esférica	4 elíptica corta	4 elíptica corta	9 elíptica larga		

Valor medio y desviación estándar. Letras distintas en una misma línea indican diferencias según el test de Tukey, para un nivel de significación de 0,05.

⁽¹⁾ Forma de la baya - Código OIV n° 223 (OIV, 2001).

Tabla 3.4. Sólidos solubles totales (SST), acidez, pH, índices de maduración (SST/Ac, SSTxpH, SSTxpH²) y fenoles totales

	Cultivar				F	p
	Cardinal	Michele Palieri	Red Globe	Vittoria		
SST (°Brix)	17,5±0,43 b	15,4±0,16 a	18,9±0,65 c	17,0±0,57 b	67	0,000
Acidez (g 100 g ⁻¹)	0,43±0,01 d	0,20±0,00 b	0,28±0,00 c	0,17±0,01 a	1611	0,000
pH	3,70±0,01 a	3,99±0,03 c	3,79±0,02 b	4,11±0,02 d	481	0,000
SST/Ac	45±1,1 b	40±0,4 a	49±1,5 c	44±1,6 b	67	0,000
SSTxpH	65±1,6 b	62±0,9 a	72±2,5 c	70±2,7 c	40	0,000
SSTxpH ²	239±6,2 a	245±5,6 a	272±11,0 b	287±11,2 b	51	0,000
Fenoles totales (mg kg ⁻¹)	802±37 b	1208±55 c	572±21 a	621±28 a	297	0,000

Valor medio y desviación estándar. Letras distintas en una misma línea indican diferencias según el test de Tukey, para un nivel de significación de 0,05.

El contenido en fenoles, comprendido entre 572 y 1208 mg kg⁻¹ en ‘Red Globe’ y ‘Michele Palieri’, respectivamente (Tabla 3.4), está en el rango presentado por Sánchez-Moreno (2002). Estos compuestos son reconocidos como nutracéuticos (Iriti y Faoro, 2006; Pezzuto, 2008), además de responsables de cualidades sensoriales, como el color, el sabor y la astringencia (Kanellis y Roubelakis, 1993; Kader, 2002; Sánchez-Moreno, 2002).

3.4.3. Coordenadas e índices de color de la piel

Al color de la piel de las uvas le fueron atribuidas las notaciones 1 *verde-amarillo* a ‘Vittoria’, 2 *rosa* y 3 *rojo* a ‘Red Globe’, 4 *rojo-gris* a ‘Cardinal’ y 5 *rojo violeta-oscuro* a ‘Michele Palieri’, según el OIV (2001). Por un lado, las coordenadas a^* , b^* y la cromaticidad (C^*) segregaron los cultivares de uva de mesa tinta, y, por otro lado, la luminosidad (L^*) de ‘Cardinal’ (27,4) y ‘Michele Palieri’ (27,2) y el ángulo de tono (H) de ‘Cardinal’ (9,54°) y ‘Red Globe’ (12,3°) fueron similares (Tabla 3.5).

La uva ‘Vittoria’, de color *verde-amarillo*, presentó mayores valores de L^* , b^* , C^* y H , disminuyendo estas coordenadas en los cultivares con piel de color *rosa-rojo* (‘Red Globe’), *rojo-gris* (‘Cardinal’) y *rojo violeta-oscuro* (‘Michele Palieri’) (Tabla 3.5). La disminución progresiva de dichas coordenadas ha sido descrita en la piel de uvas tintas durante la maduración, caracterizada por una evolución desde el verde hasta el rojo-violeta, como en uvas ‘Cinsaut’, ‘Merlot’, ‘Mourvèdre’, ‘Grenache’, ‘Syrah’, ‘Don Mariano’ y ‘Gamay’ (Abbal *et al.*, 1992; Carreño *et al.*, 1995; Robin *et al.*, 1997).

El color de la piel de las uvas tintas está relacionado con las antocianinas y en las blancas predominan los flavanoles (Carreño *et al.*, 1997; Fernández-López *et al.*, 1998; Cantos *et al.*, 2002; Cavaliere *et al.*, 2010). En las uvas tintas más intensamente coloreadas las antocianinas predominantes son aquellas trisustituidas en el anillo B, las últimas en la ruta de biosíntesis, como son la delfinidina, la petunidina y la malvidina. Peonidina, cianidina y malvidina son las principales antocianinas en ‘Red Globe’ y ‘Cardinal’, presentando este último cultivar mayor contenido de peonidina y malvidina; en ‘Michele Palieri’, de color *rojo violeta-oscuro*, predomina la malvidina, seguida de peonidina y petunidina como describen varios autores (Carreño *et al.*, 1997; Cantos *et al.*, 2002; Cavaliere *et al.*, 2010).

‘Michele Palieri’ presentó color *violeta-oscuro* según la notación del OIV (2001) y *azul-negro* considerando el índice propuesto por Carreño *et al.* (1995a, 1995b, 1996, 1997)

(Tablas 3.5 y 3.6). De forma similar, en la bibliografía ‘Cardinal’ se clasifica como *rojo-gris* y como *rojo violeta-oscuro* (Carreño *et al.*, 1997; García de Luján y Lara Benítez, 1998), lo que podría estar asociado al empleo de diferentes criterios de clasificación, a la subjetividad de los evaluadores e, incluso, al efecto de las prácticas culturales y condiciones edafoclimáticas; de hecho, las últimas afectan a la síntesis y acumulación de las antocianinas, especialmente la peonidina que es muy sensible a la temperatura y a la luz (Dokoozlian, 2002). Estos ejemplos ponen de manifiesto la importancia de encontrar índices basados en medidas instrumentales para describir el color, que deberán ser válidos para la amplia gama de color de uva, así como la necesidad de estandarizar los criterios empleados.

CIRG fue el único índice de color capaz de segregar los cultivares en grupos diferentes, a semejanza de la apreciación visual del color. Aquellos índices con la coordenada b^* en el denominador, *CCI* y a^*/b^* , presentaron elevada dispersión alrededor del valor medio, puesto que dicha coordenada se caracterizó por valores muy próximos al cero, tanto negativos como positivos, y consecuentemente estos índices no revelaron capacidad de segregación entre uvas con colores tan distintos como *verde-amarillo* y *azul-negro*. Por otra parte, las uvas ‘Cardinal’ y ‘Michele Palieri’, *rojo-gris* y *azul-negro*, respectivamente, presentaron valores de *COL* similares (Tablas 3.5 y 3.6).

En lo que concierne a las correlaciones lineales entre coordenadas de color, destacan las correlaciones entre H y b^* ($r=0,991$), L^* y b^* ($r=0,990$) y H y L^* ($r=0,982$) y, con coeficientes de Pearson ligeramente inferiores, las correlaciones entre C^* y b^* ($r=0,947$), C^* y H ($r=0,941$) y C^* y L^* ($r=0,931$) (Tabla 3.7).

CCI y a^*/b^* no presentaron correlación significativa ($p>0,05$) con la apreciación visual del color, establecida por *CIRG* (Tabla 3.7), a diferencia de su validez en otros frutos cuya coloración no incluye tonalidades violeta (Jiménez-Cuesta *et al.*, 1981; Campbell *et al.*, 1989; Plochanski y Konopacka, 2003; Singh y Reddy, 2006).

A la vista de los resultados obtenidos, podemos concluir que, a semejanza de la apreciación visual del color de la piel, la cromaticidad y el índice *CIRG* poseen poder diferenciador entre los cultivares de uva estudiados y están estrechamente correlacionados.

Tabla 3.5. Coordenadas de color de la piel

	Cultivar				<i>F</i>	<i>p</i>
	Cardinal	Michele Palieri	Red Globe	Vittoria		
<i>Color</i> ⁽¹⁾	4 rojo-gris	5 rojo violeta-oscuro	2 rosa y 3 rojo	1 verde-amarillo		
<i>L</i> *	27,4±0,58 a	27,2±0,44 a	28,0±0,71 b	39,5±1,36 c	1496	0,000
<i>a</i> *	3,57±0,93 c	1,74±1,27 b	5,44±1,59 d	-5,16±0,47 a	489	0,000
<i>b</i> *	0,65±0,36 b	-0,03±0,21 a	1,28±0,68 c	12,0±0,88 d	2780	0,000
<i>C</i> *	3,63±0,98 b	1,80±1,40 a	5,76±1,92 c	13,2±1,05 d	386	0,000
<i>H</i> (°)	9,54±2,67 b	-3,74±7,96 a	12,3±4,20 b	113±1,60 c	3869	0,000

Valor medio y desviación estándar. Letras distintas en una misma línea indican diferencias según el test de Tukey, para un nivel de significación de 0,05.

⁽¹⁾ Color de la piel - Código OIV n° 225 (OIV, 2001).

Tabla 3.6. Índices de color de la piel

	Cultivar				<i>F</i>	<i>p</i>
	Cardinal	Michele Palieri	Red Globe	Vittoria		
<i>CIRG</i> ⁽¹⁾	5,5±0,31 c	6,4±0,53 d	5,0±0,47 b	1,3±0,06 a	1010	0,000
	rojo-oscuro	azul-negro	rojo	verde-amarillo		
<i>CCI</i>	233±79	-779±3662	186±92	-11±0,81	2,0	0,122
<i>COL</i>	72±1,98 c	72±3,21 c	68±5,56 b	-20±1,47 a	5222	0,000
<i>a</i> */ <i>b</i> *	6,4±2,09	-21±100	5,2±2,44	-0,43±0,03	1,9	0,125

Valor medio y desviación estándar. Letras distintas en una misma línea indican diferencias según el test de Tukey, para un nivel de significación de 0,05.

⁽¹⁾ Color de la piel: verde-amarillo (*CIRG*<2), rosa (2<*CIRG*<4), rojo (4<*CIRG*<5), rojo-oscuro (5<*CIRG*<6) y azul-negro (*CIRG*>6) (Carreño et al., 1995a).

Tabla 3.7. Correlación entre coordenadas e índices de color: coeficiente de Pearson (*r*) y nivel de significación (*p*)

		<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>	<i>C*</i>	<i>H</i>	<i>CIRG</i>	<i>CCI</i>	<i>COL</i>	<i>a*/b*</i>
<i>L*</i>	<i>r</i>	1,000								
	<i>p</i>									
<i>a*</i>	<i>r</i>	-0,866	1,000							
	<i>p</i>	0,000								
<i>b*</i>	<i>r</i>	0,990	-0,857	1,000						
	<i>p</i>	0,000	0,000							
<i>C*</i>	<i>r</i>	0,931	-0,656	0,947	1,000					
	<i>p</i>	0,000	0,000	0,000						
<i>H</i>	<i>r</i>	0,982	-0,846	0,991	0,941	1,000				
	<i>p</i>	0,000	0,000	0,000	0,000					
<i>CIRG</i>	<i>r</i>	-0,964	0,743	-0,974	-0,981	-0,984	1,000			
	<i>p</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000				
<i>CCI</i>	<i>r</i>	0,033	0,030	0,042	0,076	0,051	-0,070	1,000		
	<i>p</i>	0,721	0,748	0,649	0,409	0,583	0,450			
<i>COL</i>	<i>r</i>	-0,987	0,884	-0,990	-0,923	-0,987	0,962	-0,032	1,000	
	<i>p</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,725		
<i>a*/b*</i>	<i>r</i>	0,031	0,031	0,040	0,074	0,049	-0,068	1,000	-0,031	1,000
	<i>p</i>	0,736	0,735	0,662	0,419	0,597	0,462	0,000	0,739	

N=120.

3.4.4. Parámetros reológicos

3.4.4.1. Descripción de las curvas Fuerza/Deformación

En la Figura 3.5 (a) se muestra un gráfico Fuerza/Deformación del ensayo de compresión de las uvas con el plato, similar al perfil en la compresión con la sonda esférica. Se observa una evolución “casi lineal” en el tramo inicial, seguida de un cambio en la pendiente de la curva sin daños aparentes en el fruto. A continuación se aprecia una disminución de la fuerza, indicadora de la rotura de la baya, seguida del aumento de la misma hasta la deformación máxima predefinida (Patten y Patterson, 1985a, 1985b; Robin *et al.*, 1997; ASAE, 2000; Singh y Reddy, 2006).

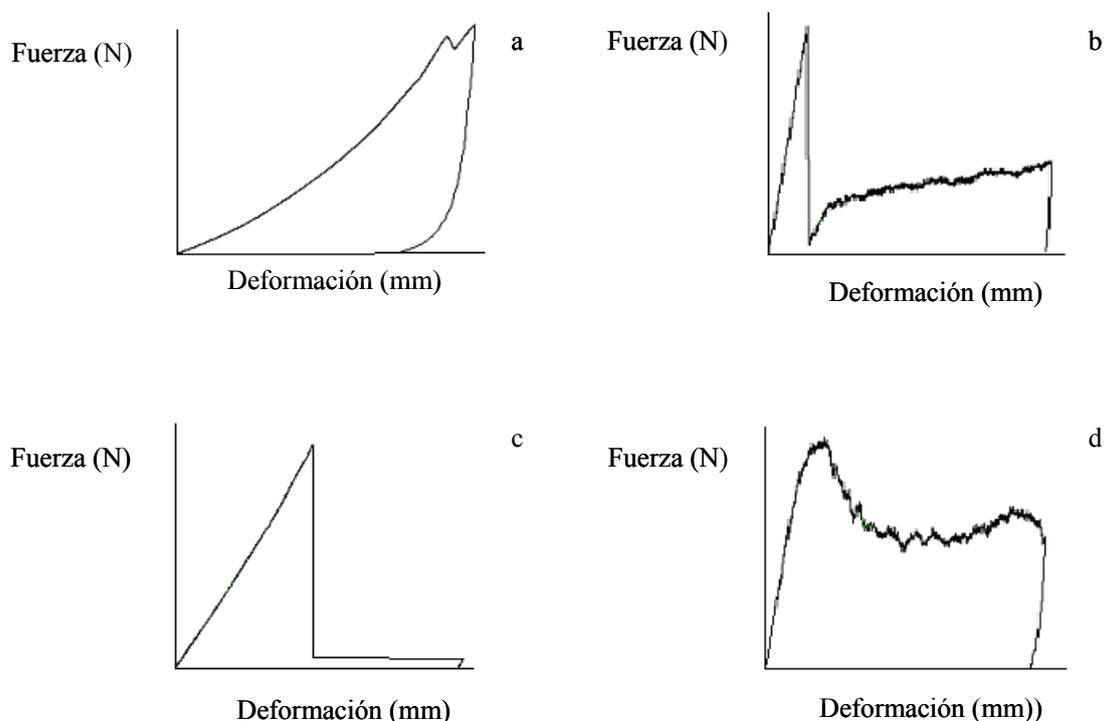


Figura 3.5. Curvas Fuerza/Deformación resultantes de la compresión con el plato (a), punción (b) y penetración de las bayas con (c) y sin piel (d).

Las curvas resultantes de la punción y penetración de las bayas con piel tienen formas análogas (Figura 3.5 b y c). En el segmento inicial de dichas curvas se observa un rápido aumento de la fuerza a medida que la sonda avanza, y la rotura de la piel viene indicada por una disminución abrupta de la fuerza y un cambio en la pendiente, como se ha descrito en diversos frutos (Bourne, 1980; Vargas *et al.*, 2000; Grotte *et al.*, 2001; Camps *et al.*,

2005; Guillermin *et al.*, 2006; Singh y Reddy, 2006; Letaief *et al.*, 2008; Segade *et al.*, 2008).

La Figura 3.5 (d) describe la resistencia ofrecida por la pulpa al avance de los vástagos cilíndricos, en la cual se registra un aumento de la fuerza y después una zona media que se ha considerado un indicador de firmeza de la pulpa en este estudio. El aumento inicial de la fuerza podría ser debido a la compresión de los fluidos celulares, que provocó modificaciones en la forma de las células sin que se produjera la rotura de sus paredes.

3.4.4.2. Compresión con el plato

En la Figura 3.6 se recoge la evolución de la fuerza a medida que avanza el plato. Como puede observarse, a partir de 5 mm de compresión se produce la rotura de las bayas, por lo que existe una dispersión de los datos para deformaciones superiores a este valor. Se aprecia un buen ajuste a los modelos lineal y cuadrático, con coeficientes de determinación (R^2) superiores a 0,8.

En el tramo inicial de la compresión, a medida que la sonda avanzó, se produjo una disminución en el coeficiente de variación (CV) de los parámetros F_x/D_p del 20 al 14 %, describiendo un incremento en la sensibilidad de la metodología (Tabla 3.8), lo que corrobora los resultados obtenidos por Wu y Abbott (2002). Así, para describir el comportamiento reológico de las bayas en los milímetros iniciales, se seleccionó F_3/D_p . En la compresión uniaxial de frutos entre superficies planas, las deformaciones del 7,2 % en cerezas (Lidster y Tung, 1979) y 2 % en ciruelas (Martínez-Romero *et al.*, 2003a, 2003b) fueron descritas como no destructivas de la integridad celular, considerándose que la estructura celular permite pequeñas deformaciones sin producir daños. No obstante, las microroturas pueden no ser detectadas en la curva (Zdunek y Konstankiewicz, 2004).

F_3/D_p presentó menores valores que F_M/D_p , corroborando los resultados obtenidos por otros autores en uvas (Robin *et al.*, 1997) y cerezas (Patten y Patterson, 1985a, 1985b). Entre F_3/D_p y F_M/D_p se produjeron incrementos entre 28 y 73 %, correspondientes a las bayas *esféricas* de ‘Cardinal’ y a las *elípticas largas* de ‘Vittoria’ (Tabla 3.8), lo que refleja la forma cóncava de las curvas Fuerza/Deformación (Figuras 3.5a y 3.6) y está relacionado con la propia geometría del fruto (Linares y Dal Fabro, 2001).

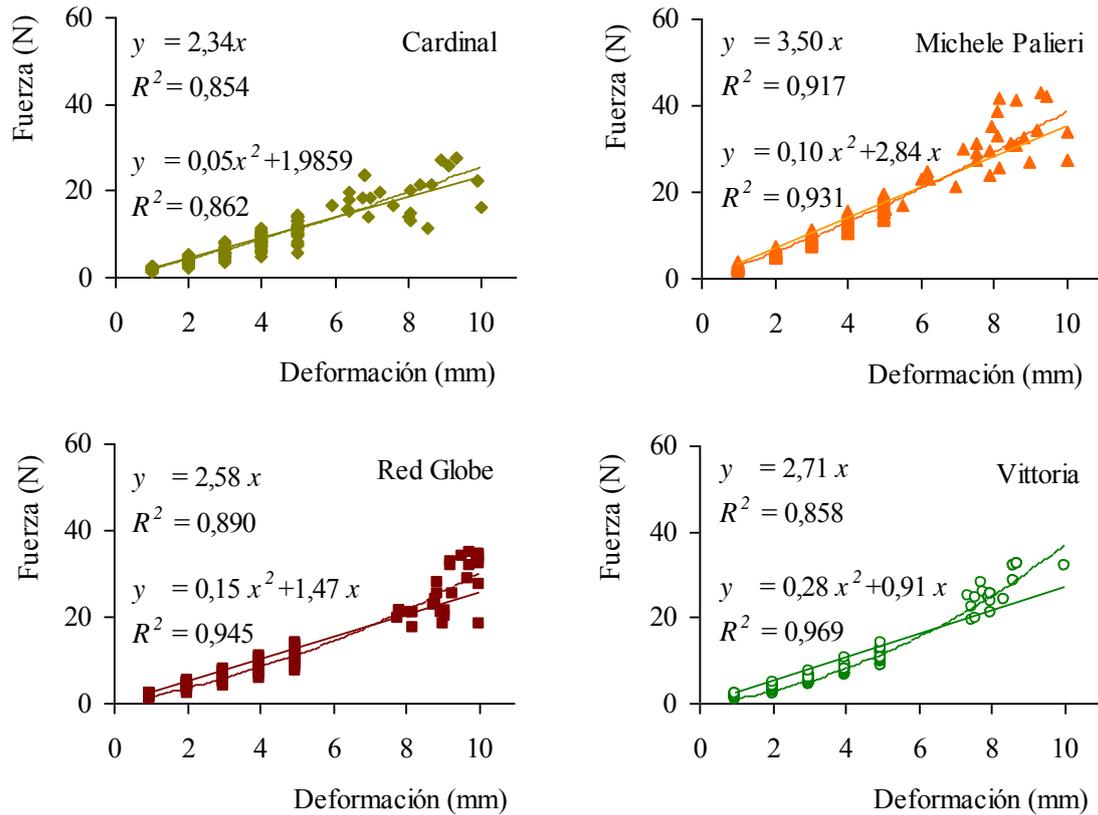


Figura 3.6. Evolución de la fuerza en la compresión con el plato: modelos lineal y cuadrático.

La rotura de las bayas se produjo para deformaciones superiores a 5,03 mm en ‘Michele Palieri’, 5,93 mm en ‘Cardinal’, 7,36 mm en ‘Vittoria’ y 7,79 mm en ‘Red Globe’ (Figura 3.6). Como puede observarse en la Figura 3.7, los valores medios revelaron que la distancia recorrida por la sonda hasta rotura representó el 33 % de la anchura de la baya en ‘Cardinal’, 36 % en ‘Vittoria’, 41 % en ‘Michele Palieri’ y 45 % en ‘Red Globe’. Además, para alcanzar el punto de rotura en ‘Michele Palieri’ y ‘Red Globe’ fue necesario aplicar niveles de energía (W_p , 112 y 102 mJ, respectivamente) superiores a los aplicados en ‘Vittoria’ y ‘Cardinal’ (82 y 69 mJ) (Tabla 3.8), lo que probablemente justifique su elevada resistencia al transporte (García de Luján y Lara Benítez, 1998; Antonacci y Di Giovanni, 2003; Di Lorenzo, 2003).

Tabla 3.8. Parámetros reológicos calculados a partir de la curva Fuerza/Deformación del ensayo de compresión con el plato

	Cultivar				CV (%)	F	p
	Cardinal	Michele Palieri	Red Globe	Vittoria			
F1/Dp (N mm ⁻¹)	2,01±0,44 b	2,79±0,49 c	1,93±0,34 ab	1,70±0,38 a	20	39	0,000
F2/Dp (N mm ⁻¹)	1,98±0,41 a	2,97±0,37 b	1,98±0,31 a	1,78±0,32 a	16	69	0,000
F3/Dp (N mm ⁻¹)	2,03±0,40 a	3,11±0,33 b	2,05±0,29 a	1,89±0,29 a	14	89	0,000
F4/Dp (N mm ⁻¹)	2,13±0,41 a	3,22±0,34 b	2,13±0,28 a	2,02±0,28 a	14	86	0,000
F5/Dp (N mm ⁻¹)	2,27±0,46 a	3,32±0,37 b	2,22±0,29 a	2,21±0,29 a	14	70	0,000
Dp (mm)	7,78±1,27 a	8,03±1,31 a	9,13±0,76 b	8,20±0,69 a	13	9,5	0,000
FMp (N)	19,8±4,62 a	30,2±6,96 c	26,2±6,05 b	26,8±4,39 bc	22	18	0,000
FM/Dp (N mm ⁻¹)	2,59±0,58 a	3,77±0,62 c	2,86±0,50 a	3,27±0,38 b	17	29	0,000
Wp (mJ)	69±25 a	112±37 b	102±27 b	82±18 a	30	15	0,000

Valor medio y desviación estándar. Letras distintas en una misma línea indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

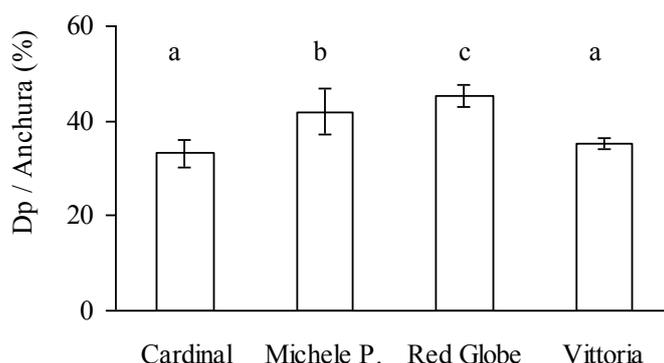


Figura 3.7. Deformación hasta rotura respecto a la anchura de la baya (Dp/Anchura).

Valor medio y desviación estándar. Letras distintas indican diferencias según el test de Tukey, para un nivel de significación de 0,05.

En suma, las bayas ‘Michele Palieri’ presentaron coeficientes de elasticidad aparente ($F3/Dp$ y FM/Dp) más elevados, indicando mayor firmeza. Las uvas ‘Michele Palieri’ y ‘Red Globe’ para romper requirieron mayor deformación ($Dp/Anchura$) y energía (Wp) que ‘Vittoria’ y ‘Cardinal’, lo que supone una ventaja frente a daños por compresión en la cosecha y postcosecha.

3.4.4.3. Compresión con la sonda esférica

La Figura 3.8 recoge la evolución de la fuerza en función de la deformación producida por la sonda esférica, donde puede observarse un buen ajuste al modelo lineal en los cultivares estudiados ($R^2 > 0,9$).

En los cuatro cultivares, tras 3 mm no se produjo modificación de la pendiente de la curva Fuerza/Deformación, indicadora de la rotura de la macroestructura. ‘Michele Palieri’ ofreció resistencia más elevada al avance de la sonda, con coeficiente de elasticidad aparente ($F3/De$) de $1,81 \text{ N mm}^{-1}$, seguido de ‘Red Globe’ con $1,09 \text{ N mm}^{-1}$ y ‘Vittoria’ con $1,05 \text{ N mm}^{-1}$ y, por último, ‘Cardinal’ con $0,77 \text{ N mm}^{-1}$, corroborando la información asociada al valor medio de los demás parámetros reológicos (Tabla 3.9).

En el tramo inicial de la compresión con la sonda esférica se observó la disminución del coeficiente de variación asociado al valor medio de F_x/De , lo que supone un incremento de la sensibilidad de la metodología (Tabla 3.9), como se ha descrito anteriormente en el ensayo de compresión con el plato (Tabla 3.8).

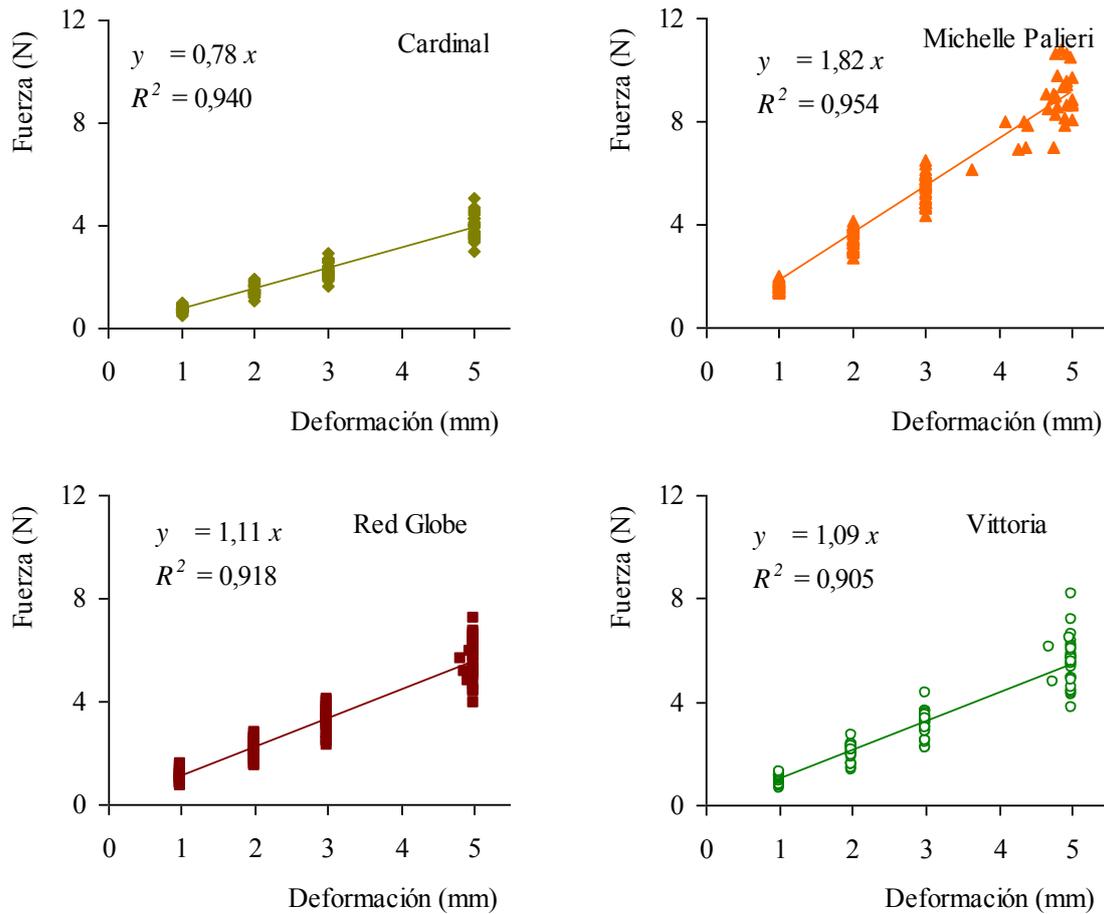


Figura 3.8. Evolución de la fuerza en la compresión con la sonda esférica: modelo lineal.

Tras 5 mm de deformación el 100 % de las uvas ‘Cardinal’, el 87 % en ‘Vittoria’ y el 77 % en ‘Red Globe’ no mostraron cambios en la pendiente de la curva Fuerza/Deformación, lo que supone que no hubo rotura de la macroestructura, mientras que el 87 % de las bayas ‘Michele Palieri’ sí rompieron (Figura 3.8). En ‘Cardinal’ la desviación estándar asociada a la deformación hasta rotura (De) es cero y por este motivo no se procedió al Análisis de Varianza y subsiguiente test para comparación de medias para dicho parámetro reológico (Tabla 3.9).

Tabla 3.9. Parámetros reológicos calculados a partir de la curva Fuerza/Deformación del ensayo de compresión con la sonda esférica

	Cultivar				CV (%)	F	p
	Cardinal	Michele Palieri	Red Globe	Vittoria			
F1/De (N mm ⁻¹)	0,79±0,11 a	1,67±0,19 c	1,09±0,21 b	1,05±0,15 b	15	141	0,000
F2/De (N mm ⁻¹)	0,76±0,10 a	1,74±0,19 c	1,08±0,18 b	1,03±0,15 b	14	210	0,000
F3/De (N mm ⁻¹)	0,77±0,10 a	1,81±0,18 c	1,09±0,16 b	1,05±0,15 b	13	256	0,000
De (mm)	5,00±0,00	4,72±0,32	4,98±0,04	4,98±0,07	-	-	-
FMe (N)	3,98±0,47 a	8,72±1,15 c	5,65±0,80 b	5,57±0,91 b	14	158	0,000
FM/De (N mm ⁻¹)	0,80±0,09 a	1,85±0,19 c	1,14±0,16 b	1,13±0,18 b	13	233	0,000
We (mJ)	9,57±1,22 a	20,2±3,20 c	13,6±1,99 b	13,0±2,56 b	17	106	0,000

Valor medio y desviación estándar. Letras distintas en una misma línea indican diferencias según el test de Tukey, para un nivel de significación de 0,05.

3.4.4.4. Punción

La Figura 3.9 presenta la deformación (Dag) y la fuerza (FMag) medidas en el punto de rotura de la piel en el ensayo de punción, donde puede observarse que la rotura se produjo a deformaciones comprendidas entre 0,52 y 1,84 mm y fuerzas de 0,56 a 1,28 N.

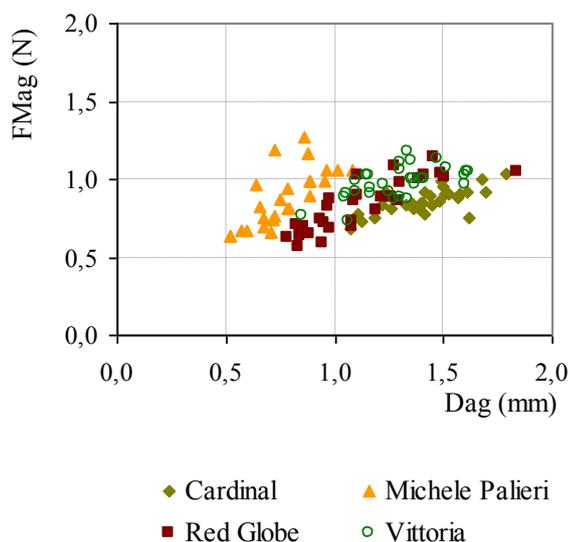


Figura 3.9. Deformación (Dag) y fuerza (FMag) en el punto de rotura en la punción.

‘Vittoria’ destacó por su elevada firmeza de la piel (0,98 N) (Tabla 3.10), representada por la variable FMag según varios autores (Barreiro y Ruiz-Altisent, 1996; Sanchez-Ballesta *et al.*, 2007; Letaief *et al.*, 2008; Segade *et al.*, 2008; Rolle *et al.*, 2009).

‘Michele Palieri’ presentó la menor deformación (Dag, 0,77 mm) y energía (Wag, 0,38 mJ) y el mayor coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dag, 1,19 N mm⁻¹), y sucede lo contrario para ‘Cardinal’ (1,42 mm, 0,64 mJ y 0,61 N mm⁻¹) (Tabla 3.10), a semejanza de lo anteriormente descrito para la compresión con la sonda esférica (Tabla 3.9). Una menor deformación y energía hasta rotura de la piel, asociada a un coeficiente de elasticidad aparente más elevado, podría contribuir a una mayor crujencia de ‘Michele Palieri’ frente a ‘Cardinal’, siendo las uvas de mesa crujientes muy apreciadas por el consumidor (Vivaud *et al.*, 1993); no obstante, las sensaciones de textura también dependen de la estructura y composición química de los tejidos (Bernstein y Lustig, 1985). En uva para vinificación, Letaief *et al.* (2008) encontraron valores medios de energía para romper la piel similares a los de las uvas de mesa objeto de nuestro estudio.

Tabla 3.10. Parámetros reológicos calculados a partir de la curva Fuerza/Deformación del ensayo de punción

	Cultivar				CV (%)	F	p
	Cardinal	Michele Palieri	Red Globe	Vittoria			
Dag (mm)	1,42±0,18 c	0,77±0,14 a	1,14±0,25 b	1,29±0,19 c	17	63	0,000
FMag (N)	0,86±0,08 a	0,88±0,19 a	0,84±0,16 a	0,98±0,10 b	16	5,8	0,001
FM/Dag (N mm ⁻¹)	0,61±0,05 a	1,19±0,15 d	0,74±0,08 b	0,81±0,09 c	12	188	0,000
Wag (mJ)	0,64±0,13 c	0,38±0,13 a	0,51±0,19 b	0,67±0,13 c	27	26	0,000

Valor medio y desviación estándar (N=30). Letras distintas en una misma línea indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

Los coeficientes de elasticidad aparente de la piel (FM/Dag) y de la baya en el punto de rotura (FM/Dp) agrupan de forma más o menos similar a los cultivares objeto de este estudio, probablemente porque en el punto de rotura la resistencia a la deformación de la piel determina, en gran medida, la resistencia a la deformación de la baya. La complejidad del parámetro FM/Dp, al englobar características de la piel y del fruto entero (Jackman *et al.*, 1990; Robin *et al.*, 1997), y también su coeficiente de variación más elevado (17 %) (Tabla 3.8), comparado con el de FM/Dag (12 %) (Tabla 3.10), podrían justificar, en parte, las diferencias observadas en la comparación de los valores medios de dichos parámetros.

En resumen, ‘Michele Palieri’ se distingue de los demás cultivares, especialmente por su elevado coeficiente de elasticidad aparente de la piel, mientras que ‘Cardinal’ presenta el menor valor de dicho coeficiente y mayor deformación hasta rotura; en una posición intermedia se encuentran ‘Vittoria’ y ‘Red Globe’, destacando el primer cultivar por su elevada firmeza de la piel.

3.4.4.5. Penetración

En la penetración, la resistencia ofrecida resulta de una combinación de fuerzas de corte y compresión, estando la primera relacionada con el perímetro de la sonda mientras que la de compresión lo está con el área de la base del vástago (Bourne, 1965; Yang y Mohsenin, 1974; Pirovani *et al.*, 1994); esto explica la menor deformación hasta rotura encontrada con la sonda de 2 mm de diámetro (Dp2), asociada al mayor esfuerzo de corte frente al de compresión, comparado con el vástago de 3 mm de diámetro (Figura 3.10).

Las bayas ‘Vittoria’ fueron las que rompieron a deformación más elevada, siendo necesario aplicar una energía (Wp2 y Wp3) superior a la de los demás cultivares. ‘Michele Palieri’ se caracterizó por una menor deformación y energía, y coeficiente de elasticidad aparente más elevado (FM/Dp2 y FM/Dp3), a semejanza de lo anteriormente descrito para las variables de punción, así como mayor firmeza de la pulpa (Fp2 y Fp3, Fpulpap2 y Fpulpap3). ‘Vittoria’ y ‘Cardinal’ mostraron la menor firmeza de la pulpa (Tabla 3.11).

El coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp2) presentó valores cercanos a la unidad en ‘Cardinal’ (0,86 N mm⁻¹), ‘Vittoria’ (0,96 N mm⁻¹) y ‘Red Globe’ (1,04 N mm⁻¹), similares al encontrado en ‘Thompson Seedless’ por Vargas *et al.* (2000), e inferiores al de ‘Michele Palieri’ (1,73 N mm⁻¹) (Tabla 3.11).

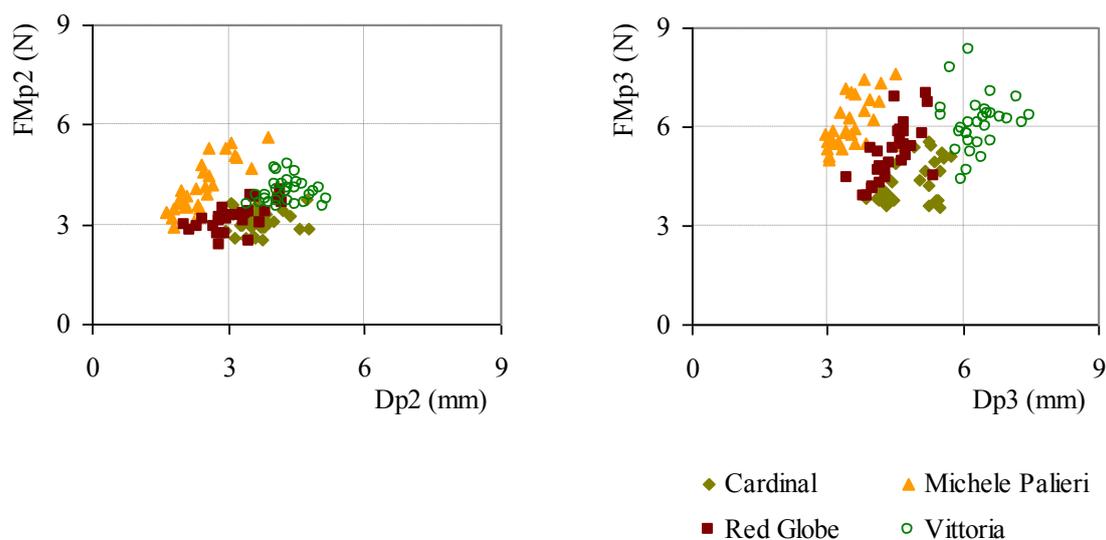


Figura 3.10. Deformación (Dp_2 y Dp_3) y fuerza (FMp_2 y FMp_3) en el punto de rotura en la penetración con las sondas cilíndricas de 2 y 3 mm de diámetro (p_2 y p_3).

El test de comparación múltiple de medias agrupa de forma diferente los cuatro cultivares con respecto a $FMag$, FMp_2 y FMp_3 (Tablas 3.10 y 3.11), probablemente debido a las diferentes componentes de corte y compresión (Bourne, 1965; Yang y Mohsenin, 1974; Pirovani *et al.*, 1994), que están estrechamente asociados a la morfología de los tejidos, fuerzas de unión célula-célula, turgencia celular, composición y estructura de la pared celular, cuyas magnitudes parecen ser dependientes del cultivar.

En el ensayo de penetración con la sonda cilíndrica de 2 mm de diámetro la fuerza máxima presentó valores medios de 3-4 N, corroborando los resultados obtenidos en uva ‘Thompson Seedless’, en estado de madurez comercial, por Vargas *et al.* (2000).

Las fuerzas calculadas en los puntos de rotura en la punción y penetración podrían ser empleadas como indicadoras de la firmeza de los tejidos externos, estando $FMag$ exclusivamente asociada a la firmeza de la piel (Barreiro y Ruiz-Altisent, 1996; Sanchez-Ballesta *et al.*, 2007; Segade *et al.*, 2008; Rolle *et al.*, 2009), mientras que FMp_2 y FMp_3 incluyen características reológicas de la piel y de los tejidos subyacentes (Brown y Bourne, 1988). Por ejemplo, ‘Cardinal’, ‘Michele Palieri’ y ‘Red Globe’ mostraron valores de $FMag$ similares, describiendo una firmeza de la piel similar, mientras que ‘Michele Palieri’ presentó FMp_2 y FMp_3 superior a ‘Cardinal’, probablemente asociado a valores más elevados de firmeza de los tejidos contiguos a la piel (Tablas 3.10 y 3.11).

Tabla 3.11. Parámetros reológicos calculados a partir de las curvas Fuerza/Deformación de los ensayos de penetración con las sondas cilíndricas de 2 y 3 mm de diámetro

	Cultivar				CV (%)	F	p
	Cardinal	Michele Palieri	Red Globe	Vittoria			
Dp2 (mm)	3,66±0,48 c	2,39±0,55 a	3,18±0,56 b	4,30±0,43 d	15	75	0,000
FMp2 (N)	3,08±0,33 a	4,07±0,77 b	3,20±0,41 a	4,00±0,36 b	14	32	0,000
FM/Dp2 (N mm ⁻¹)	0,86±0,14 a	1,73±0,22 c	1,04±0,16 b	0,96±0,12 ab	14	178	0,000
Wp2 (mJ)	6,33±1,06 b	5,25±2,04 a	5,47±1,32 ab	8,52±1,24 c	23	31	0,000
Fp2 (N)	0,28±0,06 a	0,59±0,09 c	0,33±0,05 b	0,26±0,03 a	16	193	0,000
Fpulpap2 (N)	0,25±0,05 a	0,45±0,07 c	0,30±0,08 b	0,22±0,06 a	22	75	0,000
Dp3 (mm)	4,78±0,60 b	3,52±0,44 a	4,45±0,45 b	6,35±0,48 c	10	167	0,000
FMp3 (N)	4,36±0,63 a	6,11±0,74 c	5,14±0,86 b	6,10±0,81 c	14	37	0,000
FM/Dp3 (N mm ⁻¹)	0,93±0,13 a	1,75±0,18 c	1,16±0,14 b	0,97±0,14 ab	13	191	0,000
Wp3 (mJ)	11,1±2,38 a	11,4±2,32 a	12,5±2,96 a	18,7±2,96 b	20	52	0,000
Fp3 (N)	0,56±0,09 a	0,96±0,13 b	0,58±0,10 a	0,52±0,07 a	15	129	0,000
Fpulpap3 (N)	0,44±0,07 a	0,89±0,09 c	0,52±0,10 b	0,43±0,09 a	15	192	0,000

Valor medio y desviación estándar. Letras distintas en una misma línea indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

Cultivares con firmeza de los tejidos externos similar, descrita por las variables reológicas FMp2 y FMp3 (Brown y Bourne, 1988; Grotte *et al.*, 2001), pueden tener firmeza de la pulpa diferente (Fpulpap2 y Fpulpap3), como sucede con ‘Michele Palieri’ y ‘Vittoria’ (Figura 3.11 y Tabla 3.11).

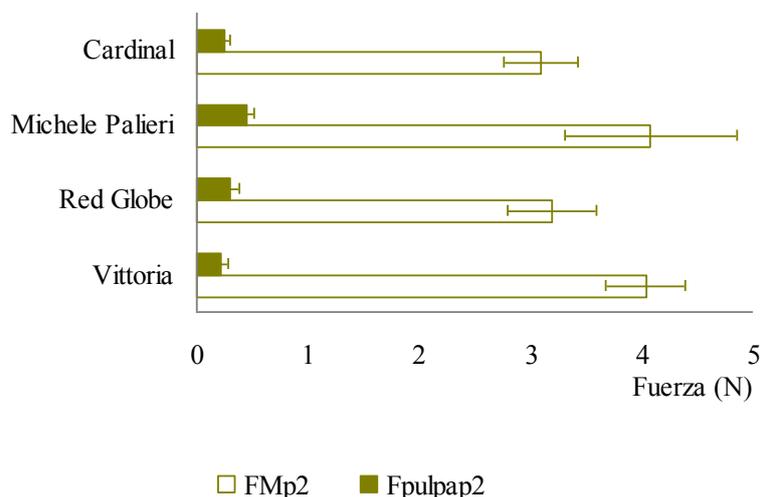


Figura 3.11. Firmeza de la piel y tejidos contiguos (FMp2) y firmeza de la pulpa (Fpulpap2).

Valor medio y desviación estándar.

Los parámetros indicadores de la firmeza de la pulpa, estrechamente correlacionados (Figura 3.12), agrupan de forma similar los cultivares de uva de mesa, en particular Fp2 y Fpulpap2 (Tabla 3.11), poniendo de manifiesto que los parámetros Fp2 y Fp3 podrían ser empleados como indicadores de la firmeza de la pulpa, confiriendo particular interés al ensayo de penetración de las uvas con piel, al proporcionar información sobre las características reológicas de los tejidos externos y de la pulpa, a semejanza de lo descrito para manzanas (Grotte *et al.*, 2001; Guillermin *et al.*, 2006). No obstante, Fpulpa es el parámetro reológico que mide exclusivamente la firmeza de la pulpa, sin interferencia de la piel.

A la vista de los resultados obtenidos en los ensayos de penetración, puede concluirse que ‘Michele Palieri’ destacó por su coeficiente de elasticidad aparente y firmeza de la pulpa más elevados, pero menor deformación y energía para alcanzar el punto de rotura. Por otro lado, ‘Vittoria’ y ‘Cardinal’ fueron los cultivares que mostraron menor firmeza de la pulpa, produciéndose la rotura para deformaciones y niveles de energía más elevados en ‘Vittoria’. ‘Red Globe’ se caracteriza por un comportamiento reológico intermedio.

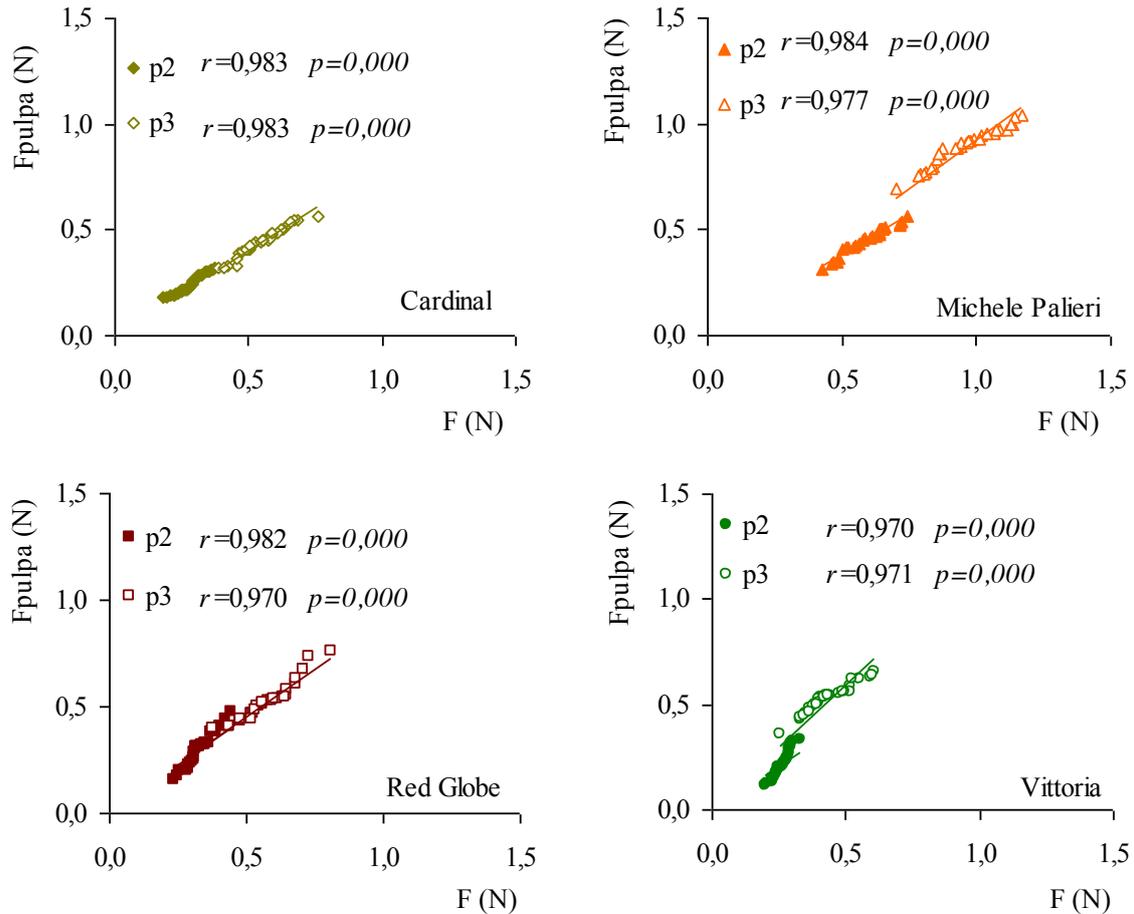


Figura 3.12. Correlación entre los parámetros indicadores de la firmeza de la pulpa (F y Fpulpa): coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

3.4.4.6. Análisis de componentes principales

Para el estudio global de los parámetros reológicos se empleó el análisis de componentes principales, lo que supuso una reducción de las 22 variables iniciales (F3/Dp, FMp, Dp/Anchura, FM/Dp, Wp, F3/De, FMag, Dag, FM/Dag, Wag, FMp2, Dp2, FM/Dp2, Wp2, Fp2, Fpulpap2, FMp3, Dp3, FM/Dp3, Wp3, Fp3 y Fpulpap3) a tres componentes principales (CP1, CP2 y CP3) con autovalor superior a la unidad, que explican el 81,4 % de la varianza total. La Figura 3.13 recoge las representaciones de las correlaciones entre las variables y las componentes principales y de las puntuaciones factoriales en los planos definidos por las componentes principales. Los resultados presentados en la Tabla 3.12 ponen de manifiesto la aplicabilidad del análisis factorial, con correlaciones significativas entre las variables y los factores (KMO=0,80 y $p \leq 0,05$).

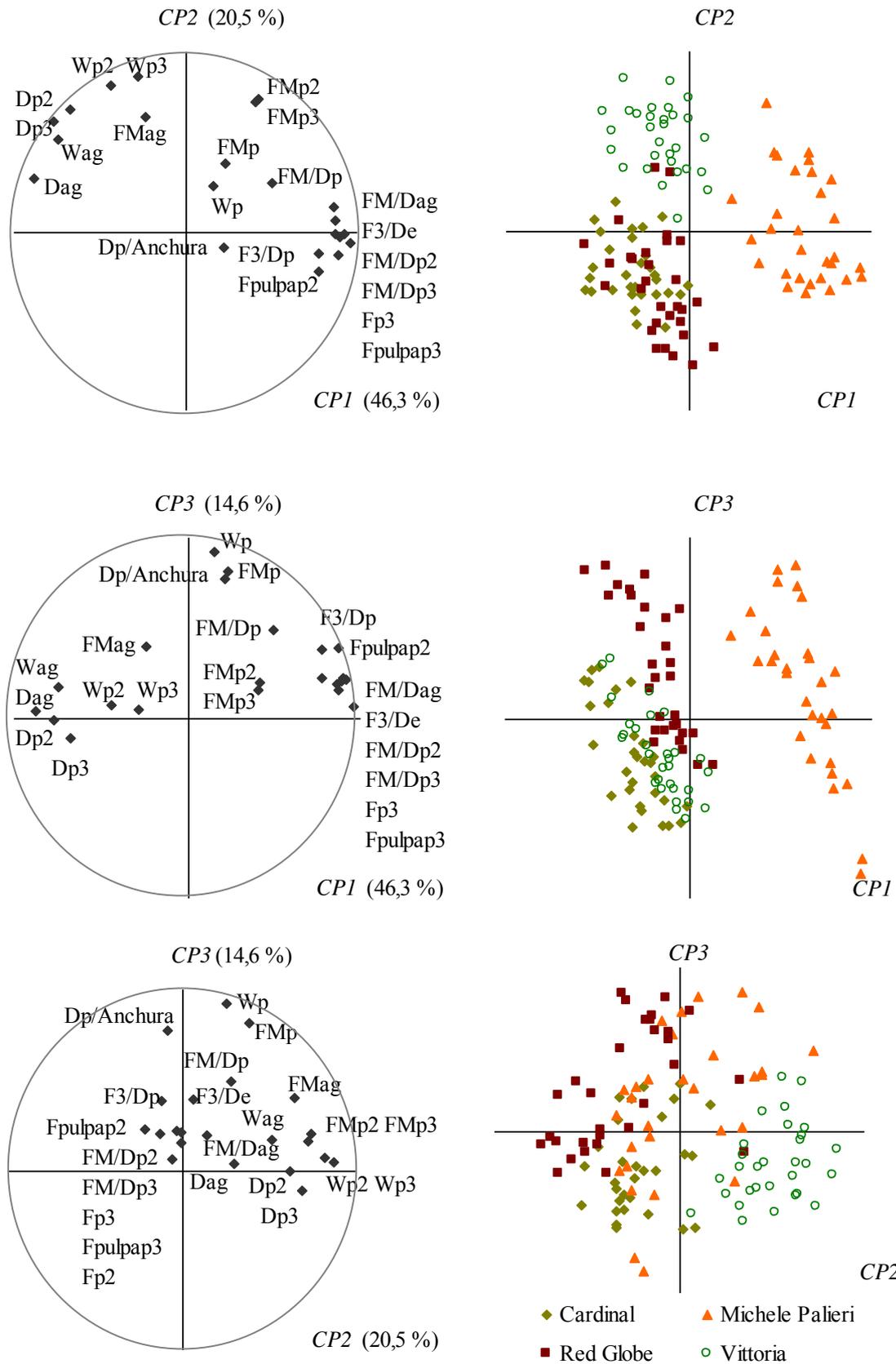


Figura 3.13. Análisis de componentes principales: correlación entre variables y factores (izquierda) y puntuaciones factoriales (derecha).

Tabla 3.12. Análisis de componentes principales para los parámetros reológicos: medida de adecuación muestral y prueba de esfericidad

Adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	Prueba de esfericidad de Bartlett		
	χ^2	Grados de libertad	<i>p</i>
0,80	5962	231	0,000

En cuanto a la primera componente principal (*CP1*), que supone el 46,3 % de la varianza total, viene definida principalmente por los coeficientes de elasticidad aparente calculados en la penetración y punción (FM/Dp2 con $r=0,957$, FM/Dp3 con $r=0,917$ y FM/Dag con $r=0,862$), la firmeza de la pulpa (Fpulpap3 con $r=0,892$, Fp2 con $r=0,882$, Fp3 con $r=0,872$ y Fpulpap2 con $r=0,769$), la deformación hasta rotura en la punción (Dag con $r=-0,882$) y los coeficientes de elasticidad aparente calculados en el tramo inicial de las curvas de compresión (F3/De con $r=0,865$ y F3/Dp con $r=0,769$), y este factor se ha denominado **“resistencia a la deformación y firmeza de la pulpa”** (Figura 3.13).

Las variables que integran la primera componente principal están muy correlacionadas entre sí y, probablemente, miden una misma característica reológica, a pesar de las diferencias inherentes a cada tipo de ensayo (Figura 3.13).

La segunda componente principal (*CP2*), que explica el 20,5 % de la varianza total, está constituida fundamentalmente por la energía (Wp3 con $r=0,870$ y Wp2 con $r=0,819$) y la fuerza en el punto de rotura de la penetración (FMp3 con $r=0,738$ y FMp2 con $r=0,723$), este factor se ha designado **“rotura en la penetración”** (Figura 3.13).

La tercera componente principal (*CP3*), que supone el 14,6 % de la varianza total, está definida principalmente por las variables calculadas en el punto de rotura en la compresión de la baya entre superficies planas, como son la energía (Wp con $r=0,927$), la fuerza (FMp con $r=0,820$) y la deformación respecto a la anchura de la baya (Dp/Anchura con $r=0,775$), denominándose a este factor **“rotura de la baya en la compresión”** (Figura 3.13).

Por otra parte, la baja correlación de los parámetros de penetración y punción con la tercera componente principal, que describe la “rotura de la baya en la compresión”, pone de manifiesto que los mecanismos de rotura involucrados en la punción y penetración (con vástagos de pequeño diámetro) y en la compresión no están muy correlacionados. Sería interesante, en trabajos futuros, profundizar en el conocimiento de los mecanismos de rotura involucrados en los diferentes ensayos reológicos y cultivares de uva. No obstante,

la firmeza de la piel (FMag) se encuentra correlacionada tanto con la “rotura en la penetración” ($r=0,644$ con *CP2*) como con la “rotura de la baya en la compresión” ($r=0,401$ con *CP3*) y menos con la “resistencia a la deformación y firmeza de la pulpa” ($r=-0,240$ con *CPI*) (Figura 3.13).

El estudio global de la relación entre las variables reológicas confiere especial interés a los ensayos de penetración y compresión con el plato para la caracterización de uva de mesa. La penetración de las uvas con la piel proporciona información sobre el punto de rotura de la piel y la firmeza de la pulpa, y el empleo del vástago cilíndrico de menor diámetro permite la aplicación de dicho ensayo a los cultivares de uva con menor tamaño. De hecho, destaca la estrecha relación entre las variables calculadas en los ensayos de penetración de las bayas con las sondas cilíndricas de 2 y 3 mm de diámetro y entre las variables indicadoras de la firmeza de la pulpa (Figura 3.13).

La compresión uniaxial de la baya entre superficies planas permite calcular, por lo menos, un parámetro ($F3/Dp$) estrechamente correlacionado con la firmeza de la pulpa, así como variables que describen la rotura de la baya cuando se somete a compresión (Wp y FMp) (Figura 3.13). Mitcham *et al.* (1998) y Alique *et al.* (2005) emplearon la pendiente inicial de las curvas de compresión como indicador de la firmeza de la pulpa en cereza, mientras que otros autores han empleado dicho parámetro reológico para describir la firmeza global en uva (Robin *et al.*, 1997; Martínez-Romero *et al.*, 2003a; Valverde *et al.*, 2005a, 2005b), en ciruela (Pérez-Vicente *et al.*, 2002; Martínez-Romero *et al.*, 2003b), en frutos del bosque (Allan-Wojtas *et al.*, 2001) y en tomate (Stommel *et al.*, 2005), y la firmeza de los tejidos externos en cereza (Patten y Patterson, 1985a, 1985b).

En cuanto a la proyección de las puntuaciones de los individuos en los planos definidos por las tres componentes principales, cabe destacar que ‘Michele Palieri’ difiere de los demás cultivares por su elevada “resistencia a la deformación y firmeza de la pulpa” (*CPI*), ‘Vittoria’ requiere elevada fuerza y energía en el punto de “rotura en la penetración” (*CP2*) y ‘Red Globe’ presentó mayor resistencia a la “rotura de la baya en la compresión” que ‘Cardinal’ y ‘Vittoria’ (*CP3*) (Figura 3.13).

3.5. CONCLUSIONES

1. En la campaña estudiada, los parámetros pomológicos y químicos evaluados indican que las uvas 'Cardinal', 'Michele Palieri', 'Red Globe' y 'Vittoria' son de muy buena calidad, destacando el elevado contenido en sólidos solubles y la ratio entre sólidos solubles totales y acidez de 'Red Globe', principal índice de calidad en uva de mesa.
2. La cromaticidad y el índice de color para uvas tintas (*CIRG*), estrechamente correlacionados, permitieron distinguir los cultivares, como sucede con la apreciación visual.
3. 'Michele Palieri' fue el cultivar que mostró coeficientes de elasticidad aparente y firmeza de la pulpa más elevados, caracterizándose por poseer una elevada resistencia a la rotura en la compresión de la baya y la menor resistencia a la rotura en la punción y penetración.
4. 'Cardinal' destaca por sus menores coeficientes de elasticidad aparente, firmeza de la pulpa y resistencia a la rotura en la compresión.
5. 'Vittoria' mostró elevada firmeza de la piel, baja firmeza de la pulpa y elevada resistencia a la rotura en la punción y penetración.
6. 'Red Globe' presentó elevada resistencia a la rotura en la compresión y comportamiento intermedio en punción y penetración, lo que asociado a su elevado contenido en sólidos solubles y ratio sólidos solubles totales/acidez, le confiere especial interés para la comercialización.
7. Los ensayos de penetración y compresión resultaron ser de gran interés para la caracterización reológica de uva. Por una parte, proporcionan información sobre la resistencia a la deformación y la firmeza de la pulpa (FM/Dp_2 , Fp_2 y F_3/Dp), características estrechamente correlacionadas. Por otra parte, aportan información sobre la resistencia a la rotura en la penetración (Wp_2 y FMp_2) y compresión (Wp y FMp).

3.6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbal, P., Boulet, J.C., Moutounet, M., 1992. Utilisation des paramètres physiques pour la caractérisation de la véraison des baies de raisin. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 26: 231-237.
- Abbott, J.A., 1999. Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology* 15: 207-225.
- Ahumada, M.H., Mitcham, E.J., Moore, D.G., 1996. Postharvest quality of 'Thompson Seedless' after insecticidal controlled-atmosphere treatments. *HortScience* 31: 833-836.
- Alavoine, F., Crochon, M., Fady, C., Fallot, J., Moras P., Pech, J.C., 1988. La qualité gustative des fruits. Méthodes pratiques d'analyses. CEMAGREF, Ministère de l'Agriculture, Aix-en-Provence, 50 pp.
- Alique, R., Zamorano, J.P., Martínez, M.A., Alonso, J., 2005. Effect of heat and cold treatments on respiratory metabolism and shelf-life of sweet cherry, type picota cv 'Ambrunés'. *Postharvest Biology and Technology* 35: 153-165.
- Allan-Wojtas, P.M., Forney, C.F., Carbyn, S.E., Nicholas, K.U.K.G., 2001. Microstructural indicators of quality related characteristics of blueberries – an integrated approach. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 34: 23-32.
- Antonacci, D., Di Giovanni, R., 2003. Nuove varietà di uva da tavola in Abruzzo. *Frutticoltura* 4: 16:25.
- Archbold, D.D., Hamilton-Kemp, T.R., Clements, A.M., Collins, R.W., 1999. Fumigating 'Crimson Seedless' table grapes with (*E*)-2-hexenal reduces mold during long-term postharvest storage. *HortScience* 34: 705-707.
- Artés-Hernández, F., Artés, F., Tomas-Barberan, F.A., 2003. Quality and enhancement of bioactive phenolics in cv. Napoleon table grapes exposed to different postharvest gaseous treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 5290-5295.
- Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Artés, F., 2004. Alternative atmosphere treatments for keeping quality of 'Autumn Seedless' table grapes during long-term cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 31: 59-67.

- ASAE, 2000. Compression test of food materials of convex shape. *ASAE Standards*, S368.4. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI.
- Baiano, A., la Notte, E., Coletta, A., Terracone, C., Antonacci, D., 2011. Effects of irrigation volume and nitrogen fertilization on Redglobe and Michele Palieri table-grape cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture* 62: 57-65.
- Bakker, J., Picinelli, A., Bridle, P., 1986. Model wine solutions: colour and composition changes during ageing. *Vitis* 32: 111-118.
- Barreiro, P., Ruiz-Altisent, M., 1996. Propiedades mecánicas, calidad de frutos. Definiciones, medidas instrumentales. *Fruticultura Profesional* 77: 48-55.
- Bernalte, M.J., Hernández, M.T., Vidal-Aragon, M.C., Sabio, E., 1999. Physical, chemical, flavor and sensory characteristics of two sweet cherry varieties grown in 'Valle Del Jerte'. *Journal of Food Quality* 22: 403-416.
- Bernstein, Z., Lustig, I., 1985. Hydrostatic methods of measurement of firmness and turgor pressure of grape berries. *Scientia Horticulturae* 25: 129-136.
- Blouin, J., 1973. Manuel pratique d'analyses des mouts et des vins. Fed. Dept. Cent. Etude Inform. Oenol. Gironde.
- Bourne, M.C., 1965. Measure of shear and compression components of puncture tests. *Journal Paper* (1456): 282-291. New York State Agricultural Experiment Station, New York.
- Bourne, M., 1980. Texture evaluation of horticultural crops. *HortScience* 15: 51-57.
- Brown, S.G., Bourne, M.C., 1988. Assessment of component of fruit firmness in selected sweet cherry genotypes. *HortScience* 23: 902-904.
- Campbell, C.A., Huber, D.J., Koch, K.E., 1989. Postharvest changes in sugars, acids and color of carambola fruit at various temperatures. *HortScience* 24: 472-475.
- Camps, C., Guillermin, P., Mauget, J.C., Bertrand, D., 2005. Data analysis of penetrometric force/displacement curves for the characterization of whole apple fruits. *Journal of Texture Studies* 36: 387-401.

- Cantos, E., Espín, J.C., Tomás-Barberán, F.A., 2002. Varietal differences among the polyphenol profiles of seven table grape cultivars studied by LC–DAD–MS–MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 5691–5696.
- Carreño, J., Martínez, A., Almela, L., Fernández-López, J.A., 1995a. Proposal of an index for the objective evaluation of the colour of red table grapes. *Food Research International* 28: 373-377.
- Carreño, J., Almela, L., Martínez, A., Fernández-López, J.A., 1995b. Colour changes associated with maturation of the table grape cv. Don Mariano. *Journal of Horticultural Science* 70: 841-846.
- Carreño, J., Martínez, A., Almela, L., Fernández-López, J.A., 1996. Measuring the color of table grapes. *Color Research and Application* 21: 50-54.
- Carreño, J., Almela, L., Martínez, A., Fernández-López, J.A., 1997. Chemotaxonomical classification of red table grapes based on anthocyanin profile and external colour. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 30: 259-265.
- Cavaliere, C., Foglia, P., Marini, F., Samperi, R., Antonacci, D., Laganà, A., 2010. The interactive effects of irrigation, nitrogen fertilisation rate, delayed harvest and storage on the polyphenol content in red grape (*Vitis vinifera*) berries: A factorial experimental design. *Food Chemistry* 122: 1176–1184.
- Coombe, B.G., Dundon, R.J., Short, A.W.S., 1980. Indices of sugar-acidity as ripeness criteria for wine grapes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 31: 495-502.
- Crisosto, C.H., Crisosto, G.M., 2002. Understanding American and Chinese acceptance of ‘Red Globe’ table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 24: 155-162.
- Crisosto, C.H., Garner, D., Crisosto, G.M., 2002. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of ‘Red Globe’ table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 26: 181-189.
- Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., 2005. Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grapes stored in high oxygen atmospheres. *Food Research International* 38: 769-776.

- Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., 2006. Physiological responses and quality attributes of 'Kyoho' grapes to controlled atmosphere storage. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 39: 584-590.
- Di Lorenzo, R., 2003. L'evoluzione mondiale del comparto dell'uva da tavola nel decenio 1990-2000. *Frutticoltura* 4: 5-7.
- Dodds, G.T., Brown, J.W., Ludford, P.M., 1991. Surface color changes of tomato and other solanaceous fruit during chilling. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116: 482-490.
- Dokoozlian, N., 2002. Table grape berry growth and development: a review. *Grape Notes* (March-April): 1-4. University of California Cooperative Extension.
- Fernández-López, J.A., Almela, L., Muñoz, J.A., Hidalgo, V., Carreño, J., 1998. Dependence between colour and individual anthocyanin content in ripening grapes. *Food Research International* 31: 667-672.
- Gabler, F.M., Smilanick, J.L., 2001. Postharvest control of table grape gray mold on detached berries with carbonate and bicarbonate salts and disinfectants. *American Journal of Enology and Viticulture* 52: 12-20.
- García de Luján, A., Lara Benítez, M., 1998. *Variedades de uva de mesa en Andalucía*. Monografías 20/98. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca (ed.), Sevilla, 247 pp.
- Grotte, M., Duprat, F., Loonis, D., Piétri, E., 2001. Mechanical properties of the skin and the flesh of apples. *International Journal of Food Properties* 4: 149-161.
- Guillermin, P., Dupont, N., Le Morvan, C., Le Quére, J.-M., Langlais, C., Mauget, J.C., 2006. Rheological and technological properties of two cidder apple cultivars. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 39: 995-1000.
- Hobson, G.E., 1987. Low-temperature injury and the storage of ripening tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 62: 55-62.
- Iriti, M., Faoro, F., 2006. Grape phytochemicals: A bouquet of old and new nutraceuticals for human health. *Medical Hypotheses* 67: 833-838.

- Jackman, R.L., Marangoni, A.G., Stanley, D.W., 1990. Measurement of tomato fruit firmness. *HortScience* 25: 781-783.
- James, J., Lamikanra, O., Morris, J.R., Main, G., Walker, T., Silva, J., 1999. Interstate shipment and storage of fresh muscadine grapes. *Journal of Food Quality* 22: 605-617.
- Jiménez-Cuesta, M., Cuquerella, J., Martínez-Javega, J.M., 1981. Determination of a colour index citrus fruit for degreening. *Proceedings of International Society of Citriculture* 2: 750-753.
- Kader, A.A., 2002. Fruits in the global market. *In* Fruit quality and its biological basis. Knee, M. (ed.), Sheffield Academic Press Ltd, Sheffield, 1-16.
- Kanellis, A.K., Roubelakis, K.A., 1993. Grape. *In* Biochemistry of fruit ripening. Seymour, G.B., Taylor, J.E., Tucker, G.A. (eds.), Chapman & Hall, London, 189-234.
- Karabulut, O.A., Gabler, F.M., Mansour, M., Smilanick, J.L., 2004. Postharvest ethanol and hot water treatments of table grapes to control gray mold. *Postharvest Biology and Technology* 34: 169-177.
- Letaief H., Rolle L., Gerbi, V., 2008. Mechanical behavior of winegrapes under compression tests. *American Journal of Enology and Viticulture* 5: 323-329.
- Lichter, A., Zutkhy, Y., Sonego, L., Dvir, O., Kaplunov, T., Sarig, P., Ben-Aire, R., 2002. Ethanol controls postharvest decay of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 24: 301-308.
- Lidster, P.D., Tung, M.A., 1979. Identification of deformation parameters and fruit response to mechanical damage in sweet cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104: 808-811.
- Linares, A.W., Dal Fabbro, I.M., 2001. Non linear viscoelastic behavior of spherical fruits. *Acta Horticulturae* 562: 187-194.
- Lydakis, D., Aked, J., 2003. Vapour heat treatment of Sultania table grapes. II: Effects on postharvest quality. *Postharvest Biology and Technology* 27: 117-126.
- Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., Serrano, M., 2003a. Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *Journal of Food Science* 68: 1838-1843.

- Martínez-Romero, D., Castillo, S., Valero, D., 2003b. Forced-air cooling applied before fruit handling to prevent mechanical damage of plums (*Prunus salicina* Lindl.). *Postharvest Biology and Technology* 28: 135-142.
- Maury, C., Madieta, E., Le Moigne, M., Mehinagic, E., Siret, R., Jourjon, F., 2009. Development of a mechanical texture test to evaluate the ripening process of Cabernet Franc grapes. *Journal of Texture Studies* 40: 511-535.
- Mencarelli, F., Massantini, R., Lanzarota, L., Botondi, R., 1994. Accurate detection of firmness and colour changes in the packing of table grapes with paper dividers. *Journal of Horticultural Science* 69: 299-304.
- Mitcham, E.J., Clayton, M., Biasi, W.V., 1998. Comparison of devices for measuring cherry fruit firmness. *HortScience* 33: 723-727.
- OIV, 2001. *Code des caractères descriptifs des variétés et espèces de Vitis*. Office International de la Vigne et du Vin. Paris.
- Palou, L., Crisosto, C.H., Garner, D., Basinal, L.M., 2003. Effect of continuous exposure to exogenous ethylene during cold storage on postharvest decay development and quality attributes of stone fruits and table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 27: 243-254.
- Patten, K.D., Patterson, M.E., 1985a. Fruit temperature effects on the mechanical damage of sweet cherries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110: 215-219.
- Patten, K.D., Patterson, M.E., 1985b. Fruit moisture status effects on the texture and mechanical properties of sweet cherries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110: 537-541.
- Pérez-Vicente, A., Martínez-Romero, D., Carbonnel, A., Serrano, M., Riquelme, F., Guillén, F., Valero, D., 2002. Role of polyamines in extending shelf life and the reduction of mechanical damage during plum (*Prunus salicina* Lindl.) storage. *Postharvest Biology and Technology* 25: 25-32.
- Pezzuto, J.M., 2008. Grapes and human health: A perspective. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 6777-6784.

- Pirovani, M.E., Güemes, D.R., Piagentini, A.M., Di Pentima, J.H., 1994. Determinación de la textura de aguacates (*Persea americana* Mill.) mediante ensayos de penetración. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 34: 77-89.
- Plocharski, W.J., Konopacka, D., 2003. Non-destructive, mechanical method for measurement of plum's firmness. *International Agrophysics* 17: 199-206.
- Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E., Sudraud, P., Ribéreau-Gayon, P., 1998. *Traité d'Oenologie. Sciences et techniques du vin*. Dunod (ed.), Paris, 175 pp.
- Robin, J.P., Abbal, P., Salmon, J.M., 1997. Fermeté et maturation du raisin. Définition et évolution de différents paramètres rhéologiques au cours de la maturation. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 31: 127-138.
- Rolle, L., Guidoni, S., 2007. Color and anthocyanin evaluation of red winegrapes by CIE L*, a*, b* parameters. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 41: 193-201.
- Rolle, L., Torchio, F., Zeppa, G., Gerbi V., 2009. Relationship between skin break force and anthocyanin extractability at different ripening stages *American Journal of Enology and Viticulture* 60: 93-97.
- Sanchez-Ballesta, M.T., Romero, I., Jiménez, J.B., Orea, J.M., González-Ureña, A., Escribano, M.I., Merodio, C., 2007. Involvement of the phenylpropanoid pathway in the response of table grapes to low temperature and high CO₂ levels. *Postharvest Biology and Technology* 46: 29-35.
- Sánchez-Moreno, C., 2002. Compuestos polifenólicos: estructura y clasificación. Presencia en alimentos y consumo. Biodisponibilidad y metabolismo. *Alimentaria* (enero/febrero): 19-27.
- Sartori, E., 1990. Ficha varietal: Cardinal. *Fruticultura Profesional* 35: 25.
- Sato, A., Yamane, H., Hirakawa, N., Otobe, K., Yamada, M., 1997. Varietal differences in the texture of grape berries measured by penetration tests. *Vitis* 36: 7-10.

- Sato, A., Yamane, M., Iwanami, H., Hirakawa, N., 2000. Optimal spatial and temporal measurement repetition for reducing environmental variation of berry traits in grape breeding. *Scientia Horticulturae* 85: 75-83.
- Segade, S.R., Rolle, L., Gerbi, V., Orriols, I., 2008. Phenolic ripeness assessment of grape skin by texture analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 644– 649.
- Singh, K.K., Reddy, B.S., 2006. Post-harvest physico-mechanical properties of orange peel and fruit. *Journal of Food Engineering* 73: 112-120.
- Smilanick, J.L., Margosan, D.M., Gabler, F.M., 2002. Impact of ozonated water on the quality and shelf-life of fresh citrus, stone fruit, and table grapes. *Ozone Science & Engineering* 24: 343-356.
- Sonego, L., Lurie, S., Zuthi, Y., Kaplunov, T., Ben-Arie, R., Kosto, I., 2002. Factors affecting taste scores of early season seedless table grape cv. Mystery and Prime. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50: 544-548.
- Stommel, J.R., Abbott, J.A., Campbell, A., Francis, D.A., 2005. Inheritance of elastic and viscoelastic components of tomato firmness derived from intra- and interspecific genetic backgrounds. *Journal of American Society of Horticulture* 130: 598-604.
- Szczesniak, A.S., 2002. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference* 13: 215–225.
- Valero, C., Ruiz-Altisent, M., 1998. Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. *Fruticultura Profesional* 95: 38-43.
- Valverde, J.M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., Valero, D., 2005a. Improvement of table grapes quality and safety by the combination of modified atmosphere packaging (MAP) and eugenol, menthol, or thymol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 7458 -7464.
- Valverde, J.M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillen, F., Castillo, S., Serrano, M., 2005b. Novel edible coating based on aloe vera gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 7807-7813.

- Vargas, A., Perez, J., Zoffoli, J.P., Perez, A., 2000. Evolución de la textura de bayas de uva del cv. Thompson Seedless. *Ciencia e Investigación Agraria* 27: 117-126.
- Verstreken, E., García, J.L., Ruiz-Altisent, M., De Baerdemaeker, J., 1995. Control moisture loss as a tool to reduce bruise susceptibility. *Control applications in postharvest and processing technology (CAPPT'95)*. De Baerdemaker, J., Vandewalle, J. (eds.), International Federation of Automatic Control, Ostend, 215-222.
- Vivaud, J., Charmont, S., Wagner, R., 1993. *Le raisin de table*. Ctifl – Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes (ed.), Paris, 263 pp.
- Walker, T., Morris, J.R., Threlfall, R.T., Main, G.L., Lamikanra, O., Leong, S., 2001. Density separation, storage, shelf life, and sensory evaluation of 'Fry' muscadine grapes. *HortScience* 36: 941-945.
- Wu, T., Abbott, J.A., 2002. Firmness and force relaxation characteristics of tomatoes stored intact or as slices. *Postharvest Biology and Technology* 24: 59-68.
- Yahia, E.M., Nelson, K.E., Kader, A.A., 1983. Postharvest quality and storage life of grape as influenced by CO₂ added to air or controlled atmospheres. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108: 1067-1071.
- Yang, Y.M., Mohsenin, N., 1974. Analysis of the mechanics of the fruit pressure tester. *Journal of Texture Studies* 5: 213-238.
- Zahavi, T., Cohen, L., Weiss, B., Schena, L., Daus, A., Kaplunov, T., Zutkhi, J. Ben-Arie, R., Droby, S., 2001. Biological control of *Botrytis*, *Aspergillus* and *Rhizopus* rots on table grapes and wine. *Postharvest Biology and Technology* 20: 115-124.
- Zdunek, A., Konstankiewicz, K., 2004. Acoustic emission in investigation of plant tissue micro-cracking. *Transactions of the ASAE* 47: 1171-1177.
- Zhang, M., Huan, Y., Tao, Q., Wang, H., Li, C.L., 2001. Studies on preservation of two cultivars of grapes at controlled temperature. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 34: 502-506.

Zoffoli, J.P., Latorre, B.A., Naranjo, P., 2009. Preharvest applications of growth regulators and their effect on postharvest quality of table grapes during cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 51: 183-192.

4. MODIFICACIÓN DE LA ATMÓSFERA EN UVA ‘RED GLOBE’

4.1. INTRODUCCIÓN

4.1.1. Películas plásticas

La principal tecnología de conservación postcosecha es la refrigeración, en condiciones de elevada humedad relativa, ya que reduce la velocidad de las reacciones metabólicas responsables del deterioro de frutos y controla el desarrollo microbiano. En uva de mesa se recomienda un preenfriamiento rápido y mantenimiento de la temperatura a 0 °C y elevada humedad relativa (90-98 %) durante el almacenamiento (Lurie *et al.*, 2006; Meng *et al.*, 2008; Zoffoli *et al.*, 2008; Zutahy *et al.*, 2008; Chen *et al.*, 2011). Asociada a la refrigeración se emplean otras tecnologías, entre las que cabe destacar el almacenamiento en atmósferas modificadas.

En el envasado en atmósfera modificada pasiva la composición gaseosa en el interior del envase se va modificando como consecuencia de la respiración de los frutos y de las características de la película plástica, como son el grosor, la permeabilidad selectiva a los gases y el área de la superficie, alcanzándose una atmósfera de equilibrio dinámico.

La amplia variedad de polímeros comercializados en la actualidad ha aumentado el rango disponible de permeabilidad selectiva a los gases, flexibilidad y presentación en el envasado en atmósfera modificada, pudiéndose así emplear esta tecnología para un gran número de alimentos. En el sector hortofrutícola, aunque la permeabilidad selectiva a los gases de los plásticos usados presenta diferencias sustanciales, frecuentemente la relación de permeabilidad al dióxido de carbono respecto al oxígeno se encuentra entre 2 y 8, y la mayoría de los materiales tiene una baja permeabilidad al vapor de agua (Zagory y Kader, 1988; Kader *et al.*, 1989; Sandhya, 2010).

La temperatura, al influir en la tasa respiratoria de los frutos y en la velocidad de difusión de los gases a través de la película, modifica las condiciones de equilibrio producidas dentro del envase y, consecuentemente, una película adecuada para una determinada temperatura puede conducir a desórdenes metabólicos a otra diferente. Además la fluctuación de la temperatura en la cadena de comercialización de los productos

hortofrutícolas puede dar lugar a la condensación de vapor de agua, promoviendo el desarrollo de podredumbres, afectando incluso a las propiedades de permeabilidad del polímero (Zagory y Kader, 1988; Kader *et al.*, 1989; Morris *et al.*, 1992).

El efecto perjudicial de las fluctuaciones de temperatura puede ser minimizado utilizando absorbentes y adsorbentes que posibilitan la manipulación de la composición gaseosa de la atmósfera, válvulas de seguridad o películas que favorezcan la entrada de oxígeno y salida de dióxido de carbono del envase cuando la temperatura se eleva. También los envases perforados, con micro y macroporaciones, permiten mantener una atmósfera saturada de vapor de agua con mayores o menores modificaciones en la composición gaseosa. Con el propósito de reducir el deterioro microbiano, se pueden colocar sobres que contengan productos volátiles antimicrobianos en el interior del envase o incorporar ingredientes antimicrobianos al polímero, como nisina, sorbato, glicol y etanol (Appendini y Hotchkiss, 2002). Además, la inclusión de ingredientes que confieran propiedades biodegradables y/o reciclables en la formulación de estos polímeros hace que esta tecnología presente ventajas desde un punto de vista medioambiental.

En cuanto a la conservación de uva con películas plásticas, se han empleado principalmente polietileno y polipropileno, combinados o no con otras tecnologías postcosecha. En las Tablas 4.1 y 4.2 puede observarse el amplio rango de la composición de las atmósferas generadas en el interior de los envases.

El empleo de polietileno para almacenar uva 'Fry' a 2 °C y 89 % de humedad relativa durante 6 semanas redujo las pérdidas de peso (-1,2 % frente a 21,8 % en el control). A pesar de la condensación de vapor de agua en los envases, las mermas por deterioro microbiano fueron del 14,0 % frente al 21,1 % en el control. Los frutos experimentaron una pérdida de firmeza más pronunciada en atmósfera modificada que en atmósfera normal, lo que según los autores estaría asociado a la elevada pérdida de peso de los últimos. En atmósfera modificada se produjo una disminución del contenido en sólidos solubles (de 17,09 a 15,83 °Brix) y la acidez se mantuvo constante (Walker *et al.*, 2001).

En uva 'Superior' envasada en polietileno las alteraciones fúngicas no permitieron la comercialización, después de 6 semanas a 0 °C y 3 días de vida útil a 20 °C (Lichter *et al.*, 2005; Lurie *et al.*, 2006).

Tabla 4.1. Atmósferas modificadas con polietileno en uva: características de las películas y composición de las atmósferas generadas en el interior de los envases

Características	Composición gaseosa en los envases	Fuente
Baja densidad Espesor: 0,0021 μm	15,8 % O_2 y 5,1 % CO_2 2 °C 4, 8 o 12 semanas	Archbold <i>et al.</i> (1999)
Alta densidad Espesor: 30 μm Permeabilidad: 6000-8000 $\text{mL O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ 19000-22000 $\text{mL CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ atm}^{-1}$	10,1 % O_2 y 3,9 % CO_2 2 °C y 89 % humedad relativa 1 semana	Walker <i>et al.</i> (2001)
Espesor: 20 μm	12,8 y 16,4 % O_2 y 3 % CO_2 0 °C y 90 % humedad relativa 11 y 32 días	Lichter <i>et al.</i> (2005)
Espesor: 45 μm	15-18 % O_2 y 2 % CO_2 0 °C 7 semanas	Lurie <i>et al.</i> (2006)

Artés *et al.* (2000) emplearon diferentes películas de polipropileno con el propósito de garantizar la calidad de uva 'Napoleon' en el circuito comercial (41 días a 0 °C, seguido de 4 días a 0 °C en atmósfera normal y 3 días a 15 °C en aire). Las atmósferas modificadas redujeron las pérdidas de peso, mientras que las mermas por podredumbre fueron similares a las de los envases macroperforados (sin modificación de la atmósfera). Los frutos en atmósferas modificadas presentaron mejor valoración en los descriptores sensoriales *Aspecto* y *Textura* que aquellos que fueron almacenados en atmósfera normal, con puntuación similar a la atribuida al inicio del experimento, mientras que el *Sabor* se mantuvo constante durante el almacenamiento en todos los tratamientos.

Tras emplear diferentes tecnologías postcosecha en uva 'Napoleon', como son la atmósfera normal, atmósfera modificada sin y con dióxido de azufre, hexanal y hexenal, atmósferas controladas (5 kPa de O_2 y 3 kPa de CO_2 ; 5 kPa de O_2 y 15 kPa de CO_2) y aplicación de ozono de forma intermitente y continua, Artés-Hernández *et al.* (2003) recomiendan el empleo de envases de polipropileno, sin fungicidas. En el interior de dichos envases se generó una atmósfera de equilibrio con 5 kPa de O_2 y 15 kPa de CO_2 , que fue la que mejor preservó el *Aspecto* y *Color* del raspón y el *Aspecto*, *Flavor* y *Textura* de los frutos.

Tabla 4.2. Atmósferas modificadas con polipropileno en uva: características de las películas y composición de las atmósferas generadas en el interior de los envases

Características del polipropileno	Composición gaseosa en los envases	Fuente
Espesor: 35 μm Tratamiento antivaho Permeabilidad: A:1000-1500 mL CO ₂ m ⁻² d ⁻¹ atm ⁻¹ B:1500-2000 mL CO ₂ m ⁻² d ⁻¹ atm ⁻¹ C:8000-9000 mL CO ₂ m ⁻² d ⁻¹ atm ⁻¹	14-18 % O ₂ y 3-5 % CO ₂ 0 °C y 90 % humedad relativa 41 días	Artés <i>et al.</i> (2000)
Espesor: 35 μm Tratamiento antivaho	5 kPa O ₂ y 15 kPa CO ₂ 0 °C y 90 % humedad relativa 38 días	Artés-Hernández <i>et al.</i> (2003)
Espesor: 20 μm A: película sin perforación B:32 perforaciones de 1,5 mm dm ⁻² Permeabilidad a 1 °C: 1600 mL O ₂ m ⁻² d ⁻¹ atm ⁻¹ 3600 mL CO ₂ m ⁻² d ⁻¹ atm ⁻¹	A:5 % O ₂ y 4,5 % CO ₂ B:12 % O ₂ y 0,2 % CO ₂ 1 °C y 90 % humedad relativa 7 días	Martínez-Romero <i>et al.</i> (2003)
Espesor: 35 μm Tratamiento antivaho	15 kPa O ₂ y 10 kPa CO ₂ , 0 °C 60 días	Artés-Hernández <i>et al.</i> (2004)
Espesor: 20 μm Permeabilidad a 1 °C: 1600 mL O ₂ m ⁻² d ⁻¹ atm ⁻¹ 3600 mL CO ₂ m ⁻² d ⁻¹ atm ⁻¹	1,4-2 kPa O ₂ y 10-14,5 kPa CO ₂ 1 °C y 90 %HR 35 días	Valverde <i>et al.</i> (2005a)
Películas A y B Espesor: 35 μm Con tratamiento antivaho	A:18-19 kPa O ₂ y 1-3 kPa CO ₂ B:15,5-17 kPa O ₂ y 3,5-4,5 kPa CO ₂ 0 °C y 80-90 % humedad relativa 7 días A:1-14 kPa O ₂ y 8-12 kPa CO ₂ B:4-6 kPa O ₂ y 16-21 kPa CO ₂ 7 días 0 °C +4 días 8 °C + 2 días 20 °C	Artés-Hernández <i>et al.</i> (2006)
Espesor: 20 μm Permeabilidad a 1 °C: 1600 mL O ₂ m ⁻² d ⁻¹ atm ⁻¹ 3600 mL CO ₂ m ⁻² d ⁻¹ atm ⁻¹	7 kPa O ₂ y 4 kPa CO ₂ 1 °C y 90 % humedad relativa 56 días 6-7 kPa O ₂ y 6-7 kPa CO ₂ 56 días 1 °C + 2 días 20 °C y 90 %	Valero <i>et al.</i> (2006)

El empleo de envases de polipropileno sin perforación a 1 °C y 90 % de humedad relativa garantizó la calidad de uva 'Flame Seedless' (color de la piel *verde-amarillo*) después de 53 días, mientras que el lote control tras 18 días no era comercializable. Los frutos envasados experimentaron menores pérdidas de peso y tuvieron menores cambios de firmeza de la baya y de la piel, del color y de los sólidos solubles totales y puntuaciones más elevadas en la *Crujencia*, *Jugosidad*, *Acidez* y *Calidad*. En las uvas control y envasadas en bolsas perforadas (12 % de O₂ y 0,2 % de CO₂) se produjo un aumento de los sólidos solubles totales y del ángulo de tono, mientras que en las de los envases de polipropileno sin perforación dichos parámetros de calidad se mantuvieron constantes durante el almacenamiento (Martínez-Romero *et al.*, 2003).

Para el almacenamiento de uva 'Autumn Seedless', de color *verde-amarillo*, durante un período de conservación prolongado de 60 días a 0 °C, seguido de 7 días a 15 °C en aire, Artés-Hernández *et al.* (2004) utilizaron envases de polipropileno en cuyo interior se generó una atmósfera con 15 kPa de O₂ y 10 kPa de CO₂. Entre las ventajas encontradas, especialmente después de vida útil, destacan las menores pérdidas por podredumbre, la ausencia de pardeamiento del escobajo y el mejor *Aspecto*, *Flavor* y *Textura* de los frutos. Tras refrigeración, e incluso después de la vida útil, no se observaron modificaciones importantes en la firmeza, sólidos solubles totales y acidez ni en las coordenadas de color.

Uva 'Crimson Seedless' almacenada a 1 °C y 90 % de humedad relativa durante 35 días en envase de polipropileno presentó pérdidas de peso del 0,81 %. Paralelamente, se produjo la disminución de la firmeza de la baya y de la pulpa y el incremento del índice de maduración (SST/Ac de 40,35 a 58,10). En la evolución del color *rosa* de la piel, se observó una disminución de la luminosidad (de 40 a 28) y aumento del ángulo de tono (de -5 a 16°) (Valverde *et al.*, 2005a).

En el almacenamiento de uva 'Superior Seedless', de color *verde-amarillo*, en envases de polipropileno durante 7 días a 0 °C, seguidos de 4 días a 8 °C y 2 días a 20 °C no tuvieron lugar modificaciones importantes en la firmeza (11,4-9,6 N), color (*L** 51,2-48,4; *C** 15,2-17,2 y *H* 114-116°), sólidos solubles totales (16,8-15,7 °Brix), acidez (0,297-0,311 g 100 mL⁻¹) ni en el índice de maduración (SST/Ac, 53,3-59,7). En cuanto al contenido en fenoles, se mantuvo inalterado en la refrigeración y disminuyó tras vida útil (Artés-Hernández *et al.*, 2006).

Tras 56 días a 1 °C y 90 % de humedad relativa, en uva 'Autumn Royal', de color *violeta-oscuro*, envasada en polipropileno se produjo una disminución de la firmeza de la pulpa y de las coordenadas de color L^* y a^* y un incremento de b^* . Los frutos experimentaron un aumento de SST/Ac de 38 a 76, asociado al incremento de los sólidos solubles totales y a la reducción de la acidez, así como la disminución de los fenoles totales del hollejo y de la pulpa y de las antocianinas de la piel. A los 56 días de refrigeración más 2 días de vida útil, los frutos tenían sólidos solubles totales, acidez, coordenadas de color y firmeza de la pulpa similares a los de la salida del frío, mientras que los compuestos funcionales disminuyeron en vida útil (Valero *et al.*, 2006).

4.1.2. Recubrimientos comestibles

En postcosecha la aplicación de recubrimientos comestibles es un campo de creciente importancia, ya que permite mantener la calidad de los frutos y se minimiza el impacto ambiental que causan los envases no reciclables. Además, para mejorar la aptitud de conservación y calidad de los productos, los recubrimientos pueden actuar como vehículos para agentes antimicrobianos, antioxidantes u otros conservantes, o agentes que potencien el aroma y sabor.

El empleo de una fina capa de recubrimiento comestible, con permeabilidad selectiva al oxígeno y dióxido de carbono, sobre la superficie de los productos hortofrutícolas conduce a la modificación de la composición de la atmósfera interna, lo que puede conllevar la reducción de su tasa respiratoria y/o de la producción de etileno (Cisneros-Zevallos y Krochta, 2003; Aguilar-Méndez *et al.*, 2008; Dang *et al.*, 2008; Márquez *et al.*, 2009).

Las propiedades barrera de los recubrimientos dependen de la naturaleza química de sus componentes y formulación. La efectividad de su aplicación también está asociada a sus propiedades mecánicas y a las características de la superficie del fruto (Smith *et al.*, 1987; Meheriuk y Lau, 1988; Amarante *et al.*, 2001a; Cisneros-Zevallos y Krochta, 2003). En la conservación de frutos se utilizan principalmente recubrimientos a base de hidrocoloides (polisacáridos y proteínas) y lípidos, así como los recubrimientos compuestos.

Los polisacáridos tienen buenas propiedades mecánicas y de barrera a los compuestos de baja polaridad, no obstante son más permeables al vapor de agua. La carboximetilcelulosa, la metilcelulosa, la hidroxipropilmetilcelulosa y la hidroxipropilcelulosa, derivados de

celulosa solubles en agua obtenidos mediante la sustitución de grupos hidroxilo por otros grupos funcionales, son ampliamente empleados en postcosecha. También se ha estudiado la aplicación de alginatos, almidón, amilosa, goma xantana y quitosan para la conservación de frutos (Park *et al.*, 1994a; Buttler *et al.*, 1996; Krochta y Mulder-Johnston, 1997).

Respecto a los recubrimientos proteicos, la mayoría presenta baja permeabilidad al oxígeno, dióxido de carbono y compuestos aromáticos, sin embargo sus propiedades mecánicas limitan su aplicación. El empleo de recubrimientos a base de gelatina, gluten y zeína aumentó el período de almacenamiento de diversos frutos, retrasando los cambios de color y textura y, en algunos casos, disminuyendo las pérdidas de peso y la tasa respiratoria (Park *et al.*, 1994a, 1994b; Bai *et al.*, 2003).

Los recubrimientos de sustancias hidrofóbicas son buenas barreras al vapor de agua, pero muestran mayor permeabilidad al oxígeno y dióxido de carbono, comparados con aquellos que contienen mayoritariamente componentes hidrofílicos. Los lípidos más utilizados como recubrimientos comestibles incluyen ceras naturales como la cera de abeja, carnauba y candelilla, monoglicéridos acetilados, resinas (goma laca) y aceites naturales (Park *et al.*, 1994a; Buttler *et al.*, 1996; Krochta y Mulder-Johnston, 1997).

En uva de mesa se han empleado principalmente recubrimientos comestibles a base de componentes con propiedades antifúngicas, como *Aloe vera* (Valverde *et al.*, 2005b; Serrano *et al.*, 2006; Castillo *et al.*, 2010), quitosan (Romanazzi *et al.*, 2002, 2007; Meng *et al.*, 2008) y quitosan combinado con extractos de semillas de pomelo (Xu *et al.*, 2007 2009), lo que disminuyó la tasa respiratoria, producción de etileno, pérdidas de peso y modificaciones en la calidad instrumental y sensorial.

Otro ejemplo de aplicación de recubrimientos en uva de mesa fue el empleo conjunto de gelatina y almidón, que redujo las pérdidas de peso y no causó modificaciones sensoriales, permitiendo ampliar el período de refrigeración (Fakhouri *et al.*, 2007). En otros frutos el empleo de recubrimientos con gelatina supuso una disminución de las pérdidas de peso, retención del color y de la firmeza (Aguilar-Méndez *et al.*, 2008; Jang *et al.*, 2011). En la bibliografía también se encuentran ejemplos en los que el empleo de estos recubrimientos no implicó modificaciones en los azúcares reductores, acidez y firmeza (Bai *et al.*, 2003). El hecho de que la gelatina sea producida a gran escala y a bajo coste, le confiere un interés añadido como recubrimiento comestible (Lee *et al.*, 2004).

El empleo de recubrimientos compuestos pretende asociar las ventajas de sus componentes, donde los hidrocoloides aportan la permeabilidad selectiva al oxígeno y al dióxido de carbono y los lípidos la barrera al vapor de agua. Los recubrimientos con ésteres de sacarosa derivados de ácidos grasos, carboximetilcelulosa de sodio y mono y diglicéridos son ampliamente utilizados en la postcosecha, y se han desarrollado diversas formulaciones comercializadas bajo diferentes designaciones, como son *Tal-Prolong*, *Semperfresh*, *NatureSeal* y *Gustec* entre otras. A pesar del amplio espectro de aplicación de estos recubrimientos compuestos, no existen estudios en uva de mesa.

La aplicación de dichos recubrimientos produjo una modificación en la composición gaseosa interna de los frutos (Banks, 1984a, 1984b, 1985; Meheriuk y Lau, 1988; Worrell *et al.*, 2002; Márquez *et al.*, 2009), lo que se tradujo en un retraso en la maduración con menores pérdidas de peso y modificaciones de firmeza y color (Drake *et al.*, 1987; Smith *et al.*, 1987; Chai *et al.*, 1991; Carrillo-Lopez *et al.*, 2000; Amarante *et al.*, 2001a; Nanda *et al.*, 2001; Worrell *et al.*, 2002; Yaman y Bayoindirli, 2002; Schreiner *et al.*, 2003; Dang *et al.*, 2008; Márquez *et al.*, 2009; Duan *et al.*, 2011; Zhou *et al.*, 2011).

También existen evidencias en la literatura de que el empleo de estos recubrimientos no supuso modificaciones en la tasa respiratoria (Dang *et al.*, 2008; Fisk *et al.*, 2008), ni en la actividad de enzimas como las peroxidasas, pectinesterasas, poligalacturonasas y celulasas (Zhou *et al.*, 2011), ni en los sólidos solubles totales, acidez, color ni firmeza de los frutos (Dang *et al.*, 2008; Fisk *et al.*, 2008).

El empleo de recubrimientos compuestos a base de ésteres de sacarosa redujo el desarrollo del escaldado superficial en algunos cultivares de manzana (Drake *et al.*, 1987), aunque, por otra parte, se observó el aumento de la incidencia de fisiopatías internas, como *core flush* en manzana 'Cox's Orange Pippin' (Smith *et al.*, 1987) y pardeamiento interno en el fruto del árbol del pan (Worrell *et al.*, 2002).

En lo que concierne a alteraciones microbiológicas, la aplicación de recubrimientos compuestos a base de ésteres de sacarosa redujo las mermas en pera, siendo más efectivo frente a *Botrytis cinerea*, *Monilinia fructigena* y *Rhizopus nigricans* que a *Alternaria alternata*, *Monilinia laxa* y *Penicillium expansum*. La eficacia de dicho recubrimiento dependió de la concentración, del cultivar y de la temperatura de almacenamiento utilizados (Bancroft, 1995). En pera 'Conference' también se observó una disminución en el recuento de *Monilinia fructigena* al aplicar *Tal-Prolong*, explicada como una respuesta

fisiológica de los frutos a la modificación de la atmósfera interna (Bancroft *et al.*, 2000). En plátano, el empleo combinado del recubrimiento y benomil tuvo un efecto sinérgico en el control de la antracnosis (*Colletotrichum musae*), lo que permitió reducir la aplicación de dicho fungicida (Al Zaemey *et al.*, 1993). No obstante, también se han descrito efectos negativos inherentes a la utilización de estos recubrimientos, como el aumento de la incidencia de podredumbre en cereza y en el fruto del árbol del pan (Worrell *et al.*, 2002; Yaman y Bayoindirli, 2002).

Sensorialmente, la aplicación de recubrimientos comestibles compuestos a base de ésteres de sacarosa mejoró la calidad en algunos cultivares de manzana (Chai *et al.*, 1991) y no produjo modificaciones en granada (Nanda *et al.*, 2001), kiwi (Fisk *et al.*, 2008) y níspero (Márquez *et al.*, 2009). Por otro lado, su empleo indujo la formación de sabores/aromas extraños en mango, lo que frecuentemente está asociado a la acumulación de etanol en la pulpa (Dhalla y Hanson, 1988; Dang *et al.*, 2008).

El efecto beneficioso de la atmósfera modificada en la calidad de los frutos, sea con películas plásticas o con recubrimientos comestibles, depende de la materia prima y de las condiciones de almacenamiento, y no siempre persiste durante la vida útil.

4.2. OBJETIVOS

El objetivo global de este capítulo es estudiar el comportamiento postcosecha de uva de mesa 'Red Globe'. Se trata de un cultivar que destaca por sus cualidades organolépticas y aptitud para la conservación y el transporte, que lo hace muy interesante para almacenamiento prolongado y exportación. Para alcanzar este objetivo se evaluó la calidad instrumental y sensorial de uva 'Red Globe', planteándose los siguientes objetivos específicos:

- evaluar el efecto de la campaña y del período de almacenamiento, en condiciones de refrigeración;
- evaluar el efecto de la modificación de la atmósfera con polietileno y polipropileno y del período de almacenamiento, en condiciones de refrigeración;

- evaluar el efecto del empleo de recubrimientos comestibles de ésteres de sacarosa y de gelatina y del período de almacenamiento, en condiciones de refrigeración;
- evaluar el efecto del empleo de recubrimientos comestibles en vida útil tras la refrigeración;
- evaluar el efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de almacenamiento en condiciones de vida útil (ambiente).
- seleccionar los ensayos y parámetros reológicos más idóneos para evaluar el comportamiento postcosecha.

4.3. DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Para evaluar la aptitud postcosecha de la uva 'Red Globe' se plantearon los siguientes experimentos:

- Calidad de la uva en refrigeración
- Atmósferas modificadas con polietileno y polipropileno
- Empleo de recubrimientos de ésteres de sacarosa y gelatina en refrigeración
- Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil tras la refrigeración
- Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil.

4.3.1. Calidad de la uva en refrigeración

En dos campañas consecutivas (I y II), se procedió al estudio de la evolución de parámetros de calidad en uva 'Red Globe' almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa (Lurie *et al.*, 2006; Meng *et al.*, 2008; Zoffoli *et al.*, 2008; Zutahy *et al.*, 2008). El análisis de los parámetros de calidad instrumental y sensorial fue realizado en el día de la cosecha, considerado el día 0, y tras 30, 45, 60 y 90 días de refrigeración. En cada fecha fueron analizados tres racimos por tratamiento, y la denominación de cada una de las muestras se recoge en la Tabla 4.3.

Tabla 4.3. Calidad de la uva en refrigeración: denominación de las muestras

Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período refrigeración (días) (<i>Pref</i>)				
		0	30	45	60	90
I	Control (C)	I0	IC30	IC45	IC60	IC90
II	Control (C)	II0	IIC30	IIC45	IIC60	IIC90

Se empleó un diseño experimental con dos factores, campaña (*Camp*) y período de refrigeración (*Pref*), y se estudió el efecto de dichos factores en la calidad instrumental y sensorial de la uva.

4.3.2. Atmósferas modificadas con polietileno y polipropileno

En la primera campaña (I), en el día de la recolección los racimos de uva se mantuvieron a 0 °C y 90 % de humedad relativa durante aproximadamente 6 h antes de envasarlos, tras lo que se colocó un racimo (600-800 g) en cada una de las bolsas de polietileno (PE) y polipropileno (PP) y se procedió a su termosellado.

Los racimos control (sin plástico) y envasados fueron almacenados a 0 °C y 90 % de humedad relativa, y los análisis de los parámetros de calidad instrumental y sensorial se realizaron en el día de la cosecha, considerado el día 0, y quincenalmente hasta 90 días de refrigeración. En cada fecha fueron analizados tres racimos por tratamiento, recibiendo las muestras las denominaciones que aparecen en la Tabla 4.4.

Tabla 4.4. Atmósferas modificadas con películas plásticas: denominación de las muestras

Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período refrigeración (días) (<i>Pref</i>)						
		0	15	30	45	60	75	90
I	Control (C)	I0	IC15	IC30	IC45	IC60	IC75	IC90
	Polietileno (PE)		IPE15	IPE30	IPE45	IPE60	IPE75	IPE90
	Polipropileno (PP)		IPP15	IPP30	IPP45	IPP60	IPP75	IPP90

Se empleó un diseño experimental con dos factores, tratamiento postcosecha (*Trat*) - almacenamiento en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas de polietileno

y polipropileno - y período de refrigeración (*Pref*), estudiando su efecto sobre la calidad de la uva 'Red Globe'.

4.3.3. Empleo de recubrimientos de ésteres de sacarosa y de gelatina en refrigeración

En dos campañas consecutivas (I y II) se estudió el efecto de los factores tratamiento postcosecha (*Trat*) - empleo de recubrimientos de ésteres de sacarosa (E) y gelatina (G) - y período de refrigeración (*Pref*) en la calidad de uva 'Red Globe' (Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Empleo de recubrimientos comestibles en refrigeración: denominación de las muestras

Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período refrigeración (días) (<i>Pref</i>)						
		0	15	30	45	60	75	90
I	Control (C)	I0	IC15	IC30	IC45	IC60	IC75	IC90
	Ésteres sacarosa (E)		IE15	IE30	IE45	IE60	IE75	IE90
	Gelatina (G)		IG15	IG30	IG45	IG60	IG75	IG90
II	Control (C)	II0	-	IIC30	IIC45	IIC60	-	IIC90
	Ésteres sacarosa (E)		-	IIE30	IIE45	IIE60	-	IIE90
	Gelatina (G)		-	IIG30	IIG45	IIG60	-	IIG90

Los recubrimientos comestibles se aplicaron por inmersión de los racimos en una emulsión de *Gustec* al 3 % (v/v) y en una disolución de gelatina al 1 % (p/v), durante 30 s. Posteriormente los racimos se dejaron secar en condiciones ambiente, aproximadamente 20 °C y 40 % de humedad relativa, durante 12 h y fueron almacenados a 0 °C y 90 % de humedad relativa. En cada fecha de muestreo se analizaron tres racimos por tratamiento.

4.3.4. Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil tras la refrigeración

En la segunda campaña (II), con el objetivo de evaluar el efecto de los recubrimientos comestibles en la calidad de la uva 'Red Globe' en vida útil tras la refrigeración, se simuló diferentes períodos de comercialización que incluían la refrigeración (0 °C y 90 % de humedad relativa) y la vida útil (aproximadamente 20 °C y 40 % de humedad

relativa). Para ello, se analizaron las uvas en el día de la cosecha y después de 30 y 60 días de almacenamiento refrigerado más 8 días de vida útil (30+8 y 60+8 días de comercialización, respectivamente). En cada fecha de muestreo se analizaron tres racimos por tratamiento, y la denominación de las muestras se recoge en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil tras la refrigeración: denominación de las muestras

Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de comercialización (días) (<i>Pref+vu</i>)		
		0	30+8	60+8
II	Control (C)	II0	IIC30+8	IIC60+8
	Ésteres sacarosa (E)		IIE30+8	IIE60+8
	Gelatina (G)		IIG30+8	IIG60+8

Se estudió el efecto de los factores tratamiento postcosecha (*Trat*) - aplicación de recubrimientos comestibles de ésteres de sacarosa (E) y gelatina (G) - y período de comercialización (*Pref+vu*) en la calidad instrumental y sensorial de los frutos.

4.3.5. Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil

En la segunda campaña (II) se simuló la permanencia de los frutos en el punto de venta o en la casa del consumidor, sin refrigeración previa. Para ello, fueron almacenados racimos de uva 'Red Globe' sin recubrimiento (tratamiento control, C) y con recubrimientos de ésteres de sacarosa (E) y de gelatina (G) en vida útil o condiciones ambiente (aproximadamente 20 °C y 40 % de humedad relativa).

Tabla 4.7. Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil: denominación de las muestras

Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de vida útil (días) (<i>Pvu</i>)				
		0	2	4	6	8
II	Control (C)	II0	IIC2	IIC4	IIC6	IIC8
	Ésteres sacarosa (E)		IIE2	IIE4	IIE6	IIE8
	Gelatina (G)		IIG2	IIG4	IIG6	IIG8

Se estudió el efecto de los factores tratamiento postcosecha (*Trat*) – aplicación de recubrimientos comestibles de ésteres de sacarosa y gelatina – y período de vida útil (*Pvu*) en la calidad instrumental y sensorial de la uva. Fueron analizados los parámetros instrumentales de calidad a los 0, 2, 4, 6 y 8 días y se evaluaron los descriptores sensoriales tras 0, 4 y 8 días. En cada fecha de muestreo se analizaron tres racimos por tratamiento, y la designación de las muestras aparece en la Tabla 4.7.

4.4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.4.1. Material

4.4.1.1. Material vegetal

El estudio postcosecha de uva de mesa 'Red Globe', suministrada por "Herdade Vale da Rosa" (Ferreira do Alentejo, Portugal), se llevó a cabo en dos campañas consecutivas. La fecha de recolección fue la recomendada por el productor para conservación, el 19 de septiembre en el primer año (I) y el 10 de octubre en el segundo (II). El retraso de la cosecha en la segunda campaña se debió a las fuertes lluvias que tuvieron lugar en ese año antes de la recolección.

Las uvas fueron transportadas la misma mañana de la cosecha hasta el Laboratorio Postcosecha de la Universidad de Évora. A la llegada al laboratorio, se prepararon aleatoriamente los grupos de racimos para cada uno de los tratamientos postcosecha.

4.4.1.2. Películas de polietileno y polipropileno

Se emplearon bolsas de polietileno de alta densidad (PE) y de polipropileno biorientado con recubrimiento antivaho (PP), ambas películas plásticas con un espesor de 0,035 mm. El polipropileno con una permeabilidad al oxígeno de $1300 \text{ mL m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ y al dióxido de carbono de $4900 \text{ mL m}^{-2} \text{ d}^{-1} \text{ atm}^{-1}$ ($\text{CO}_2/\text{O}_2=3,8$). Las bolsas, de 30 cm x 40 cm, fueron suministradas por Imprimetripa Ltd (Elvas, Portugal).

4.4.1.3. Recubrimientos de ésteres de sacarosa y de gelatina

Se utilizaron recubrimientos comestibles a base de ésteres de sacarosa (E) y a base de gelatina (G). El *Gustec*, recubrimiento de sucroéster de ácidos grasos al 25,2 % (p/v), fue

aplicado por inmersión de los racimos en una emulsión al 3 % (v/v) durante 30 s, siguiendo las recomendaciones del distribuidor Técnicas de Desinfección S.A. (España) (Anónimo, sd). El recubrimiento de gelatina comercial fue aplicado por inmersión en una disolución al 1 % (p/v), a aproximadamente 50 °C, durante 30 s. La disolución se calentó para favorecer la adherencia de este recubrimiento a los diferentes tejidos del racimo.

4.4.2. Determinaciones analíticas

4.4.2.1. Composición de la atmósfera en el interior de los envases

Se cuantificó la concentración de oxígeno y dióxido de carbono en el interior de los envases plásticos con un analizador de gases *ABISS modelo PAK12P*. El analizador de oxígeno está constituido por una célula electroquímica que contiene un electrolito ácido, y la medida de dióxido de carbono se basa en la tecnología de infrarrojos, empleando un filtro interferencial a 4,27 µm. Para evitar la entrada de agua y partículas sólidas en el circuito interno neumático se utilizó un filtro hidrófobo (Anónimo, 2000).

En cada fecha de muestreo se determinó el porcentaje de oxígeno y dióxido de carbono en tres envases de polietileno y otros tantos de polipropileno. Se tomaron dos muestras de la atmósfera del envase, después de homogeneizar la atmósfera interna promoviendo la circulación con una jeringuilla.

4.4.2.2. Pérdidas de peso de los racimos

En el día de la cosecha y en las demás fechas de análisis se pesaron tres racimos por tratamiento postcosecha en una balanza *Sartorius BL3100*, calculándose con estos datos las pérdidas de peso durante el almacenamiento respecto al día de cosecha, que se expresaron como porcentaje.

4.4.2.3. Sólidos solubles totales, acidez y fenoles totales

De los tres racimos de cada fecha de análisis y tratamiento postcosecha, se constituyeron tres muestras de diez bayas que se congelaron a -80 °C. Posteriormente, de cada muestra se preparó un homogeneizado para evaluación de los sólidos solubles totales (SST), acidez titulable (Ac) y fenoles totales, como se ha descrito en el apartado 3.3.2.2. También se calculó el índice de maduración SST/Ac, basado en el cociente entre los sólidos solubles

totales y la acidez. Estos análisis se efectuaron en los laboratorios del Instituto Tecnológico Agroalimentario (INTAEX) de la Junta de Extremadura.

4.4.2.4. Coordenadas e índice de color

La evaluación instrumental del color de la piel se efectuó mediante un colorímetro triestímulo *Minolta Chroma Meter CR-300* en tres muestras de 10 bayas en cada fecha de análisis y para cada tratamiento postcosecha, siguiendo la metodología descrita en el apartado 3.3.2.3.

Se obtuvieron las coordenadas rectangulares L^* , a^* y b^* del espacio *CIELab* (1976), a partir de las cuales se determinaron las coordenadas cilíndricas cromaticidad (C^*) y ángulo de tono (H), definidas en el apartado 2.2.1. También se calculó el índice de color para uvas tintas (*CIRG*) definido por Carreño *et al.* (1995) (apartado 3.3.2.3).

4.4.2.5. Parámetros reológicos

La evaluación de los parámetros reológicos se efectuó en el laboratorio postcosecha de la Universidad de Évora con un texturómetro *Stable Micro Systems TA-HDI*, utilizando la versión 1.17 del programa *Texture Expert*. La célula de carga fue de 25 kg y la velocidad de desplazamiento de las sondas fue de 1 mm s^{-1} . La carga se aplicó en la región ecuatorial de las bayas con su pedicelo, una vez que éstas alcanzaron la temperatura de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, como se recomienda para diversos frutos (Martínez-Romero *et al.*, 2003; Deng *et al.*, 2005, 2006; Segade *et al.*, 2008).

Se realizaron los siguientes ensayos reológicos:

- compresión de la baya hasta 10 mm de deformación con la sonda P/100 (Stable Micro Systems), plato de 100 mm de diámetro y base plana (p);
- punción de la baya con piel hasta 8 mm de deformación con la sonda P/2N (Stable Micro Systems), sonda cónica con diámetro de 0,5 a 1 mm (ag);
- penetración de la baya, con y sin piel, hasta 8 mm de deformación con sonda P/2 (Stable Micro Systems), sonda cilíndrica de base plana de 2 mm de diámetro (p2).

Se tomaron las uvas de la zona media del racimo (Vivaud *et al.*, 1993; OIV, 2001) y para cada tratamiento y fecha de muestreo se utilizaron tres muestras, de diez bayas para la

compresión uniaxial y de siete bayas para la punción y penetración. La compresión se realizó una vez en cada baya, mientras que la punción y penetración se efectuó en tres puntos equidistantes entre sí, siguiendo la metodología descrita en el apartado 3.3.2.4.

A partir de la curva Fuerza/Deformación del ensayo de compresión con el plato se calcularon la pendiente hasta 3 mm (F_3/D_p), la fuerza (F_{Mp}), la deformación (D_p), la pendiente (FM/D_p) y el área bajo la curva (W_p) en el punto de rotura o deformación máxima. En cuanto a los ensayos de punción con la aguja y de penetración con la sonda cilíndrica, se calcularon las variables fuerza (FM), deformación (D), pendiente (FM/D) y energía (W) en el punto de rotura; para la penetración también se calculó la fuerza media después de la rotura (F). En la penetración de la baya sin piel se calculó la fuerza en la zona media de la curva Fuerza/Deformación (F_{pulpa}). La descripción detallada de los parámetros reológicos se encuentra en el apartado 3.3.2.4.

4.4.3. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial fue realizada por un panel constituido por ocho catadores de la Universidad de Évora.

Las uvas se mantuvieron en las condiciones de almacenamiento que se describen en cada experimento y se dejaron atemperar durante unas 4 h antes de la realización de la evaluación sensorial. Inmediatamente antes de la cata, se separaron las bayas del raspón y se colocaron 5 uvas en un plato blanco; cada catador lavó sus frutos antes de la prueba.

En una primera sesión de cata se generaron y seleccionaron los descriptores sensoriales a emplear en la evaluación de uva 'Red Globe'. Se consideraron los descriptores *Intensidad de color de la piel*, *Firmeza de la piel*, *Firmeza de la pulpa*, *Sabor dulce* y *Sabor*. Además, se incluyó un apartado de observaciones que se destinó para comentarios sobre la presencia de sabores/aromas extraños u otros defectos. En la Figura 4.1 puede observarse la hoja de cata empleada para la evaluación sensorial, en la que se utilizó una escala no estructurada de 0 a 10 puntos (Charmont y Lancelin, 2001).

Con el propósito de determinar el período de comercialización, se incluyó la *Apreciación global*, considerando que las muestras con puntuaciones inferiores a 5 no serían aptas para comercialización (Figura 4.1).

HOJA DE CATA DE UVA DE MESA	
	Código de la muestra
<i>Intensidad de color de la piel</i>	0 _____ 10
<i>Firmeza de la piel</i>	0 _____ 10
<i>Firmeza de la pulpa</i>	0 _____ 10
<i>Sabor dulce</i>	0 _____ 10
<i>Sabor</i>	0 _____ 10
 <i>Apreciación global</i>	 0 _____ 10 5
Observaciones	

Nombre	Fecha

Figura 4.1. Hoja de cata para la evaluación sensorial de uva ‘Red Globe’.

4.4.4. Tratamiento estadístico de los datos

Los experimentos anteriormente descritos corresponden a diseños factoriales de dos vías, siendo los factores en estudio la *Campaña* y el *Período de refrigeración* en el primero, el *Tratamiento postcosceha* el *Período de refrigeración* en el segundo y tercero, el *Tratamiento postcosceha* y el *Período comercial* en el cuarto, y el *Tratamiento postcosceha* y el *Período de vida útil* en el último.

Con el objetivo de estudiar el efecto de dichos factores en los parámetros instrumentales de calidad y en los descriptores sensoriales, se llevó a cabo un análisis de varianza de dos vías, utilizando un nivel de significación crítico (p) de 0,05. Se procedió a la comparación múltiple de los valores medios según el test de Tukey, considerando la interacción o los factores por separado cuando la interacción entre ellos no fue significativa.

Para la correlación bivariada entre parámetros y el análisis de componentes principales se utilizaron los valores medios para cada tratamiento y fecha de análisis.

En el estudio de correlaciones se calculó el coeficiente de Pearson (r) y se utilizó un nivel de significación crítico de 0,05.

Se empleó el análisis de componentes principales para el estudio global de los parámetros reológicos y sensoriales. La adecuación de la muestra al análisis se comprobó a través del cálculo del coeficiente de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y de la prueba de esfericidad de Bartlett. Para minimizar el número de variables que tienen saturaciones elevadas en cada factor se utilizó la rotación con normalización Varimax.

4.5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.5.1. Calidad de la uva en refrigeración

4.5.1.1. Pérdidas de peso de los racimos

La Figura 4.2 y el Anexo I.1 muestran la evolución de las pérdidas de peso de los racimos de uva 'Red Globe' en condiciones de refrigeración, a 0 °C y 90 % de humedad relativa, en atmósfera normal en dos campañas consecutivas.

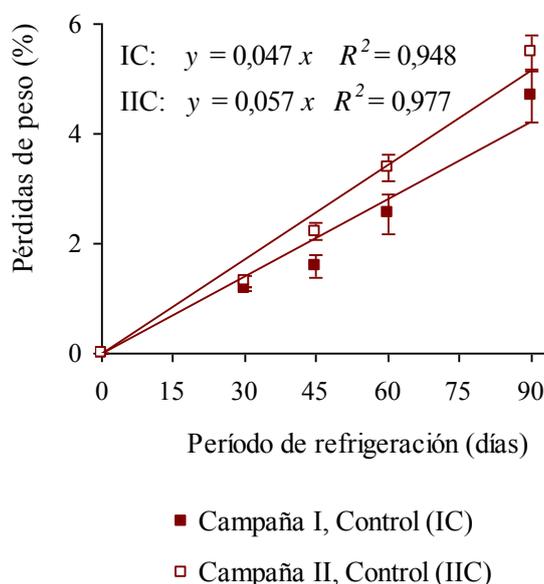


Figura 4.2. Pérdidas de peso de los racimos almacenados a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

En el primer año, a los 30 días las pérdidas de peso fueron del 1,16 %, alcanzando el 2,54 % a los 60 días, valores inferiores a los de la segunda campaña con 1,31 y 3,37 %, respectivamente. A los 90 días los racimos experimentaron pérdidas de peso del 4,70 y 5,48 % en la primera y segunda campañas, respectivamente (Figura 4.2). Xu *et al.* (2009) encontraron mermas de peso del 4,02 % tras 63 días a 2 °C y humedad relativa superior al 90 % en racimos 'Red Globe'.

El cultivar es uno de los muchos factores que influyen en las pérdidas de peso de los racimos (Perkins-Veazie *et al.*, 1992). A los tres meses de refrigeración en condiciones similares a las descritas en nuestro estudio, otros autores registraron pérdidas de peso del 6,8 % en 'Ribier', 7,6 % en 'Thompson Seedless' (Crisosto *et al.*, 1994) y 6,84 % en 'Kyoho' (Chen *et al.*, 2011). Para almacenamientos prolongados, el desprendimiento de la bayas provoca el incremento de la superficie para el intercambio gaseoso y consecuentemente el aumento de las pérdidas de peso (Walker *et al.*, 2001).

En las uvas cosechadas en el primer año se podía observar una película de pruina bien desarrollada, a diferencia de las bayas del segundo, lo que justifica, en parte, las menores pérdidas de peso en la primera campaña. Esta sustancia cética y la cutícula tienen una función protectora frente a los mecanismos de intercambio de gases, infecciones de patógenos y ataques de insectos, y sus características dependen del cultivar, del estado de maduración y de las condiciones edafológicas y climáticas (Rosenquist y Morrison, 1989; Comménil *et al.*, 1997; Conde *et al.*, 2007). Además, las condiciones climáticas también pueden influir en la tasa respiratoria de los frutos (Costa *et al.*, 2011). Hay que hacer notar que en la segunda campaña hubo un período de lluvias intensas antes de la cosecha.

4.5.1.2. Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles

En el día de la cosecha, las uvas de la primera campaña presentaron un estado de maduración más avanzado que las de la segunda, con sólidos solubles totales y fenoles totales más elevados y menor acidez (20,4 °Brix, 1163 mg kg⁻¹ y 0,34 g 100 g⁻¹ frente a 14,7 °Brix, 654 mg kg⁻¹ y 0,39 g 100 g⁻¹) (Figura 4.3), lo que podría estar asociado a las diferentes condiciones climáticas de los dos años estudiados (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998; Serrano-Megías *et al.*, 2006).

Existe una interacción significativa ($p \leq 0,05$) entre los factores *Campaña* y *Período de refrigeración* para la acidez, índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales. Además, el

efecto del factor *Campaña* es superior al del *Período de refrigeración* ($FCamp > FPref$) para el índice de maduración y fenoles totales (Anexo I.2).

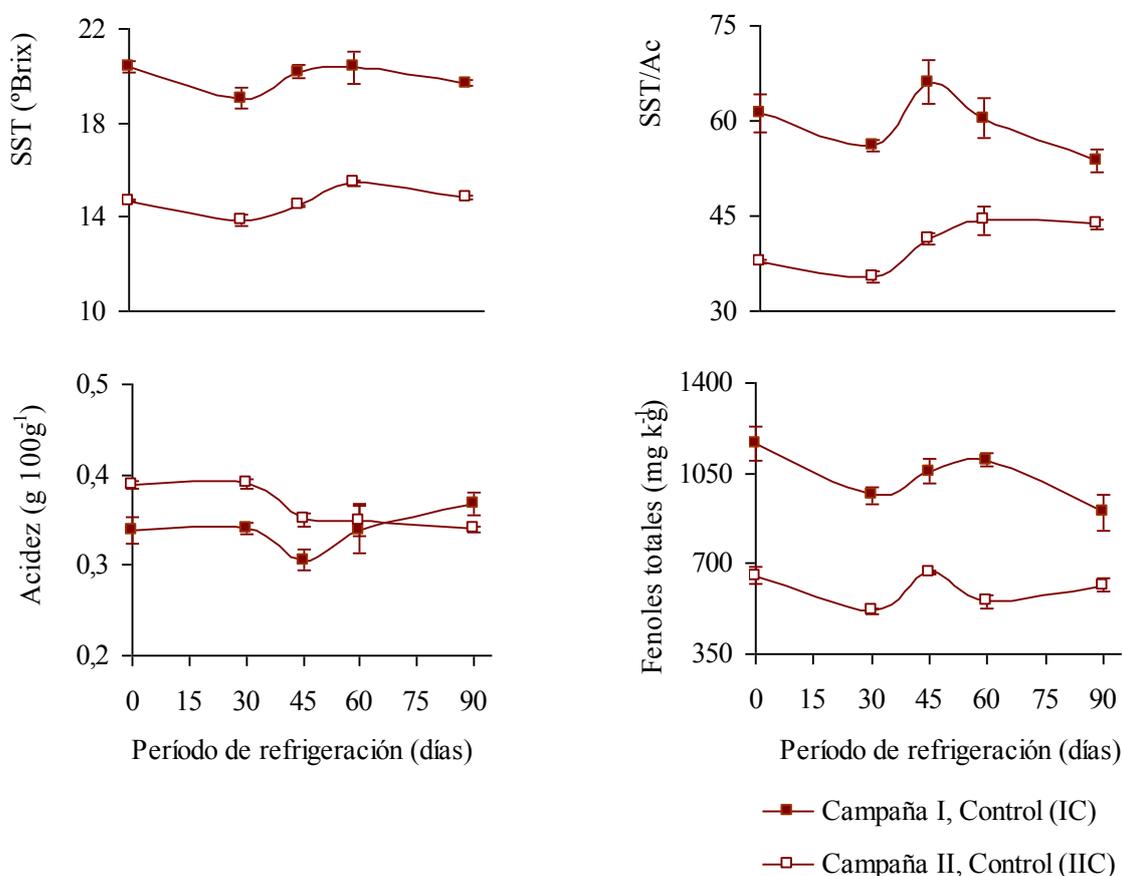


Figura 4.3. Sólidos solubles totales (SST), acidez, índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

En la primera campaña, durante los tres meses de refrigeración no se produjeron modificaciones importantes en los sólidos solubles totales ni en la acidez, con valores comprendidos entre 20,4 y 19,1 °Brix y 0,31 y 0,37 g 100 g⁻¹ (Figura 4.3), lo que probablemente es debido a la baja intensidad respiratoria de los frutos (Crisosto *et al.*, 2004; Xu *et al.*, 2009; Castillo *et al.*, 2010). Otros autores encontraron resultados similares en uvas 'Superior Seedless' y 'Autumn Seedless' tras 7 y 60 días de almacenamiento a 0 °C, respectivamente (Artés-Hernández *et al.*, 2004, 2006). Destacan las muestras analizadas a los 45 y 90 días con índices de maduración (SST/Ac) de 66 y 54, que describen los estados de maduración más y menos avanzados, respectivamente.

En el segundo año, entre los 30 y 60 días se produjo un aumento en el índice de maduración (de 35 a 44), asociado a la disminución de la acidez (de 0,39 a 0,35 g 100 g⁻¹), tras lo que dichos parámetros se mantuvieron prácticamente constantes (Figura 4.3). Valero *et al.* (2006) encontraron una evolución similar en uva 'Autumn Royal' envasada en polipropileno, tras 56 días a 1 °C y 90 % de humedad relativa.

Tras refrigeración las uvas presentaron un contenido en fenoles igual o inferior al de la muestra de partida en ambas campañas. En el primer mes se produjo una disminución de los fenoles totales en ambas campañas, y tras 60 días en el primer año y 45 días en el segundo se encuentran unos de los valores más elevados de fenoles totales (1102 y 667 mg kg⁻¹ en I y II, respectivamente) (Figura 4.3); en uva 'Jingxiu' también se produjo una disminución de los fenoles totales seguida de un aumento (Meng *et al.*, 2008).

A los 90 días, en el primer año el contenido en fenoles fue inferior al de la muestra de partida (898 y 1163 mg kg⁻¹, respectivamente), mientras que en el segundo fue similar (617 y 654 mg kg⁻¹) (Figura 4.3). Las diferencias encontradas en la evolución de los fenoles totales durante el almacenamiento en las dos campañas pueden, en parte, estar relacionadas con el estado de maduración de los frutos (Romero *et al.*, 2009; Cavaliere *et al.*, 2010). Otros autores observaron la disminución de los fenoles totales de la piel y de la pulpa tras refrigeración en 'Red Globe' y otros cultivares como 'Michele Palieri', 'Autumn Royal' y 'Jingxiu' (Valero *et al.*, 2006; Meng *et al.*, 2008; Xu *et al.*, 2009; Cavaliere *et al.*, 2010), asociada a la actividad de las enzimas fenilalanina amonio liasa y polifenoloxidasas (Deng *et al.*, 2006; Meng *et al.*, 2008; Romero *et al.*, 2009; Xu *et al.*, 2009). Además, el cultivar y las prácticas precosecha influyen en la evolución de los diferentes compuestos fenólicos durante la postcosecha (Cavaliere *et al.*, 2010).

Resumiendo, en la primera campaña no se apreciaron modificaciones importantes en los sólidos solubles totales, acidez e índice de maduración durante la refrigeración, mientras que en la segunda los frutos experimentaron una disminución de la acidez tras un mes de almacenamiento, lo que podría indicar un menor potencial para la conservación prolongada de las uvas del segundo año.

4.5.1.3. Coordenadas e índice de color

En el día de la cosecha, las uvas de la primera y segunda campañas presentaron luminosidad (L^* de 28,4 y 30,2, respectivamente), cromaticidad (C^* de 6,98 y 9,49),

ángulo de tono (H de 13,3 y 19,1°) e índice de color ($CIRG$ de 4,7 y 4,1) similares. La evolución de las coordenadas e índice de color durante el almacenamiento pone de manifiesto la interacción significativa entre los factores *Campaña* y *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$) (Anexo I.3).

Durante los tres meses de conservación, en la primera campaña no se apreciaron cambios importantes en la luminosidad, cromaticidad y ángulo de tono, mientras que en la segunda se produjo una disminución del ángulo de tono al final del almacenamiento, respecto al día de la recolección, reflejando una evolución de la coloración hacia rojo. A los 90 días, las uvas presentaron menor luminosidad en la primera campaña que en la segunda (27,5 y 32,6 en I y II, respectivamente) y cromaticidad (6,87 y 6,62) y ángulo de tono (10,5 y 10,7°) similares en ambas campañas (Figura 4.4).

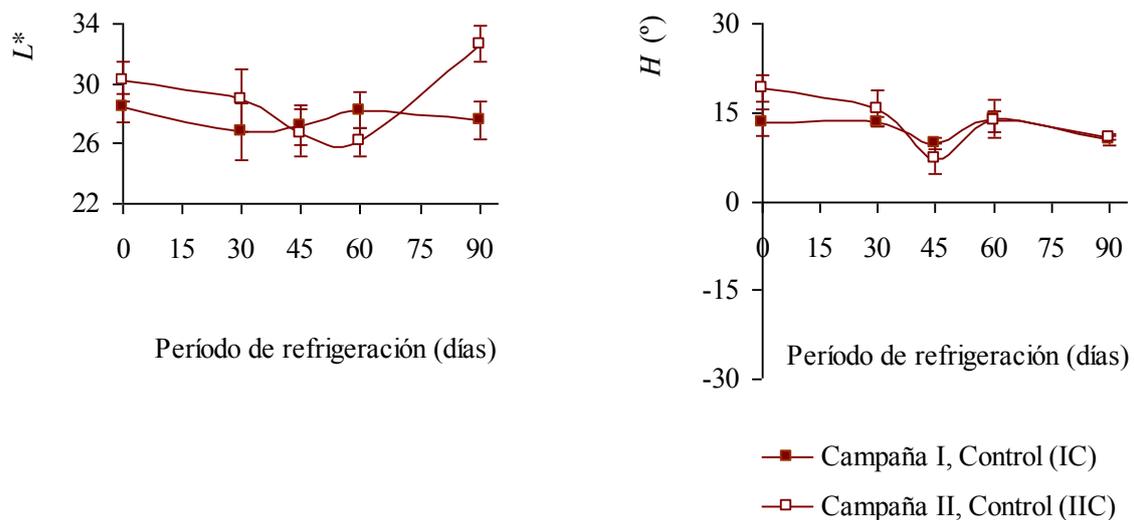


Figura 4.4. Luminosidad (L^*) y ángulo de tono (H) en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

L^* , C^* y H no experimentaron cambios importantes en uva 'Napoleon' en refrigeración (38 días a 0 °C) (Artés-Hernández *et al.*, 2003), coincidiendo con los resultados obtenidos en 'Red Globe' en la primera campaña. Otros autores encontraron una disminución del ángulo de tono en 'Autumn Royal' (Castillo *et al.*, 2010), a semejanza de lo observado en la segunda campaña, un descenso de la luminosidad y cromaticidad en 'Cardinal' (Sanchez-Ballesta *et al.*, 2006), un aumento del ángulo de tono en 'Flame Seedless' (Martínez-Romero *et al.*, 2003) y una disminución de la luminosidad y aumento del ángulo de tono en 'Crimson Seedless' (Valverde *et al.*, 2005a).

Las modificaciones en el color de los frutos en la postcosecha están generalmente asociadas a reacciones de oxidación enzimática y no enzimática de los pigmentos y pérdidas de peso (Morris, 1980; Yaman y Bayoindirli, 2002; Lydakis y Aked, 2003; Artés-Hernández *et al.*, 2004). Por otra parte, la síntesis de antocianinas no siempre se refleja en cambios en las coordenadas de color, debido a la complejidad del perfil de antocianinas y diferente evolución de cada una de ellas (Artés-Hernández *et al.*, 2003; Sanchez-Ballesta *et al.*, 2006, 2007; Romero *et al.*, 2009).

Aunque, con frecuencia, se relaciona la reducción en la luminosidad con las pérdidas de peso (Lydakis y Aked, 2003; Artés-Hernández *et al.*, 2004), en nuestro experimento no se observó ese efecto, ni en las muestras tras 90 días de refrigeración con pérdidas de peso del 5,07 y 5,48 % en la primera y segunda campañas, respectivamente (Figuras 4.2 y 4.4).

La piel de las uvas presentó color *rojo* con *CIRG* entre 4 y 5 (Carreño *et al.*, 1995), a excepción de las muestras analizadas a los 45 días en la primera campaña (IC45) y a los 45 (IIC45) y 60 días en la segunda (IIC60) con color *rojo-oscuro* ($5 < CIRG < 6$) (Figura 4.5). El color *rojo-oscuro* parece ser consecuencia de un estado de maduración más avanzado en cada campaña, con SST/Ac de 66 en IC45, 41 en IIC45 y 44 en IIC60 (Figura 4.3).

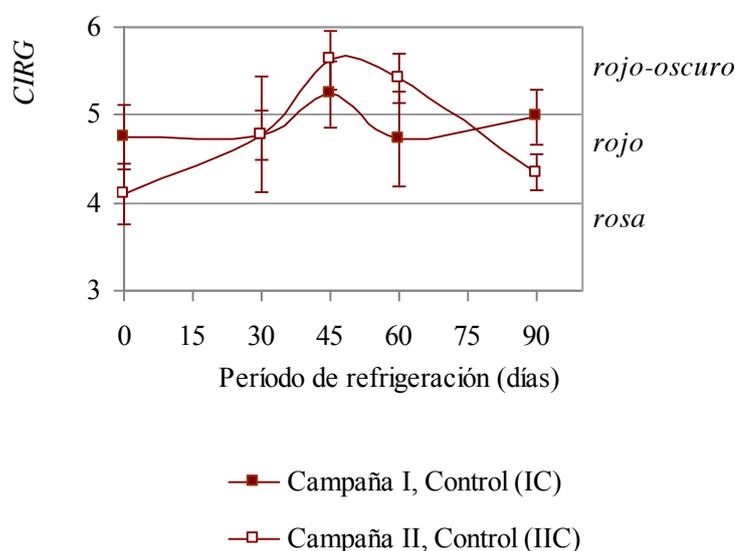


Figura 4.5. Índice de color (*CIRG*) en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

En resumen, en las dos campañas no se produjeron modificaciones importantes en las coordenadas de color de las uvas 'Red Globe' durante los tres meses de refrigeración en atmósfera normal.

4.5.1.4. Parámetros reológicos

En el día de la cosecha las uvas de la primera y segunda campañas presentaron valores similares en algunos parámetros reológicos, como son la resistencia que las bayas ofrecen en el tramo inicial de la compresión (F_3/D_p de $1,67 \text{ N mm}^{-1}$, en ambas campañas), la energía aplicada para romper la baya en la compresión (W_p de 101 y 90 mJ, en I y II respectivamente), la deformación hasta rotura en la compresión, punción y penetración (D_p de 9,09 y 9,61 mm, D_{ag} de 1,27 y 0,90 mm, y D_{p2} de 3,49 y 3,46 mm) y la firmeza de la pulpa ($F_{pulpap2}$ de 0,26 y 0,24 N) (Anexos I.4 a I.6). Un comportamiento similar se observó en cereza en estados de maduración diferentes, que rompieron a deformaciones similares cuando se sometieron a compresión (Lidster *et al.*, 1978).

Las muestras frescas de las dos campañas difieren principalmente en la firmeza de la piel y tejidos contiguos (F_{Mag} de 0,94 y 0,45 N y F_{Mp2} de 3,52 y 2,41 N, en I y II, respectivamente), en la energía aplicada para romper la piel en la punción y penetración (W_{ag} de 0,65 y 0,23 mJ y W_{p2} de 6,18 y 4,26 mJ), y en los coeficientes de elasticidad aparente (F_M/D_p de 3,16 y 2,22 N mm^{-1} , F_M/D_{ag} de 0,80 y 0,56 N mm^{-1} , F_M/D_{p2} de 1,03 y 0,72 N mm^{-1}), con valores inferiores en la segunda campaña, lo que supone una menor resistencia a la rotura y a la deformación de los frutos de dicha campaña (Anexos I.4 a I.6).

Estos resultados indican que las principales diferencias en las propiedades reológicas de las uvas en el día de la recolección se presentan a nivel de la piel, lo que podría estar relacionado con las lluvias que precedieron a la cosecha en la segunda campaña y con su estado de maduración (Maury *et al.*, 2009; Torchio *et al.*, 2010). De hecho, las modificaciones estructurales y de composición asociadas a la maduración no son simultáneas y dependen, en gran medida, de las condiciones climáticas (Ribéreau-Gayon *et al.*, 1998; Serrano-Megías *et al.*, 2006; Letaief *et al.*, 2008; Maury *et al.*, 2009).

El coeficiente de elasticidad aparente en punción, la firmeza de los tejidos externos y la energía en el punto de rotura permitieron discriminar diferentes estados de madurez en uva (Vargas *et al.*, 2000; Maury *et al.*, 2009). La fuerza y el coeficiente de elasticidad aparente en la penetración, así como el coeficiente de elasticidad aparente de compresión,

evidenciaron diferencias en tomate en distinto estado de maduración (Jackman *et al.*, 1990). Lidster *et al.* (1978) utilizaron el coeficiente de elasticidad aparente de compresión como indicador del estado de maduración en cereza.

En cuanto a la evolución de los **parámetros reológicos de compresión** durante la refrigeración, se observó una interacción significativa entre la *Campaña* y el *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$). Las modificaciones producidas en los coeficientes de elasticidad aparente (F3/Dp y FM/Dp) y en la fuerza (FMp) son debidas, en gran medida, a las características de las uvas de partida de cada campaña ($FCamp > FPref$) (Anexo I.4).

En ambas campañas, las uvas tras 90 días de almacenamiento presentaron coeficientes de elasticidad aparente, fuerza y energía (Wp) en el punto de rotura similares a los del día de la cosecha, con valores superiores en la primera campaña, lo que refleja una mayor resistencia a la deformación y rotura (Anexo I.4). Resultados similares fueron obtenidos en uva 'Autumn Seedless' tras 60 días de refrigeración a 0 °C, en que no hubo modificaciones importantes en la firmeza de las bayas respecto a la muestra inicial (Artés-Hernández *et al.*, 2004), mientras que en uvas 'Flame Seedless' y 'Autumn Royal' refrigeradas durante 18 y 35 días, respectivamente, se produjo una disminución progresiva del coeficiente de elasticidad aparente medido en el tramo inicial de la compresión de la baya (Martínez-Romero *et al.*, 2003; Castillo *et al.*, 2010).

En la primera campaña las bayas rompieron tras 9,09 mm de deformación en el día de la cosecha y tras 9,90 mm a los 90 días, mientras que en la segunda, tras refrigeración, la rotura se produjo a menor deformación, con 9,61 y 8,76 mm al inicio y al final del almacenamiento, respectivamente (Anexo I.4). La evolución de dicho parámetro reológico en el segundo año describe una menor capacidad de deformación de las bayas cosechadas después de un período de lluvias.

La muestra analizada a los 45 días en la primera campaña destaca por la baja resistencia a la deformación (F3/Dp de 1,15 N mm⁻¹ y FM/Dp de 2,48 N mm⁻¹) y a la rotura (FMp de 22,9 N y Wp de 78 mJ) (Anexo I.4). Este comportamiento parece estar relacionado con el estado de maduración más avanzado de esas uvas, con elevado índice de maduración (SST/Ac de 66, asociado a uno de los menores valores de acidez de 0,31 g 100 g⁻¹) y uno de los menores valores de la coordenada de color *b** (1,00) (Anexos I.2 y I.3). La fuerza en el punto de rotura en la compresión (FMp) fue empleada como índice de maduración en

cereza tras el almacenamiento refrigerado, a pesar de su ineficacia para segregar diferentes estados de maduración inmediatamente después de la cosecha (Lidster *et al.*, 1978).

En lo que concierne al **comportamiento reológico de punción**, los cambios en la firmeza (FMag) y energía (Wag) en el punto de rotura de la piel están relacionados, en gran medida, con las características de las uvas de cada campaña ($FCamp > FPref$), produciéndose una interacción significativa entre los factores *Campaña* y *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$) (Anexo I.5). Durante la refrigeración, en ambas campañas no tuvieron lugar modificaciones en la deformación hasta rotura de la piel (Dag), respecto a las muestras de partida (1,27 y 0,90 mm en I y II, respectivamente), a excepción de las uvas analizadas a los 45 días en el primer año (1,94 mm) (Figura 4.6).

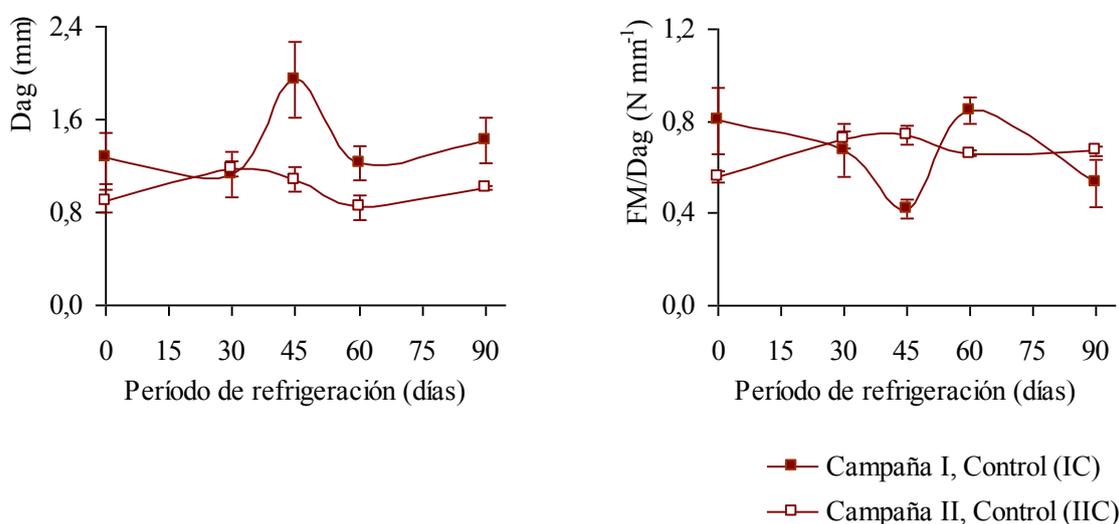


Figura 4.6. Deformación (Dag) y coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dag) de punción en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

Los frutos de partida del primer año presentaron uno de los valores más elevados de firmeza de la piel y coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dag), mientras que en el segundo dichos parámetros mostraron uno de los menores valores. A los 60 días, en ambas campañas, las uvas presentaron comportamiento reológico de punción similar al día de la recolección, con mayor firmeza de la piel y energía hasta rotura en la primera campaña (Figura 4.6 y Anexo I.5).

Entre el día de la cosecha y 90 días de refrigeración, en la primera campaña se produjo una disminución de la firmeza de la piel (de 0,94 a 0,67 N) y del coeficiente de elasticidad

aparente (de 0,80 a 0,53 N mm⁻¹), a semejanza de los resultados obtenidos en uva 'Flame Seedless' (Martínez-Romero *et al.*, 2003). En la segunda se observó un aumento de la firmeza de la piel (de 0,45 a 0,62 N). Tras 90 días, las uvas de la primera y segunda campañas mostraron comportamiento reológico de punción similar, a pesar de las diferencias encontradas en el día de la cosecha (Anexo I.5).

La muestra analizada a los 45 días en la primera campaña presentó elevada deformación (1,94 mm) y bajo coeficiente de elasticidad aparente en la punción (0,42 N mm⁻¹) (Figura 4.6), que parecen estar asociados a su avanzado estado de maduración, a semejanza de lo anteriormente descrito en los parámetros reológicos de compresión, coordenadas e índice de color de la piel e índice de maduración (Anexos I.2-I.4). Este comportamiento reológico también fue descrito por Torchio *et al.* (2010) en uva 'Barbera', empleando como índice de maduración el contenido en azúcares.

Respecto a los **parámetros reológicos de penetración** se observó una interacción significativa entre los factores en estudio ($p \leq 0,05$), *Campaña* y *Período de refrigeración* (Anexo I.6). Tras refrigeración, el coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp2) de las uvas de la primera campaña fue igual o inferior al día de la cosecha (1,03 N mm⁻¹), mientras que en la segunda la muestra de partida tenía uno de los valores más bajos (0,72 N mm⁻¹), a semejanza de lo descrito en punción (Figuras 4.6 y 4.7).

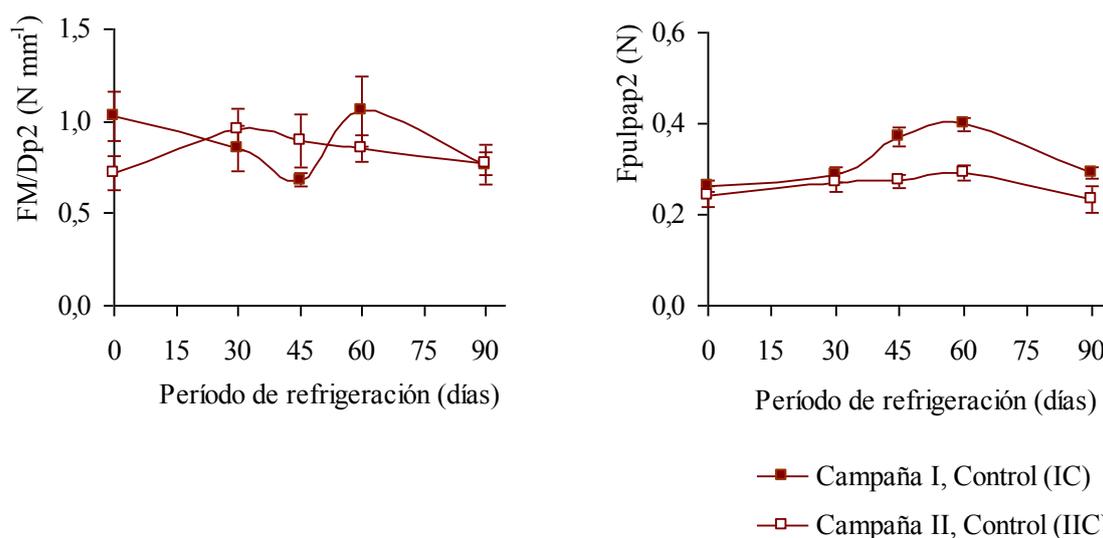


Figura 4.7. Coeficiente de elasticidad aparente de penetración (FM/Dp2) y firmeza de la pulpa (Fpulpap2) en uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

La firmeza de los tejidos externos (FMp2) y energía hasta rotura (Wp2) experimentaron una evolución similar en ambas campañas, a excepción de las muestras analizadas a los 60 días (3,89 N y 7,59 mJ en I y 2,73 N y 4,72 mJ en II). En las dos campañas tuvo lugar un ligero aumento en la deformación hasta rotura entre el inicio y 90 días de refrigeración (de 3,49 a 4,01 mm en I y de 3,46 a 3,93 en II). Tras 90 días los frutos de la primera y segunda campañas presentaron comportamiento reológico de punción y penetración similar, a diferencia de lo descrito en la compresión (Anexos I.4-I.6).

En cuanto a la firmeza de la pulpa, Fpulpap2, en la primera campaña entre 30 y 60 días se produjo un aumento de 0,29 a 0,40 N, mientras que en la segunda se mantuvo prácticamente inalterada durante los tres meses de refrigeración con 0,23-0,27 N, a excepción de las uvas analizadas a los 60 días con 0,38 N (Figura 4.7). Por tanto, tras refrigeración la firmeza de la pulpa de los frutos fue similar o superior al día de la recolección. Esta evolución de la firmeza de la pulpa difiere de los resultados obtenidos por Deng *et al.* (2005) en uva 'Kyoho' almacenada en condiciones de refrigeración, en que se produjo una disminución del 27 % de la firmeza inicial en 15 días de refrigeración.

4.5.1.5. Evaluación sensorial

En el día de la recolección, las uvas de ambas campañas obtuvieron puntuaciones similares en los descriptores evaluados, *Intensidad de color de la piel*, *Firmeza de la piel*, *Firmeza de la pulpa*, *Sabor dulce* y *Sabor*, con valores medios comprendidos entre 6,6 y 7,5 (en una escala de 0 a 10 puntos) (Anexo I.7).

En condiciones de refrigeración, a las uvas del primer año fueron otorgadas puntuaciones más elevadas para la *Intensidad de color de la piel* y el *Sabor dulce* que a las del segundo, lo que podría estar asociado a la menor luminosidad (uvas más oscuras) y mayor contenido en sólidos solubles e índice de maduración de las primeras (Anexos I.2 y I.3). Para ambos descriptores, las valoraciones atribuidas se mantuvieron prácticamente constantes durante el almacenamiento. Por otra parte, no se apreciaron diferencias entre las uvas de las dos campañas en la textura, *Firmeza de la piel* y *Firmeza de la pulpa*, produciéndose una ligera disminución durante el almacenamiento respecto al día de la cosecha (Figura 4.8).

Para el *Sabor* se observó una interacción significativa entre los factores *Campaña* y *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$) (Anexo I.7). Este descriptor se mantuvo prácticamente inalterado durante los tres meses de almacenamiento en la primera campaña, a excepción

de la muestra analizada a los 45 días con las menores puntuaciones en todos los descriptores evaluados y que se encontraba en un estado de maduración más avanzado, como referimos anteriormente (Figura 4.3). En la segunda campaña, hasta los 60 días de refrigeración no se apreciaron modificaciones en el *Sabor* respecto a la muestra inicial (5,5 y 6,7 puntos, respectivamente), obteniendo las uvas analizadas a los 90 días una puntuación inferior (4,4 puntos) (Anexo I.7). De forma similar, uva ‘Napoleon’ preservó su *Sabor* inicial tras 41 días a 0 °C (Artés *et al.*, 2000)

Campaña I, Control (IC)

Campaña II, Control (IIC)

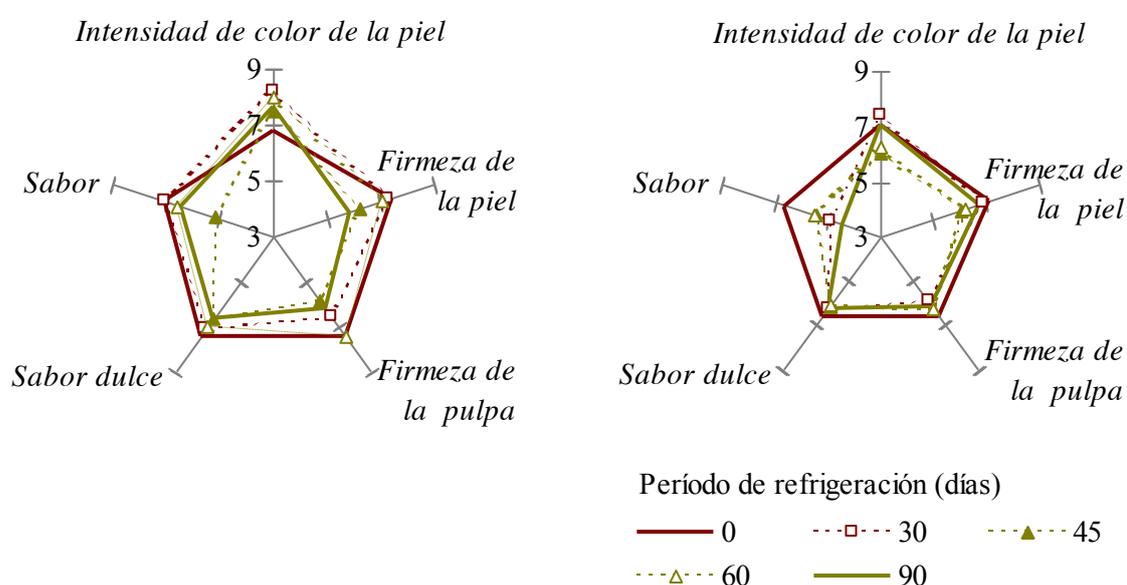


Figura 4.8. Evaluación sensorial de uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio.

La *Apreciación global* y el *Sabor* tuvieron una evolución parecida. Las muestras analizadas después de tres meses de almacenamiento en la primera campaña y dos meses en la segunda obtuvieron valoraciones similares a las del día de la cosecha. En la segunda campaña, a los 90 días los frutos recibieron puntuaciones inferiores a 5 en la *Apreciación global*, por lo que ya no podrían ser comercializados (Figuras 4.8 y 4.9). Zutahy *et al.* (2008) garantizaron la calidad comercial de ‘Red Globe’ tras cuatro meses de refrigeración, empleando generadores de dióxido de azufre de dos etapas.

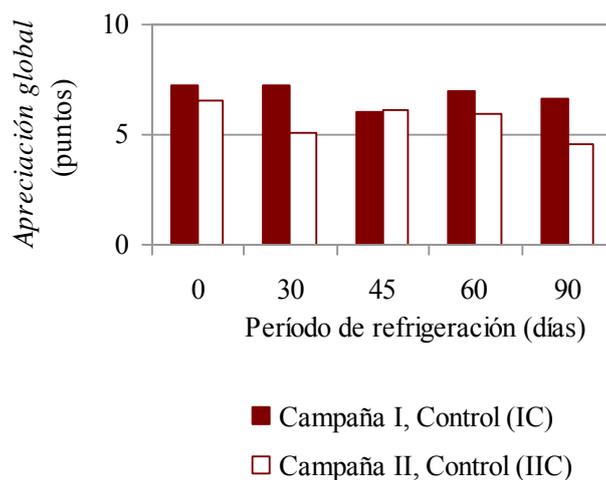


Figura 4.9. Apreciación global de uva almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.
Valor medio.

En suma, en la primera campaña no se apreciaron modificaciones importantes en los parámetros instrumentales de calidad ni en los descriptores sensoriales, durante los tres meses de refrigeración. En la segunda campaña, las uvas experimentaron una disminución de la acidez tras un mes de refrigeración, y de la evaluación sensorial se deduce que los frutos podrían ser comercializados hasta los 60 días.

4.5.2. Atmósferas modificadas con polietileno y polipropileno

4.5.2.1. Composición de la atmósfera en el interior de los envases

En la Figura 4.10 se muestra la evolución de la composición gaseosa de la atmósfera en el interior de los envases, observándose una interacción entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$) (Anexo II.1). Este experimento se realizó en la primera campaña (I).

La atmósfera generada en los envases resultó diferente según el tipo de polímero, produciéndose una modificación más acentuada al utilizar el polipropileno (PP). En ambos tipos de envase se alcanzó la atmósfera de equilibrio a los 30 días, tras lo que se mantuvo prácticamente constante con, aproximadamente, 14 % de O₂ y 2 % de CO₂ en los envases de polietileno (PE), y 5 % de O₂ y 9 % de CO₂ en los de polipropileno (Figura 4.10).

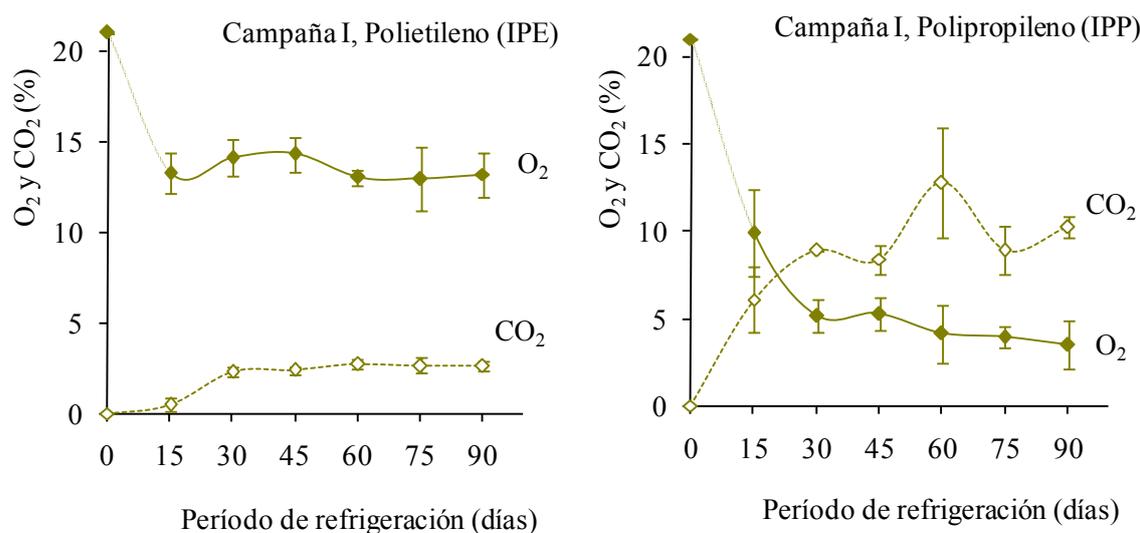


Figura 4.10. Composición de la atmósfera interna de los envases de polietileno y de polipropileno, a 0 °C.

Valor medio y desviación estándar.

La concentración de oxígeno y dióxido de carbono en el interior de los envases de polietileno y polipropileno se encuentra en el rango de atmósferas modificadas mencionado en la bibliografía para diversos polímeros, cultivares de uva de mesa, estados de maduración y condiciones de conservación, como se describió en las Tablas 4.1 y 4.2.

En otros estudios el empleo de polietileno para almacenar uva también supuso atmósferas más ricas en oxígeno que en dióxido de carbono (Archbold *et al.*, 1999; Walker *et al.*, 2001, Lichter *et al.*, 2005; Lurie *et al.*, 2006), información que se recoge en la Tabla 4.1. Lichter *et al.* (2005) y Lurie *et al.* (2006), al almacenar uva 'Superior' durante 32 días y 7 semanas a 0 °C en envases de polietileno encontraron atmósferas de equilibrio similares a las generadas en nuestro experimento con 'Red Globe'.

Por otra parte, en la bibliografía sobre conservación de uva mesa se encuentra una gran variabilidad en la composición gaseosa en el interior de los envases de polipropileno, como documentan los ejemplos citados en la Tabla 4.2. La uva 'Kyoho' presentó buena calidad tras 60 días de almacenamiento a 0 °C y 95 % de humedad relativa en atmósfera controlada con 4 % de O₂ y 9 % de CO₂ (Deng *et al.*, 2006), composición similar a la de nuestro experimento con el polipropileno en el equilibrio.

El elevado contenido en dióxido de carbono encontrado a los 60 días de refrigeración en los envases de polipropileno (12,77 %) (Figura 4.10) está asociado probablemente a la presencia de algunas bayas con podredumbre gris, lo que induce un incremento en la tasa respiratoria (Yahia *et al.*, 1983). El control de la podredumbre gris es especialmente difícil debido a su vigorosa velocidad de crecimiento y a su habilidad para dispersarse entre las bayas, incluso a temperaturas de refrigeración (Crisosto *et al.*, 2001, 2004).

Se reconocen propiedades fungistáticas a atmósferas con concentraciones de oxígeno inferiores al 1 % y/o de dióxido de carbono superiores al 10 % (Kader *et al.*, 1989). Aunque en nuestro estudio no se alcanzaron dichos niveles de gases, el empleo de envases individuales redujo el riesgo de propagación de podredumbre a los restantes racimos.

Los trabajos sobre el efecto del dióxido de carbono en el deterioro microbiano de uva de mesa en atmósferas modificadas son escasos y sería interesante abordarlo en trabajos futuros. En atmósferas controladas, el deterioro debido a *Botrytis cinerea* se redujo al emplear atmósferas con 10-15 % de CO₂, pero, a veces, con la formación de sabores/aromas extraños y pardeamiento de la baya y/o raspón (Crisosto *et al.*, 2002a; Artés-Hernández *et al.*, 2004; Lichter *et al.*, 2005).

4.5.2.2. Pérdidas de peso de los racimos

En los productos hortofrutícolas las pérdidas de peso constituyen una de las principales causas de pérdidas postcosecha, no solo por su efecto directo en el valor comercial sino también por su repercusión en la apariencia (marchitez y pardeamiento), cualidades de textura y nutricionales.

Como puede observarse en el Anexo II.2, los racimos envasados en polietileno y polipropileno experimentaron pérdidas de peso inferiores al 0,2 % durante los tres meses de refrigeración, corroborando los resultados obtenidos en estudios previos (Morris *et al.*, 1992; Perkins-Veazie *et al.*, 1992; Crisosto *et al.*, 1994; Artés *et al.*, 2000; Artés-Hernández *et al.*, 2003, 2004, 2006). La pérdida de peso en uva se encuentra relacionada con la tasa de transmisión de vapor de agua del polímero empleado (Del Nobile *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2011). Uvas 'Kyoho' almacenadas en atmósferas controladas, con composición gaseosa tan diferente como 4 % de O₂ y 9 % de CO₂, 4 % de O₂ y 30 % de CO₂, y 80 % de O₂, experimentaron pérdidas de peso similares e inferiores al 1 %, tras 60 días a 0 °C y 95 % de humedad relativa (Deng *et al.*, 2006).

En el interior de ambos envases se produjo un aumento de la humedad relativa hasta niveles de saturación, promoviendo la condensación y, consecuentemente, incluso se registraron incrementos de peso en las muestras (Anexo II.2). Para frutos no climatéricos, como la uva, se ha propuesto que atmósferas con elevada humedad retrasan las alteraciones postcosecha al mitigar el estrés hídrico que afecta a los tejidos de forma similar a la senescencia (Grierson y Wardowsky, 1978; Ben-Yehoshua *et al.*, 1983); el problema que plantea una humedad relativa elevada es que favorece el desarrollo de microorganismos.

4.5.2.3. Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles

Para los sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales se produjo una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$) (Anexo II.3).

Las uvas en polietileno experimentaron un ligero aumento en la acidez y una disminución en el índice de maduración respecto al control. Por otra parte, el polipropileno mantuvo los sólidos solubles totales de los frutos, principalmente durante el primer mes, a diferencia del control en que se produjo una disminución. Este plástico no afectó a la acidez ni al índice de maduración (Anexo II.3).

Otros autores encontraron un efecto significativo de la atmósfera de almacenamiento en estos parámetros de calidad. Así, en uva 'Kyoho' tras 45 días a 0 °C y 95 % de humedad relativa en atmósfera controlada con 4 % de O₂ y 9 % de CO₂, composición similar a la generada en el interior de los envases de polipropileno, sí se produjo una menor disminución en el contenido en sólidos solubles y acidez que en la atmósfera normal (Deng *et al.*, 2006). En uva 'Flame Seedless' almacenada en polipropileno (5 % de O₂ y 4,5 % de CO₂) durante 18 días a 1 °C los sólidos solubles totales se mantuvieron prácticamente constantes, mientras que en atmósfera normal se produjo un aumento de 16,6 a 20,0 °Brix (Martínez-Romero *et al.*, 2003).

A la vista de lo expuesto, y por el hecho de que las uvas tras 90 días de refrigeración, en atmósferas normal y modificadas, presentaron acidez e índice de maduración similares al día de la cosecha, podemos concluir que el empleo de películas plásticas no indujo modificaciones importantes en dichos parámetros, a semejanza de lo observado en uvas 'Reliance' y 'Saturn' almacenadas en cajas sin y con polietileno durante 7 y 10 semanas a 2 °C (Morris *et al.*, 1992). Lo mismo sucedió en 'Autumn Seedless' en atmósferas

modificadas y controladas tras 60 días a 0 °C (Artés-Hernández *et al.*, 2004), y en 'Superior Seedless' tras 7 días a 0 °C en envases de polipropileno sin y con microperforación (Artés-Hernández *et al.*, 2006).

De forma similar, el empleo de atmósferas controladas en uva no tuvo repercusión en el contenido en sólidos solubles y acidez, como demuestra la aplicación de atmósferas con 3, 6 y 12 kPa de O₂ combinadas con 5, 10, 15 y 20 kPa de CO₂ en 'Red Globe' y 'Thompson Seedless' (Crisosto *et al.*, 2002a, 2002b) y 2 % de O₂ y 5 % de CO₂ en 'Thompson Seedless' (Yahia *et al.*, 1983). De hecho, Crisosto *et al.* (2002a) encontraron que los sólidos solubles y la acidez en uva 'Red Globe' se mantuvieron prácticamente constantes durante 12 semanas de almacenamiento a 0 °C en dichas atmósferas controladas. Además, en otros estudios el empleo de atmósferas modificadas y controladas no supuso modificaciones en la glucosa, fructosa y ácido tartárico en uvas 'Autumn Seedless' y 'Superior Seedless' (Artés-Hernández *et al.*, 2004, 2006).

Los fenoles totales experimentaron una evolución similar en los frutos almacenados en atmósferas normal y modificadas, manteniéndose prácticamente constantes durante la primera quincena (1063-1163 mg kg⁻¹) (Anexo II.3), a semejanza de lo referido para períodos cortos de refrigeración en 'Superior Seedless', 'Cardinal' y 'Vittoria' (Artés-Hernández *et al.*, 2006; Romero *et al.*, 2009; Cefola *et al.*, 2011). Por otra parte, tras 90 días la uva 'Red Globe' presentó menor contenido en fenoles que en el día de la cosecha, coincidiendo con la evolución de dichos compuestos en el hollejo y pulpa de uva 'Autumn Royal' tras dos meses de refrigeración en envases de polipropileno, en cuyo interior se generó una atmósfera con 7 kPa de O₂ y 4 kPa de CO₂ (Valero *et al.*, 2006).

4.5.2.4. Coordenadas e índice de color

Durante los tres meses de refrigeración, la luminosidad de la piel de 'Red Globe' se mantuvo prácticamente constante, independientemente de la atmósfera empleada ($p > 0,05$), con valores medios comprendidos entre 26,1 y 28,9. Por otra parte, para las demás coordenadas de color se observó una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$), predominando el efecto de la modificación de la atmósfera ($F_{Trat} > F_{Pref}$) (Anexo II.4).

En el tercer mes de refrigeración, las uvas envasadas en polietileno experimentaron un ligero aumento en a^* , presentando a los 90 días cromaticidad (C^*) y ángulo de tono (H)

ligeramente más elevados que las control (10,1 y 15,6° en PE y 6,87 y 10,5° en C) y la muestra inicial (6,98 y 13,3°), lo que indica un color ligeramente más intenso y menos rojo. El empleo de polipropileno no supuso modificaciones en las coordenadas de color respecto al control (Figura 4.11 y Anexo II.4), a semejanza de lo observado en uva blanca 'Kyoho' almacenada en atmósfera controlada con composición similar a la generada en el interior de nuestros envases (Deng *et al.*, 2006).

La muestra control analizada a los 45 días y las envasadas en polipropileno analizadas a los 15 y 60 días poseen uno de los menores valores de las coordenadas a^* y b^* (5,38 y 1,00 en IC45, 5,31 y 0,73 en IPP15 y 4,55 y 1,02 en IPP60), lo que asociado a una baja acidez y elevado índice de maduración podría ser consecuencia de un estado de maduración más avanzado (Anexos II.3 y II.4).

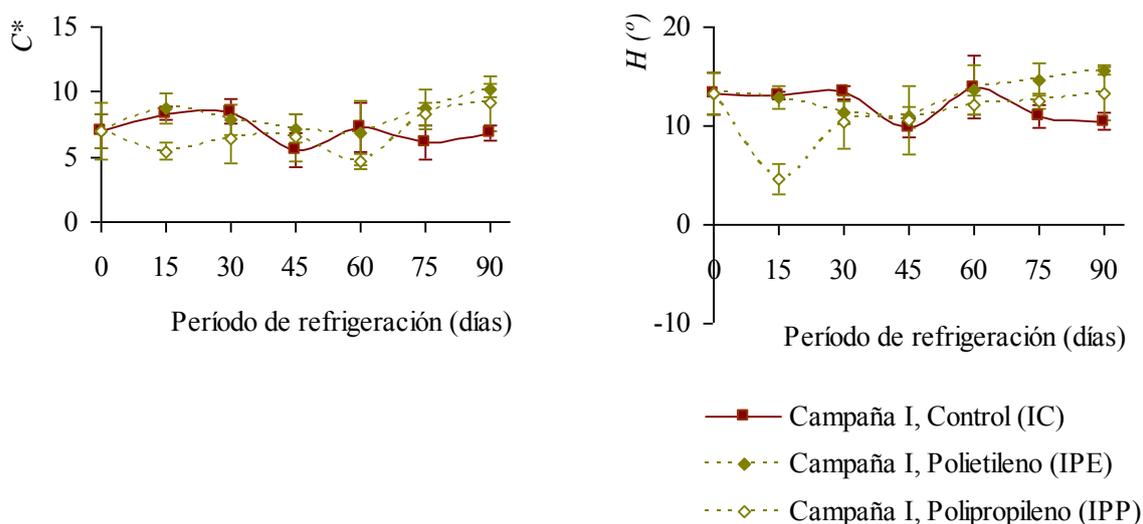


Figura 4.11. Cromaticidad (C^*) y ángulo de tono (H) en uva almacenada en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas, a 0 °C.

Valor medio y desviación estándar.

En la bibliografía se encuentran patrones de evolución muy diversos en las coordenadas de color de la piel de las uvas tintas almacenadas en atmósferas modificadas. En uva 'Flame Seedless', de color *rojo*, en envases de polipropileno con 5 % de O_2 y 4,5 % de CO_2 y 12 % de O_2 y 0,2 % de CO_2 a 1 °C y 90 % de humedad relativa, el ángulo de tono se mantuvo prácticamente constante entre el día de la cosecha y 18 días refrigeración (21,1 y 23,1° respectivamente), mientras que en atmósfera normal se produjo un aumento de 16° (Martínez-Romero *et al.*, 2003). En uva 'Crimson Seedless', de color *rosa-rojo*, tras 14

días a 1 °C y 90 % de humedad relativa en bolsas de polipropileno con 12 kPa de O₂ y 1,8 kPa de CO₂, se observó una disminución en la luminosidad de 40 a 31 y un incremento del ángulo de tono de -5 a 16° (Valverde *et al.*, 2005a).

En lo que concierne al índice de color, *CIRG*, las uvas almacenadas con las películas plásticas presentaron valores medios similares a las control (Anexo II.4). Según la clasificación propuesta por Carreño *et al.* (1995), las bayas envasadas en polietileno y las control presentaron color *rojo*, a excepción de las muestras control analizadas a los 45 y 75 días. Las uvas envasadas en polipropileno tenían color *rojo-oscuro* hasta 60 días y color *rojo* para períodos de almacenamiento más prolongados. Las muestras con color *rojo-oscuro* corresponden a índices de maduración o contenidos en fenoles más elevados que aquellas con color *rojo* (Anexo II.3).

4.5.2.5. Parámetros reológicos

La evolución de los **parámetros reológicos de compresión** durante el almacenamiento en atmósferas normal y modificadas pone de manifiesto que los cambios en los coeficientes de elasticidad aparente (F3/Dp y FM/Dp), firmeza (FMp) y energía (Wp) resultan de la interacción significativa entre los factores *Tratamiento postcosecha* y *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$) y son debidos, en mayor medida, a la modificación de la atmósfera ($F_{Trat} > F_{Pref}$). Por otra parte, la deformación hasta rotura (Dp) aumentó, independientemente de la atmósfera empleada ($p > 0,05$) (Figura 4.12 y Anexo II.5).

Tras refrigeración, las uvas almacenadas en polietileno presentaron coeficientes de elasticidad aparente más elevados que las control y, simultáneamente, requirieron más fuerza y energía para romper, corroborando los resultados obtenidos en 'Vittoria' por Cefola *et al.* (2011). A los 15 y 60 días, las bayas en los envases de polietileno presentaron los valores más elevados de resistencia a la deformación y rotura, con FM/Dp de 4,93 y 4,88 N mm⁻¹, FMp de 46,9 y 46,4 N, y Wp de 169 y 175 mJ, respectivamente (Anexo II.5).

Los frutos en los envases de polipropileno presentaron coeficientes de elasticidad aparente, en el tramo inicial y hasta rotura, fuerza y energía en el punto de rotura similares al día de la recolección (F3/Dp de 1,67 N mm⁻¹, FM/Dp de 3,16 N mm⁻¹, FMp de 28,8 N y Wp de 101 mJ), a excepción de las bayas analizadas a los 90 días con F3/Dp y Wp más elevados (2,57 N mm⁻¹ y 153 mJ) (Anexo II.5). La muestra IPP90, con 18,6 °Brix, tenía uno de los menores contenidos en sólidos solubles del primer año (Anexo II.3).

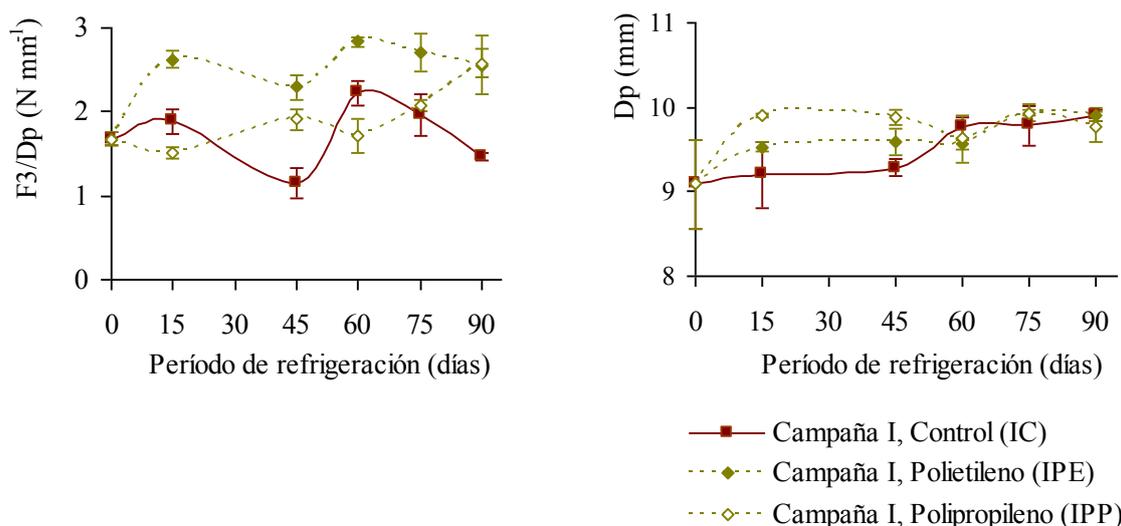


Figura 4.12. Coeficiente de elasticidad aparente (F3/Dp) y deformación (Dp) de compresión en uva almacenada en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas, a 0 °C.

Valor medio y desviación estándar.

Por tanto, se puede afirmar que el empleo de polietileno supuso un aumento en la resistencia de las bayas a la deformación y rotura en la compresión, mientras que el polipropileno preservó dichas propiedades reológicas. A diferencia de nuestros resultados, en 'Crimson Seedless' Valverde *et al.* (2005a) encontraron una disminución progresiva del coeficiente de elasticidad aparente de la baya (medido al 1 % de deformación), empleando una atmósfera modificada con composición en oxígeno y dióxido de carbono similar a la desarrollada en el interior de los envases de polietileno. Tras 18 días de refrigeración, en 'Flame Seedless' se produjo una disminución del coeficiente de elasticidad aparente en la compresión de la baya (medido al 1 % de deformación), que fue menor en los frutos envasados en atmósferas modificadas con películas plásticas (5 % de O₂ y 4,5 % de CO₂; 12 % de O₂ y 0,2 % de CO₂) que en el tratamiento control (Martínez-Romero *et al.*, 2003).

En lo que concierne a los **parámetros reológicos de punción**, se observó una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$). La deformación hasta rotura (Dag) y el coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dag) fueron más sensibles a la modificación de la atmósfera con las películas plásticas ($F_{Trat} > F_{Pref}$), mientras que los cambios producidos en la firmeza de la piel (FMag) y energía hasta rotura (Wag) están más asociados al período de almacenamiento ($F_{Pref} > F_{Trat}$) (Anexo II.6).

El empleo del polietileno supuso una disminución en la deformación hasta rotura y un aumento del coeficiente de elasticidad aparente, principalmente en el tercer mes de almacenamiento (Figura 4.13), lo que, asociado a las exiguas pérdidas de peso (Anexo II.1) y al aumento del coeficiente de elasticidad aparente medido en el tramo inicial de la compresión (F_3/D_p) (Figura 4.12), podría describir un incremento en la turgencia de los tejidos externos. De hecho, la deformación hasta rotura en punción se viene empleando como un indicador de turgencia, produciéndose la rotura a menor deformación en los frutos más turgentes (Verstreken *et al.*, 1995; Barreiro y Ruiz-Altisent, 1996; Valero y Ruiz-Altisent, 1998; Sanchez-Ballesta *et al.*, 2007).

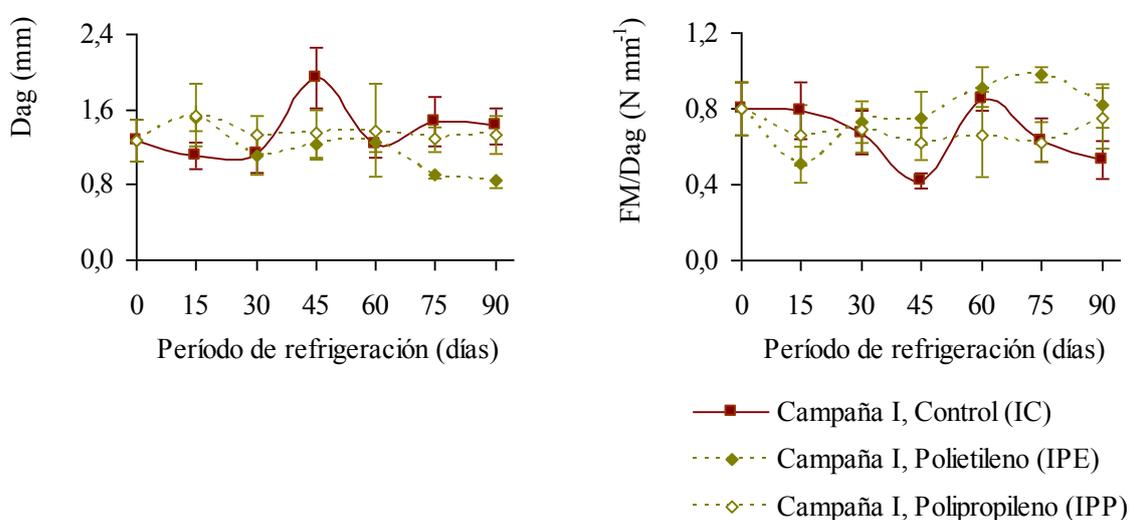


Figura 4.13. Deformación (Dag) y coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dag) de punción en uva almacenada en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas, a 0 °C.

Valor medio y desviación estándar.

Las uvas envasadas en polietileno analizadas a los 60 días de refrigeración presentaron uno de los valores más elevados de firmeza de la piel (1,11 N), coeficiente de elasticidad aparente ($0,91 \text{ N mm}^{-1}$) y energía hasta rotura (0,74 mJ), a semejanza de lo anteriormente descrito en la compresión. A los 90 días, la piel de las uvas rompió a menor fuerza (0,65 N) y energía (0,32 mJ), e igual coeficiente de elasticidad aparente ($0,82 \text{ N mm}^{-1}$) de punción que en la muestra inicial ($0,94 \text{ N}$, $0,65 \text{ mJ}$ y $0,80 \text{ N mm}^{-1}$) (Anexos II.5 y II.6).

El empleo de polipropileno no supuso modificaciones significativas en los parámetros reológicos de punción respecto a las uvas control. Tras 90 días de refrigeración, los frutos envasados en este polímero presentaron propiedades reológicas de punción similares al día

de la recolección (Anexo II.6). A diferencia de los resultados obtenidos en nuestro experimento, Martínez-Romero *et al.* (2003) encontraron una disminución progresiva en el coeficiente de elasticidad aparente en uva 'Flame Seedless' tras 18 días de refrigeración en atmósferas normal y modificada, que fue menos acusada al emplear las películas plásticas.

Para los **parámetros reológicos de penetración** se observó la interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$) (Anexo II.7). El polietileno indujo una disminución de la deformación hasta el punto de rotura (Dp2) y un aumento del coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp2), especialmente en el tercer mes, y el polipropileno supuso menores modificaciones respecto a la muestra inicial (Figura 4.14 y Anexo II.7), a semejanza de lo descrito en la punción (Anexo II.6).

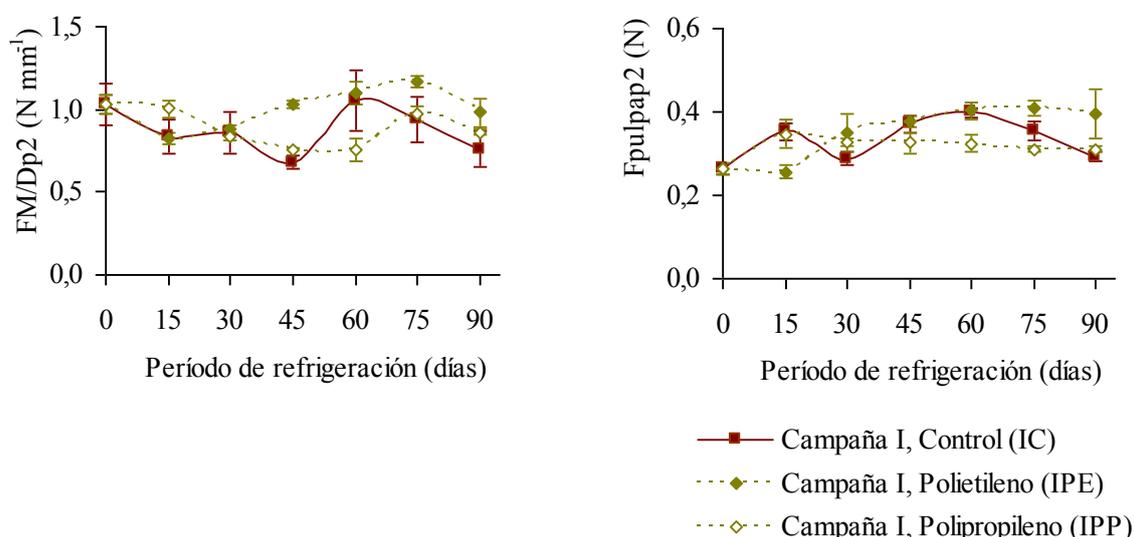


Figura 4.14. Coeficiente de elasticidad aparente de penetración (FM/Dp2) y firmeza de la pulpa (Fpulpap2) en uva almacenada en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas, a 0 °C.

Valor medio y desviación estándar.

A los 60 días, las uvas control y las envasadas en polietileno presentaron elevados valores de firmeza de los tejidos externos (FMp2 de 3,89 y 4,26 N, respectivamente), coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp2 de 1,05 y 1,10 N mm⁻¹), energía en el punto de rotura (Wp2 de 7,59 y 8,33 mJ) y firmeza de la pulpa (Fpulpap2 de 0,40 N) (Anexo II.7).

La firmeza de la pulpa (Fpulpap2) se mantuvo prácticamente inalterada en las uvas envasadas en polipropileno. Tras 90 días los frutos control (0,29 N) y en bolsas de

polipropileno (0,31 N) presentaron firmeza similar al día de la cosecha (0,26 N), e inferior a los envasados en polietileno (0,39 N) (Figura 4.14). En 'Crimson Seedless' y 'Autumn Royal' se observó una disminución de la firmeza de la pulpa tras refrigeración en atmósferas modificadas respecto al día de la cosecha (Valverde *et al.*, 2005a, 2005b; Valero *et al.*, 2006), a diferencia de los resultados obtenidos en nuestro experimento.

En uva 'Kyoho' la utilización de atmósfera controlada con 4 % de O₂ y 9 % de CO₂, composición similar a la atmósfera modificada de equilibrio de las bolsas de polipropileno, ocasionó menores cambios en la firmeza de la pulpa de que el almacenamiento en atmósfera normal (Deng *et al.*, 2006). Por otra parte, el empleo de un amplio rango de atmósferas controladas (3, 6 y 12 % de O₂ combinados con 5, 10, 15, 20 y 25 % de CO₂) no modificó la firmeza de la pulpa de uvas 'Red Globe' y 'Thompson Seedless' respecto al tratamiento comercial con aplicación de dióxido de azufre (Crisosto *et al.*, 2002a, 2002b).

A la vista de los resultados obtenidos, se puede concluir que la atmósfera generada en el interior de los envases de polietileno indujo un aumento en la resistencia a la deformación y a la rotura de la baya y tejidos externos, así como en la firmeza de la pulpa, mientras que el polipropileno preservó las características reológicas de la uva 'Red Globe'.

4.5.2.6. Evaluación sensorial

Los resultados presentados en la Figura 4.15 y en el Anexo II.8 muestran que el empleo de las atmósferas modificadas con las películas plásticas no supuso cambios en la *Intensidad de color de la piel*, *Firmeza de la pulpa*, *Sabor dulce* y *Apreciación global* de la uva 'Red Globe'. Uvas 'Reliance' y 'Saturn' almacenadas a 2 °C en cajas cubiertas con polietileno durante 7 y 10 semanas también presentaron *Color* y *Apreciación global* similares al control (Morris *et al.*, 1992), y el empleo de atmósfera controlada con 2 % de O₂ y 5 % de CO₂ no indujo modificaciones en la *Firmeza* de 'Thompson Seedless' tras dos meses a 0 °C (Yahia *et al.*, 1983).

Para la *Firmeza de la piel*, las uvas en los envases de polietileno obtuvieron una puntuación más elevada, mientras que el empleo del polipropileno no implicó modificaciones respecto al control (Figura 4.15). Otros autores encontraron una mejora en la *Firmeza* de uvas 'Napoleon' (41 días a 0 °C) y 'Autumn Seedless' (60 días a 0 °C) al emplear envases de polipropileno, en cuyo interior se generaron atmósferas con 14-18 %

de O₂ y 3-5 % de CO₂ y con 15 kPa de O₂ y 10 kPa de CO₂, respectivamente (Artés *et al.*, 2000; Artés-Hernández *et al.*, 2004).

En los atributos de textura, *Firmeza de la piel* y *Firmeza de la pulpa*, no se apreciaron cambios durante el período de refrigeración, mientras que las muestras analizadas a los 45 días fueron las peor valoradas en *Apreciación global* (Figura 4.15 y Anexo II.8).

Las puntuaciones para el *Sabor* estuvieron comprendidas entre 5,2 y 7,6, correspondientes a las uvas control tras 45 días y a las envasadas en polietileno a los 60 días de refrigeración, y no se encontraron diferencias respecto al día de la cosecha, con 7,1 puntos (Anexo II.8), coincidiendo con los resultados obtenidos en uva 'Napoleon' tras conservación prolongada en atmósfera normal y atmósferas modificadas pasivas y activas (Artés *et al.*, 2000). A los 60 días, no se apreciaron diferencias en el *Sabor* de uva 'Autumn Seedless' almacenada en atmósferas normal y modificada (Artés-Hernández *et al.*, 2004), a semejanza de lo observado en uva 'Kyoho' tras 45 días de refrigeración atmósferas normal y controlada con 4 % de O₂ y 9 % de CO₂ (Deng *et al.*, 2006).

Durante los tres meses de refrigeración los frutos control y los envasados en películas plásticas recibieron puntuaciones superiores a 5 en la *Apreciación global*, poniendo de manifiesto la elevada aptitud de 'Red Globe' para la conservación (Anexo II.8).

Además, los catadores no detectaron sabores/aromas extraños en uva 'Red Globe' envasada en polietileno y polipropileno (datos no presentados), con 14 % de O₂ y 2 % de CO₂ y 5 % de O₂ y 9 % de CO₂, respectivamente, a semejanza de lo observado en 'Autumn Seedless' tras 60 días a 0 °C en envases de polipropileno (5 kPa de O₂ y 15 kPa de CO₂) y 7 días de vida útil a 15 °C (Artés-Hernández *et al.*, 2004). Por el contrario, tras dos meses de almacenamiento se desarrollaron olores y/o sabores desagradables en 'Autumn Royal' y 'Thompson Seedless', en atmósferas con 7 % de O₂ y 4 % de CO₂ y con contenidos de dióxido de carbono superiores al 7 %, respectivamente (Lurie *et al.*, 2006). La diferente composición de la atmósfera de almacenamiento, así como el cultivar y el estado de madurez, pueden explicar las divergencias en la presencia de olores y/o sabores desagradables en uva (Crisosto *et al.*, 2002a, 2002b).

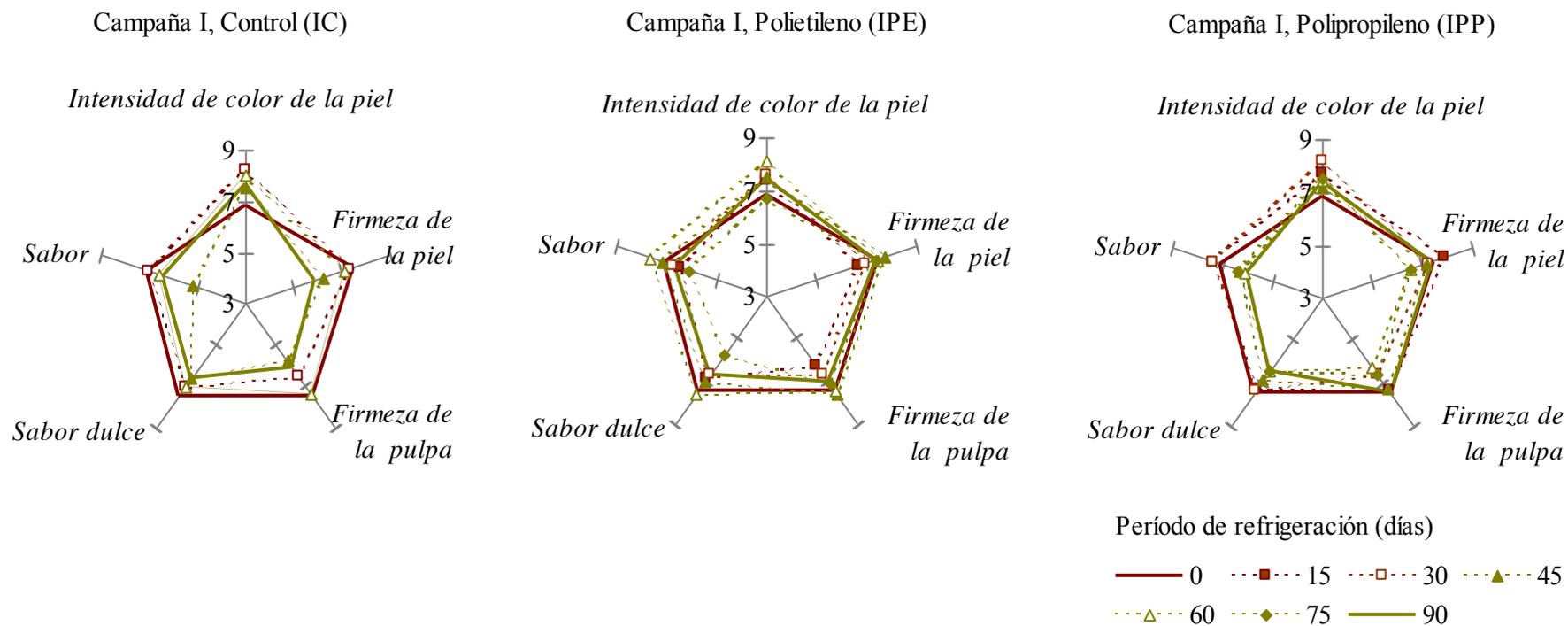


Figura 4.15. Evaluación sensorial de uva almacenada en atmósferas normal y modificadas con películas plásticas, a 0 °C.

Valor medio.

4.5.3. Empleo de recubrimientos de ésteres de sacarosa y de gelatina en refrigeración

4.5.3.1. Pérdidas de peso de los racimos

La Figura 4.16 y el Anexo III.1 muestran las pérdidas de peso de los racimos control (C) y con recubrimientos comestibles a base ésteres de sacarosa (E) y gelatina (G), almacenados a 0 °C y 90 % de humedad relativa, en dos campañas consecutivas (I y II).

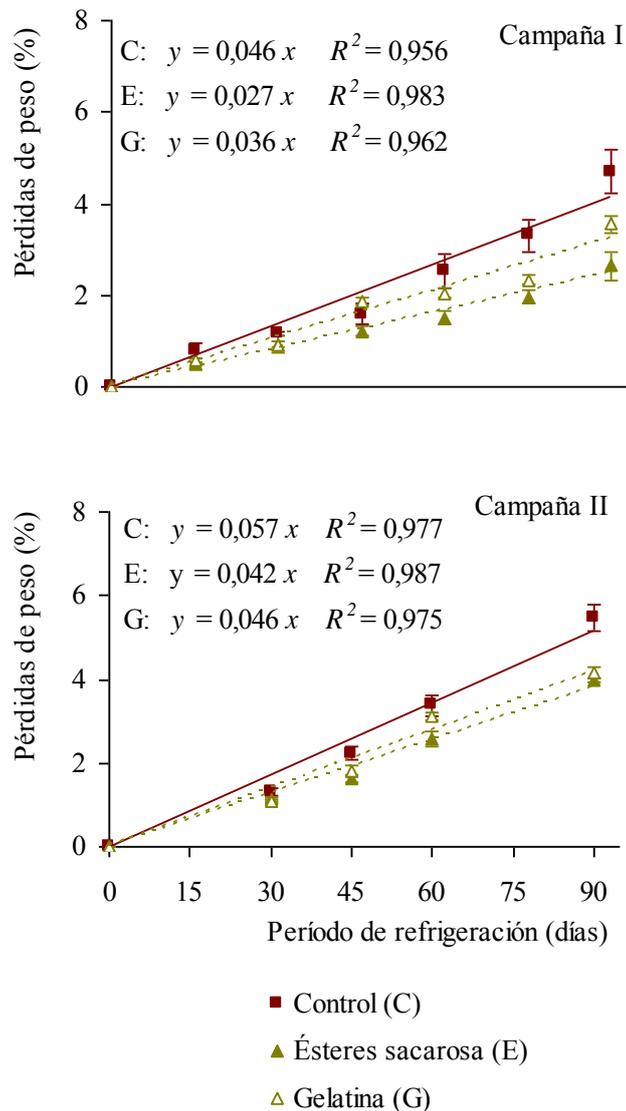


Figura 4.16. Pérdidas de peso de los racimos sin y con recubrimientos comestibles, almacenados a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

En el primer año, transcurridos 15 días de refrigeración se produjeron pérdidas de peso inferiores al 1 % en los racimos control y con los recubrimientos. Para períodos de conservación superiores a 60 días, el empleo de ambos recubrimientos comestibles redujo significativamente las pérdidas de peso ($p \leq 0,05$). Concretamente, después de tres meses de refrigeración los racimos experimentaron pérdidas de peso de 2,64 y 3,55 % con los ésteres de sacarosa y gelatina, respectivamente, frente a 4,70 % en el control (Figura 4.16).

En la segunda campaña, el empleo de los recubrimientos también redujo las pérdidas de peso, siendo más efectivo el de ésteres de sacarosa. A los 90 días se produjeron pérdidas de peso de 3,97, 4,15 y 5,48 % en los racimos con ésteres de sacarosa, gelatina y control, respectivamente (Figura 4.16).

Se ha demostrado el efecto beneficioso de los recubrimientos comestibles en la disminución de las pérdidas de peso en condiciones de refrigeración en diversos frutos, como granada, cereza y arándano con ésteres de sacarosa (Nanda *et al.*, 2001; Yaman y Bayındırlı, 2002; Duan *et al.*, 2011), y en uva y aguacate con gelatina (Fakhouri *et al.*, 2007; Aguilar-Méndez *et al.*, 2008).

El recubrimiento hidrofóbico a base de sucroésteres de ácidos grasos, debido a sus propiedades barrera al vapor de agua, fue más efectivo para controlar las pérdidas de peso que la gelatina. No obstante, la eficacia de los recubrimientos no se explica exclusivamente por sus características intrínsecas, como la permeabilidad de sus componentes al vapor de agua, sino que también depende de otros factores, como su adhesión a la superficie y evolución durante el almacenamiento (Smith *et al.*, 1987; Meheriuk y Lau, 1988). Además, la diversidad en la respuesta de los cultivares al empleo de recubrimientos comestibles está relacionada, en parte, con las diferentes tasas respiratorias y resistencias de la piel de los frutos a la difusión de los gases (Banks, 1985; Smith *et al.*, 1987; Banks *et al.*, 1993; Cisneros-Zevallos y Krochta, 2003). Como se ha referido anteriormente, las diferentes condiciones climáticas de las dos campañas podrían haber influido en la tasa respiratoria (Costa *et al.*, 2011) y en el desarrollo de la cutícula y de los recubrimientos céreos de las bayas (Rosenquist y Morrison, 1989; Comménil *et al.*, 1997; Conde *et al.*, 2007), lo que podría justificar la menor eficacia de los recubrimientos comestibles en la reducción de las pérdidas de peso en el segundo año (Figura 4.16).

La permeabilidad de los recubrimientos comestibles al vapor de agua es mucho más elevada que la de las películas plásticas (Buttler *et al.*, 1996), justificando que los recubrimientos sean menos eficaces que las películas de polietileno y polipropileno en el control de las pérdidas de peso (Anexos II.2 y III.1).

4.5.3.2. Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles

Los Anexos III.2 y III.3 muestran la evolución de los sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales durante el almacenamiento en condiciones de refrigeración, sin y con recubrimientos comestibles, donde destacan la diferencia entre las uvas de las dos campañas y la interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* en ambas campañas ($p \leq 0,05$).

Las uvas de la primera campaña presentaron índice de maduración y fenoles totales más elevados que las de la segunda (48-64 y 834-1163 mg kg⁻¹ en I y 35-46 y 467-667 mg kg⁻¹ en II). En ambas campañas la evolución de dichos parámetros está más asociada a las modificaciones que se produjeron durante el período de almacenamiento que al empleo de los recubrimientos comestibles ($F_{Pref} > F_{Trat}$), a semejanza de lo anteriormente descrito con las películas plásticas (Anexos II.3, III.2 y III.3).

En el primer año, las uvas con recubrimiento presentaron mayor contenido en sólidos solubles y acidez que las control. No obstante, y a pesar de las fluctuaciones durante el almacenamiento, a los 90 días los frutos de los tres tratamientos tenían un índice de maduración similar entre sí (54 en C, 56 en E y 59 en G) y al día de la recolección (61). Por otra parte, en la segunda campaña tuvo lugar un aumento del índice de maduración entre el inicio (38) y el final del almacenamiento (44 en C, 42 en E y 41 en G), asociado principalmente a la disminución de la acidez (Anexos III.2 y III.3).

Las bayas con ésteres de sacarosa presentaron mayor acidez que las control en ambas campañas (Figura 4.17), lo que supone un estado de maduración menos avanzado, a semejanza de los resultados obtenidos en manzana y mango (Drake *et al.*, 1987; Dhalla y Hanson, 1988; Chai *et al.*, 1991). No obstante, en arándano y granada, que son frutos no climatéricos como la uva, la aplicación de dichos recubrimientos no indujo cambios en la acidez y sólidos solubles totales en refrigeración (Nanda *et al.*, 2001; Duan *et al.*, 2011), tal y como sucede con los sólidos solubles totales en la segunda campaña (Figura 4.17).

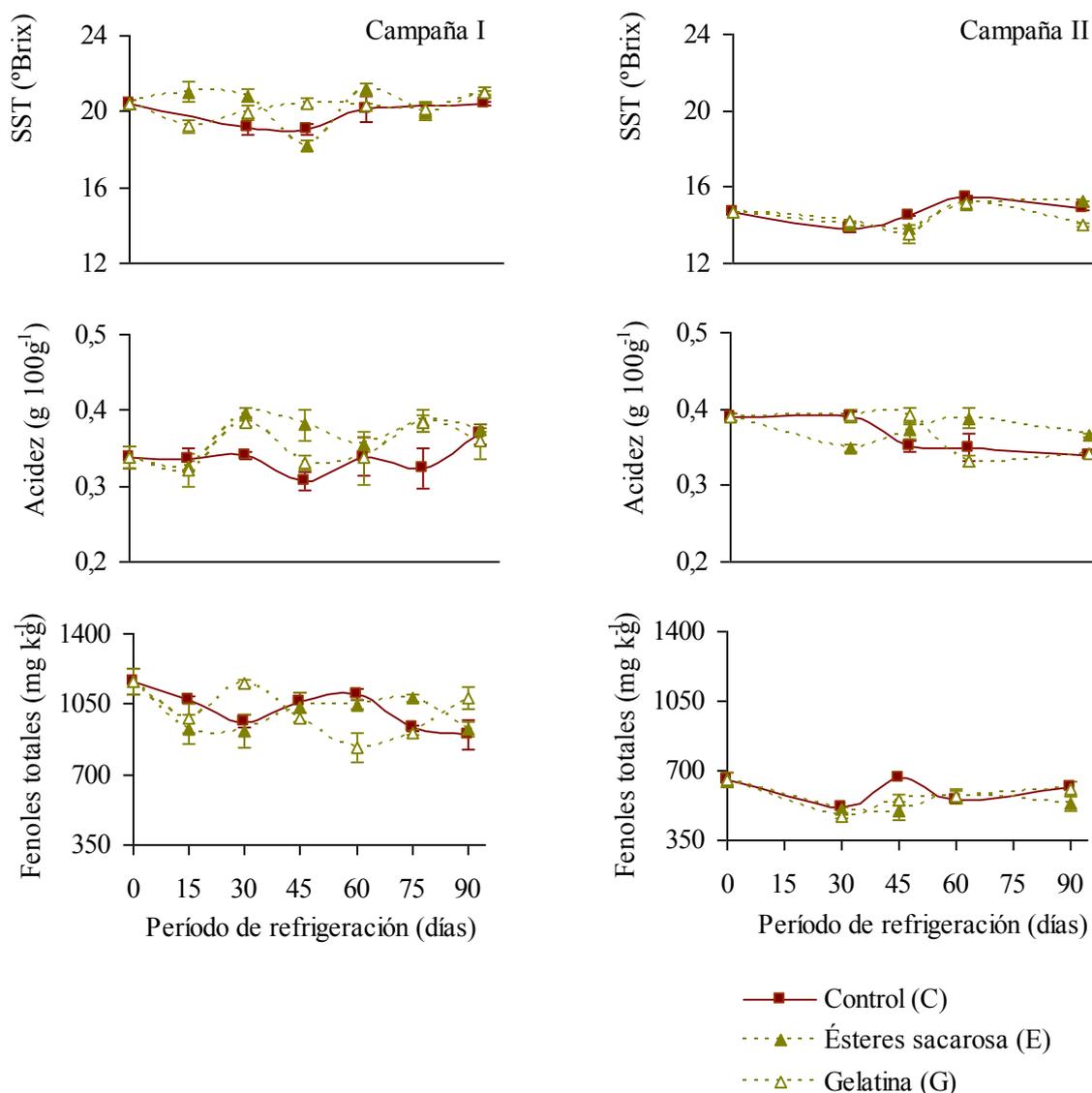


Figura 4.17. Sólidos solubles totales (SST), acidez y fenoles totales en uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

La polaridad de las proteínas confiere a los recubrimientos excelentes propiedades barrera al oxígeno, lo que provoca la modificación de la atmósfera interna y reducción de la tasa respiratoria de los productos hortofrutícolas (Krochta y Mulder-Johnston, 1997). En este sentido, los recubrimientos proteicos reducen el metabolismo oxidativo de los ácidos orgánicos de los frutos (Duan *et al.*, 2011), como puede observarse en el tratamiento con gelatina en la primera campaña. Sin embargo, el efecto del recubrimiento depende no solo de sus propiedades químicas y concentración en que se utiliza, sino también de las del fruto y de las condiciones de almacenamiento (Cisneros-Zevallos y Krochta, 2003). Así, Duan *et al.* (2011) al aplicar caseinato de calcio en dos cultivares de arándano, observaron que el

recubrimiento fue efectivo para controlar la acidez en 'Elliot', un cultivar tardío, pero no en 'Duke', un cultivar temprano y menos ácido.

En cuanto al contenido en fenoles, tanto las uvas control como con recubrimientos presentaron valores iguales o inferiores a los del día de la cosecha en ambas campañas (Figura 4.17), como sucedía con las películas plásticas (Anexo II.3). En la primera campaña, el empleo de los recubrimientos comestibles no supuso modificaciones en dichos compuestos. Por otra parte, en la segunda las uvas control presentaron un mayor contenido en fenoles, que parece estar asociado a la evolución del índice de maduración (Anexos III.2 y III.3). El empleo del recubrimiento de *Aloe vera* mantuvo el contenido en fenoles de uva en condiciones de refrigeración (Serrano *et al.*, 2006).

4.5.3.3. Coordenadas e índice de color

En ambas campañas los resultados obtenidos en las coordenadas de color revelaron una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$). El parámetro de color más sensible al empleo de recubrimientos comestibles fue el ángulo de tono (H) (F_{Trat} de 54 y 31 en I y II), a semejanza de lo anteriormente descrito para las películas plásticas. Las modificaciones que la luminosidad (L^*) y la coordenada b^* experimentaron en la primera campaña son debidas, en mayor medida, a la aplicación de recubrimientos ($F_{Trat} > F_{Pref}$), mientras que en la segunda están más asociadas al período de refrigeración ($F_{Pref} > F_{Trat}$) (Anexos III.4 y III.5).

Durante los tres meses de almacenamiento, en la primera campaña, las uvas control y con ésteres de sacarosa presentaron coordenadas de color de la piel similares al día de la cosecha. En la segunda campaña el empleo de ésteres de sacarosa supuso una disminución del ángulo de tono a los 90 días ($9,44^\circ$) respecto al día de la recolección ($19,1^\circ$). En ambas campañas, las uvas control y con ésteres de sacarosa presentaron luminosidad y ángulo de tono similares entre sí a los 90 días (Figura 4.18).

Las uvas con gelatina experimentaron un aumento en la luminosidad, de 28,4 en el día de cosecha a 34,9 al final del almacenamiento en el primer año (Figura 4.18), lo que podría estar relacionado con alteraciones en el recubrimiento, a semejanza de lo descrito por Bai *et al.* (2003) al emplear zeína en manzana.

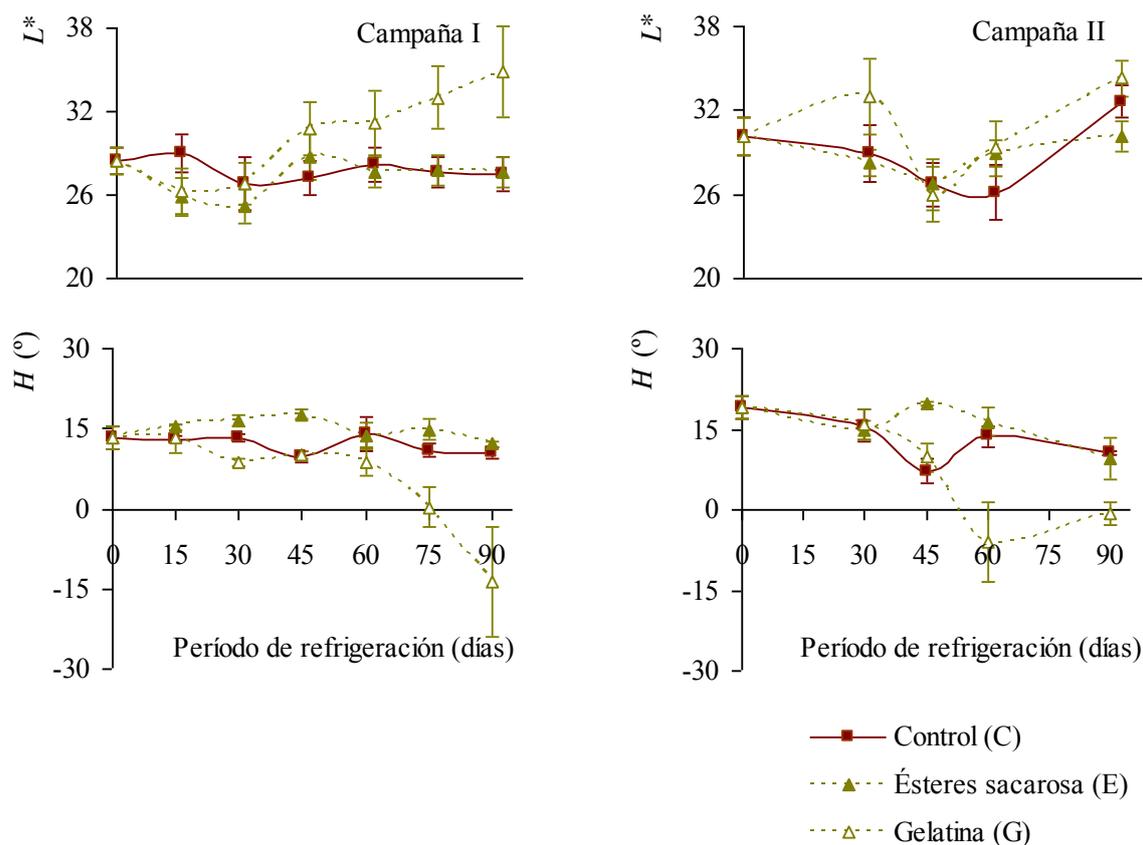


Figura 4.18. Luminosidad (L^*) y ángulo de tono (H) en uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

La gelatina también indujo una disminución del ángulo de tono, asociada exclusivamente a la disminución de b^* en la primera campaña, y a la disminución de a^* y b^* en la segunda, indicando una evolución del color de la piel hacia tonalidades violeta, para períodos de refrigeración superiores a 60 días en la primera campaña y 45 días en la segunda (Anexos III.4 y III.5). De hecho, entre el día de la cosecha y 90 días de refrigeración las uvas 'Red Globe' con gelatina experimentaron una disminución del ángulo de tono de 13,3° a -13,7° en la primera campaña y de 19,1° a -0,70° en la segunda (Figura 4.18). Contrariamente a nuestros resultados, en aguacate el empleo de un recubrimiento comestible a base de gelatina y almidón redujo las modificaciones en las coordenadas de color durante el almacenamiento refrigerado (Aguilar-Méndez *et al.*, 2008).

En el primer año destacan las muestras control y con ésteres de sacarosa analizadas a los 45 días, IC45 y IE45, con valores extremos en la cromaticidad (5,50 y 11,0, respectivamente), asociados principalmente al gradiente verde-rojo representado por la

coordinada a^* (5,38 y 10,4), lo que podría ser reflejo de su distinto estado de maduración (SST/Ac de 66 y 48) (Anexos III.2 y III.4).

En cuanto al índice de color, *CIRG*, el Anexo III.4 pone de manifiesto que en la primera campaña ni el empleo de recubrimientos ni el período de refrigeración implicaron modificaciones significativas ($p>0,05$). Según la clasificación propuesta por Carreño *et al.* (1995), la piel de las uvas presentó color *rojo* ($4<CIRG<5$), a excepción de las muestras IC45, IC75 y IG30 con color *rojo-oscuro* ($5<CIRG<6$). El color más oscuro podría justificarse por el estado de maduración más avanzado de dichas muestras control (66 y 62, respectivamente) y el elevado contenido en fenoles de la muestra con gelatina analizada a los 30 días (1153 mg kg^{-1}) (Anexo III.2).

En la segunda campaña, se observó una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* en la evolución de *CIRG* ($p\leq 0,05$). Tras refrigeración, las uvas con ésteres de sacarosa presentaron *CIRG* similar al día de la cosecha, mientras que en las control y con gelatina este índice de color experimentó un máximo en el segundo mes de almacenamiento. No obstante, en ambas campañas, tras 90 días las bayas control y con recubrimientos presentaron valores de *CIRG* similares al día de la cosecha, a pesar de los cambios encontrados en el ángulo de tono (Anexos III.4 y III.5).

La mayoría de las muestras analizadas en la segunda campaña presentaron *color rojo* ($4<CIRG<5$). El color *rojo-oscuro* de las bayas control analizadas a los 45 y 60 días podría ser consecuencia del elevado índice de maduración (41) y contenido en fenoles (667 mg kg^{-1}) en la primera, y del elevado índice de maduración (44) en la segunda. A su vez, las uvas con gelatina analizadas tras 45 y 60 días, con *CIRG* de 5,5 y 5,7, respectivamente, también se clasificarían con color de la piel *rojo-oscuro*, lo que en la muestra IIG60 podría ser debido al avanzado estado de maduración (46) (Anexos III.3 y III.5).

En lo que concierne al color de la piel de las uvas 'Red Globe', puede concluirse que la aplicación del recubrimiento de ésteres de sacarosa no supuso modificaciones importantes, mientras que el empleo de la gelatina implicó una evolución hacia el violeta y el desarrollo de una capa blanquecina en el segundo mes de refrigeración. Sin embargo, a los 90 días de refrigeración las bayas presentaron color *rojo* ($4<CIRG<5$) similar al día de la cosecha.

4.5.3.4. Parámetros reológicos

La evolución de los **parámetros reológicos de compresión** en la primera campaña muestra una interacción significativa entre los factores en estudio ($p \leq 0,05$), *Tratamiento postcosecha* y *Período de refrigeración*. La deformación de la baya hasta rotura (Dp) constituyó una excepción, produciéndose un aumento durante el almacenamiento, independientemente del empleo de recubrimientos comestibles (Anexo III.6).

En la primera campaña, la aplicación de los recubrimientos indujo un incremento en los coeficientes de elasticidad aparente (F3/Dp y FM/Dp), en la fuerza (FMp) y en la energía hasta rotura (Wp). A los 60 días, las uvas con ésteres de sacarosa mostraron elevada resistencia a la deformación y a la rotura, con F3/Dp de $2,62 \text{ N mm}^{-1}$, FM/Dp de $4,86 \text{ N mm}^{-1}$, FMp de 47,2 N y Wp de 178 mJ. Tras 90 días de refrigeración, los frutos con ambos recubrimientos presentaron mayor resistencia a la deformación y a la rotura que las control (Figura 4.19 y Anexo III.6).

Como puede observarse en el Anexo III.7, en el segundo año la evolución de la deformación, fuerza y coeficiente de elasticidad aparente en el punto de rotura muestran una interacción significativa entre *Tratamiento postcosecha* y *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$). Las modificaciones que dichos parámetros reológicos experimentaron fueron debidas, en mayor medida, al período de refrigeración ($F_{Pref} > F_{Trat}$). El empleo de recubrimientos comestibles no supuso cambios significativos en el coeficiente de elasticidad aparente del tramo inicial de la compresión (F3/Dp) ni en la energía para romper la baya ($p > 0,05$).

Tras el primer mes de refrigeración del segundo año las uvas presentaron un comportamiento reológico de compresión similar, independientemente del empleo de recubrimientos. Entre el inicio y el final del almacenamiento tuvo lugar un aumento de la fuerza (de 21,3 a 26,5 N) y del coeficiente de elasticidad aparente hasta rotura (de 2,22 a $2,95 \text{ N mm}^{-1}$) en las bayas con ésteres de sacarosa, mientras que las control (19,8 N y $2,27 \text{ N mm}^{-1}$) y con gelatina (24,0 N y $2,45 \text{ N mm}^{-1}$) tenían propiedades de compresión similares al día de la cosecha (Figura 4.19 y Anexo III.7).

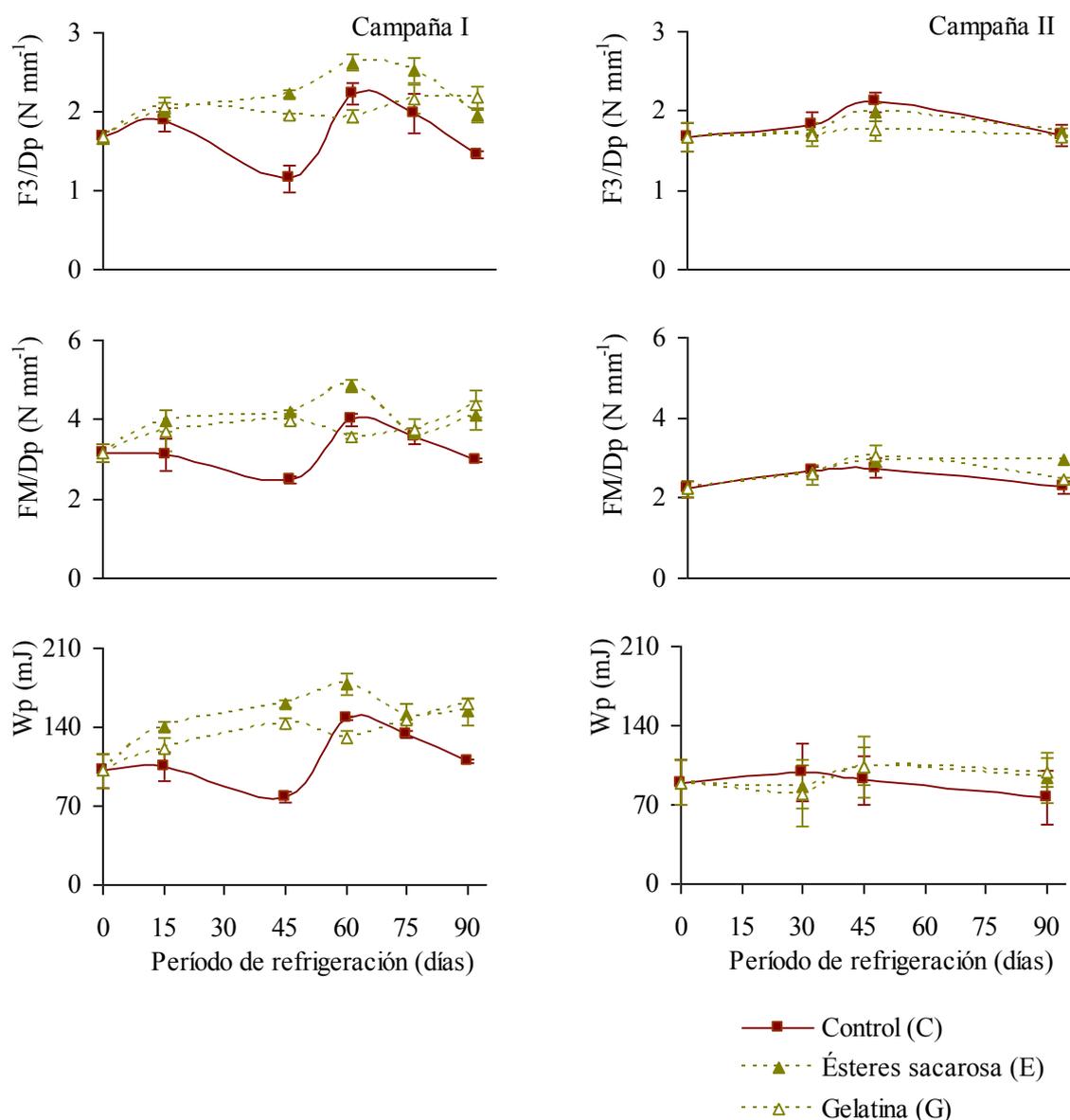


Figura 4.19. Coeficientes de elasticidad aparente (F3/Dp y FM/Dp) y energía (Wp) en la compresión de uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

Los resultados obtenidos indican que los ésteres de sacarosa provocaron un aumento en la resistencia a la deformación y a la rotura de la baya en ambas campañas, siendo este efecto más notorio en la primera. El recubrimiento de gelatina también provocó un aumento en dichas propiedades en el primer año, sin embargo, en el segundo su empleo no supuso modificaciones respecto al control. En las dos campañas la evolución de la deformación hasta rotura de la baya se debe, en mayor medida, al período de almacenamiento, mientras

que para el resto de los parámetros reológicos de compresión está más asociada al empleo de recubrimientos en la primera campaña y al período en la segunda.

En cuanto a los **parámetros reológicos de punción**, los Anexos III.8 y III.9 muestran la interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* para todos los parámetros evaluados en las dos campañas ($p \leq 0,05$).

En la primera campaña, el empleo de recubrimientos supuso menores cambios en la firmeza de la piel (FMag) que el tratamiento control. Durante los tres meses, las uvas con recubrimientos mantuvieron prácticamente constante la firmeza de la piel (0,82-1,05 N), mientras que las control experimentaron una disminución entre el inicio y el final (de 0,94 a 0,67 N). A los 90 días, los frutos sin y con recubrimientos comestibles presentaron coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dag) y energía hasta rotura (Wag) similares entre sí y al día de la cosecha (Figura 4.20 y Anexo III.8).

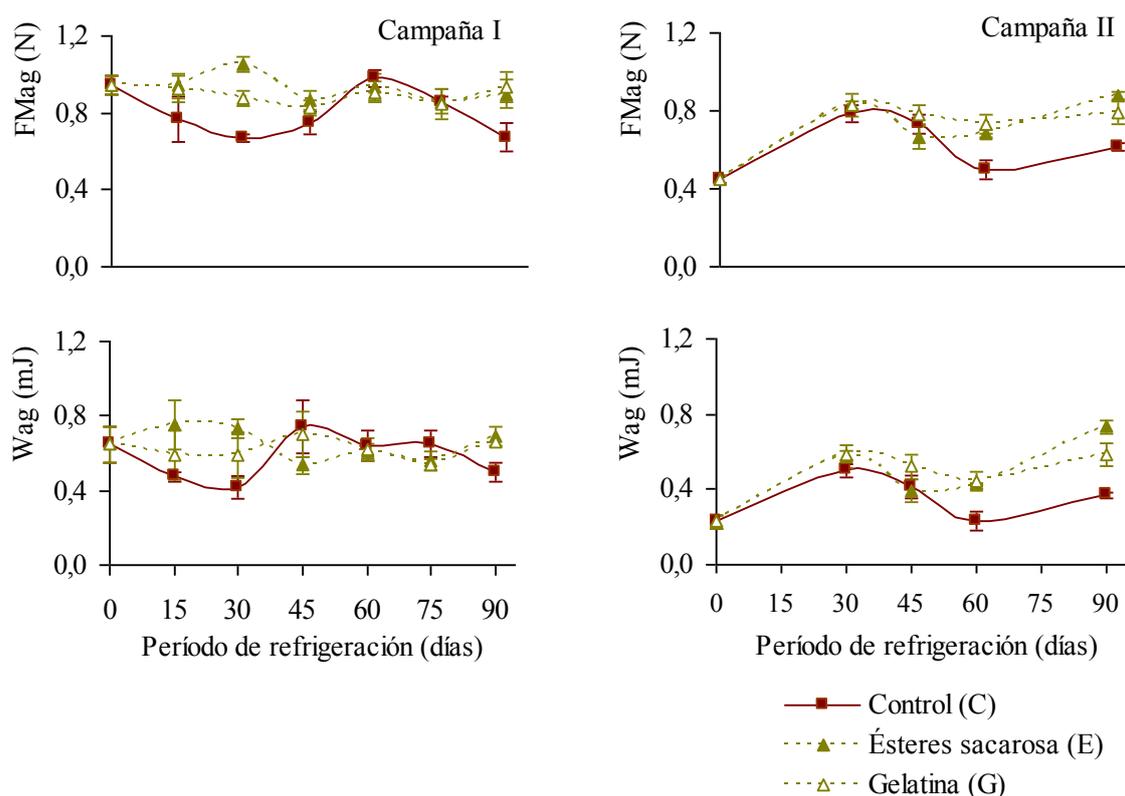


Figura 4.20. Fuerza (FMag) y energía (Wag) de punción en uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

Tras refrigeración, la rotura de la piel de las uvas del primer año se produjo a una deformación similar al día de la recolección (Dag, 1,27 mm), a excepción de las muestras control y con gelatina analizadas a los 45 días (IC45 y IG45). Estas uvas destacan por su elevada deformación hasta rotura (1,94 y 1,70 mm en IC45 y IG45, respectivamente) y bajo coeficiente de elasticidad aparente (0,42 y 0,53 N mm⁻¹) (Anexo III.8), lo que podría atribuirse al avanzado estado de maduración para IC45 (con baja acidez, elevado SST/Ac y bajos a^* y b^*) (Anexos III.3 y III.5) (Figura 4.16).

Las modificaciones producidas en los parámetros reológicos de punción de las uvas del segundo año son debidas, en mayor medida, al período de almacenamiento ($F_{Pref} > F_{Trat}$), a semejanza de lo anteriormente referido para los de compresión (Anexos III.7 y III.9).

En el primer mes de almacenamiento de la segunda campaña se produjo un aumento de la deformación hasta rotura (de 0,90 mm a 1,17-1,35 mm), de la firmeza de la piel (de 0,45 N a 0,79-0,83 N), del coeficiente de elasticidad aparente (de 0,56 a 0,66-0,72 N mm⁻¹) y de la energía hasta rotura (de 0,23 a 0,50-0,58 mJ), tanto en las uvas control como con recubrimientos. En el tercer mes, la rotura de la piel se produjo a una deformación, fuerza y energía menor en las bayas control que con los recubrimientos, siendo el coeficiente de elasticidad aparente similar en los tres tratamientos. De hecho, a los 90 días la rotura de la piel de las uvas control se produjo a una menor deformación (1,01 mm), firmeza (0,62 N) y energía (0,37 mJ) que para los frutos con ésteres de sacarosa y gelatina (1,58 y 1,29 mm; 0,88 y 0,79 N; 0,73 y 0,58 mJ). Ambos recubrimientos indujeron modificaciones similares en los parámetros reológicos de punción estudiados (Figura 4.20 y Anexo III.9).

Por lo tanto, en la primera campaña ambos recubrimientos comestibles preservaron, principalmente, la firmeza de la piel durante el almacenamiento, mientras que en el segundo año las principales modificaciones en los parámetros reológicos de punción se produjeron en el primer mes de refrigeración. Además, en la segunda campaña el efecto del período de refrigeración en dichos parámetros fue más importante que el empleo de los recubrimientos, a semejanza de lo indicado para los parámetros de compresión.

Respecto a los parámetros **reológicos de penetración**, en ambas campañas los resultados obtenidos revelan una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de refrigeración* ($p \leq 0,05$) (Anexos III.10 y III.11).

En la primera campaña los cambios producidos en el coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp_2), firmeza de los tejidos externos (FMp_2) y energía (Wp_2) hasta el punto de rotura son debidos, en mayor medida, a la aplicación de los recubrimientos ($F_{Trat} > F_{Pref}$). Durante la refrigeración, ambos recubrimientos indujeron menores cambios en el coeficiente de elasticidad aparente y en la firmeza de los tejidos externos que el control y, paralelamente, aumentaron la firmeza de la pulpa (F_{pulpap_2}) (Figura 4.21 y Anexo III.10).

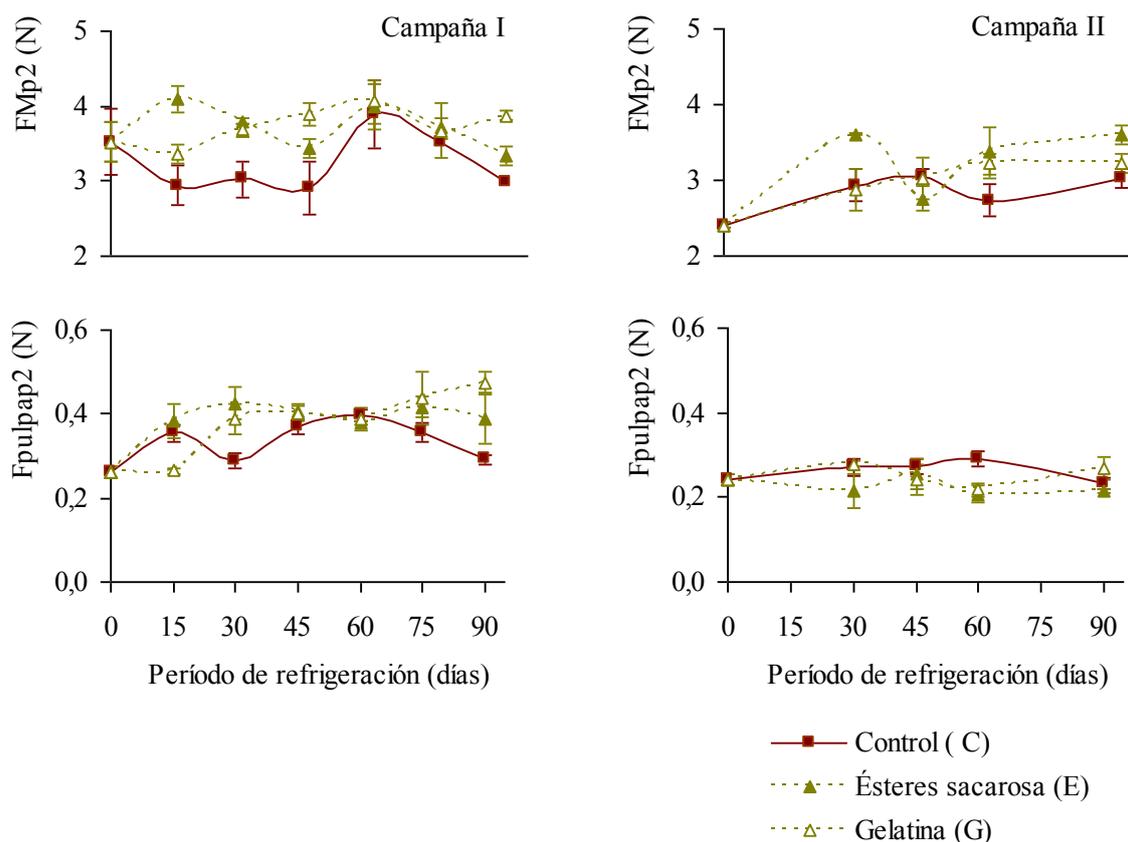


Figura 4.21. Firmeza de la piel y tejidos contiguos (FMp_2) y firmeza de la pulpa (F_{pulpap_2}) en uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio y desviación estándar.

En el segundo año, las modificaciones producidas en el coeficiente de elasticidad aparente, firmeza de los tejidos externos y energía hasta rotura están más asociadas al período de almacenamiento que al empleo de los recubrimientos comestibles ($F_{Pref} > F_{Trat}$). De forma general, los ésteres de sacarosa aumentaron la firmeza de los tejidos externos, la deformación (Dp_2) y la energía hasta rotura y disminuyeron la firmeza de la pulpa, mientras que la gelatina no modificó los parámetros reológicos de penetración respecto al control. Las uvas presentaron coeficientes de elasticidad aparente comprendidos entre 0,72

y $0,97 \text{ N mm}^{-1}$, correspondientes a las muestras analizadas en el día de la cosecha y tras 45 días de refrigeración con ésteres de sacarosa (Figura 4.21 y Anexo III.11).

Según Banks *et al.* (1993) y Cisneros-Zevallos y Krochta (2003) los recubrimientos comestibles permiten controlar la respiración y senescencia de los frutos de forma similar a las atmósferas modificadas. Por tanto, el efecto de los recubrimientos en la firmeza se puede atribuir a que éstos probablemente modificaron la atmósfera interna de las uvas respecto a la de los frutos control. El empleo de recubrimientos comestibles compuestos a base de ésteres de sacarosa, en condiciones de refrigeración, redujo las modificaciones en los parámetros reológicos en varios productos hortofrutícolas (Carrillo-Lopez *et al.*, 2000; Nanda *et al.*, 2001; Yaman y Bayoindurlı, 2002; Schreiner *et al.*, 2003), lo que podría estar asociado a una menor degradación de las sustancias pécticas de las paredes celulares (Schreiner *et al.*, 2003). No obstante, también existen evidencias en la literatura de que el empleo de estos recubrimientos en peras redujo la pérdida de la firmeza de la pulpa, a pesar de que no supuso modificaciones en la actividad de las enzimas pectinesterasas, poligalacturonasas y celulasas (Zhou *et al.*, 2011).

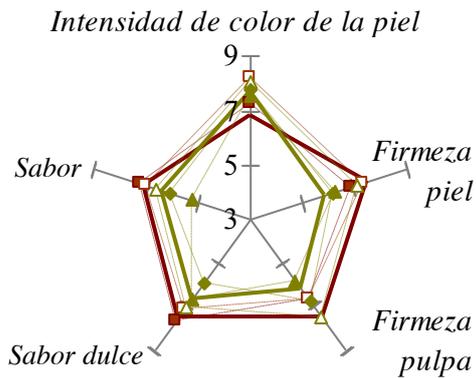
En general, podemos concluir que las modificaciones en los parámetros reológicos son debidas principalmente al empleo de recubrimientos en el primer año, mientras que en el segundo se pueden atribuir, en mayor medida, al período de almacenamiento. Esto pone de manifiesto que la eficacia del recubrimiento depende de la calidad de la uva de partida, teniendo una mayor eficacia en fruta de buena calidad.

4.5.3.5. Evaluación sensorial

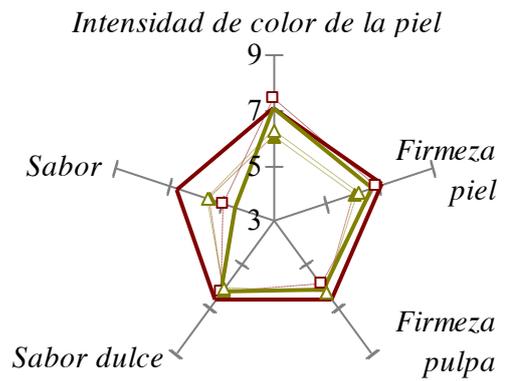
En la primera campaña el empleo de los ésteres de sacarosa supuso un aumento en la valoración de la textura, *Firmeza de la piel* y *Firmeza de la pulpa*, y la aplicación de ambos recubrimientos no modificó la *Intensidad de color de la piel* ni el *Sabor dulce* (Figura 4.22 y Anexo III.12).

Durante el almacenamiento no se apreciaron cambios en la *Firmeza de la piel*, *Firmeza de la pulpa* e *Intensidad de color de la piel*, mientras que el *Sabor dulce* disminuyó ligeramente. A los 90 días de refrigeración, los catadores otorgaron puntuaciones similares al *Sabor* de las uvas sin (6,4) y con recubrimientos (6,2 en E y 6,0 en G), sin diferencias respecto al día de la cosecha (7,1) (Figura 4.22 y Anexo III.12).

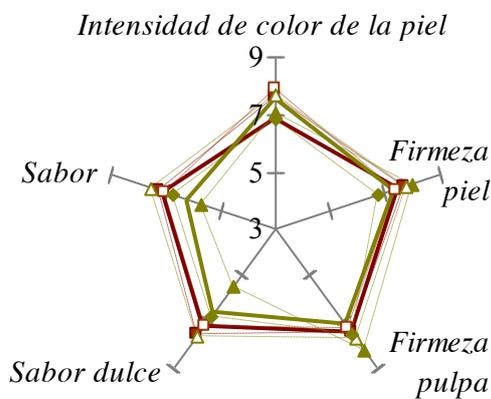
Campaña I, Control (IC)



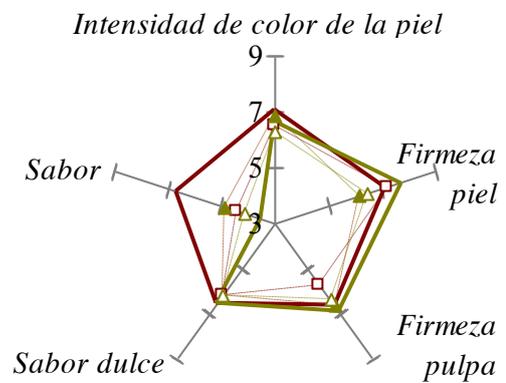
Campaña II, Control (IIC)



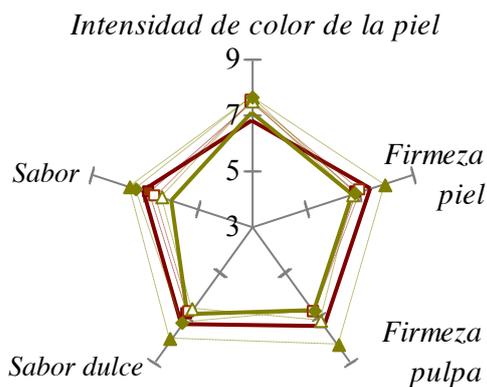
Campaña I, Ésteres de sacarosa (IE)



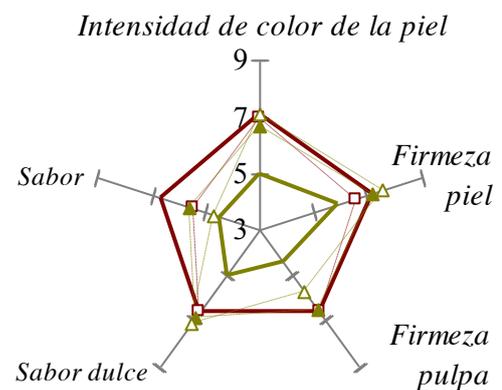
Campaña II, Ésteres de sacarosa (IIE)



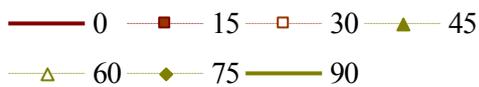
Campaña I, Gelatina (IG)



Campaña II, Gelatina (IIG)



Período refrigeración (días)



Período refrigeración (días)

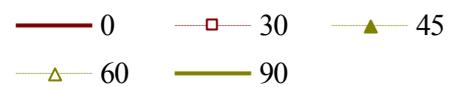


Figura 4.22. Evaluación sensorial de uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio.

El empleo de los ésteres de sacarosa no supuso modificaciones sensoriales en granada tras 12 semanas a 8 °C (Nanda *et al.*, 2001) ni en kiwi tras 2 semanas a 3 °C (Fisk *et al.*, 2008). Fakhouri *et al.* (2007) encontraron que el empleo de gelatina no afectó al *Sabor* y mejoró la *Firmeza* en uva 'Crimson'. De forma similar, la aplicación del recubrimiento de gelatina de colza mejoró la *Firmeza* de fresas tras la refrigeración (Jang *et al.*, 2011).

En la segunda campaña, la *Intensidad de color de la piel* recibió puntuaciones comprendidas entre 5,0 y 7,4, correspondientes a la muestra con gelatina a los 90 días (IIG90) y a la control tras 30 días de refrigeración (IIC30) (Figura 4.22 y Anexo III.13).

Respecto a los descriptores de textura, la muestra IIG90 obtuvo las menores puntuaciones, con 5,9 puntos en la *Firmeza de la piel* y 4,4 puntos en la *Firmeza de la pulpa*, siendo las valoraciones más elevadas para los frutos con ésteres de sacarosa a los 90 días, con 7,7 y 6,8 puntos, respectivamente. En efecto, para estos tres descriptores se produjo una interacción significativa entre los factores estudiados ($p \leq 0,05$), *Tratamiento postcosecha* y *Período de refrigeración* (Figura 4.22 y Anexo III.13).

Las uvas del segundo año, control y con recubrimientos, mantuvieron prácticamente constante el *Sabor dulce* durante los tres meses, mientras que en el *Sabor* se produjo una disminución tras 30 días, más acusada en los frutos con ésteres de sacarosa (4,4 en E, 4,9 en C y 5,5 puntos en G frente a 6,7 puntos en II0). De hecho, las uvas con ésteres de sacarosa preservaron su color y textura durante el almacenamiento, siendo el *Sabor* el descriptor sensorial que las penalizó (Figura 4.22). Otros autores refieren la formación de sabores/aromas extraños al emplear estos recubrimientos, frecuentemente asociada a la acumulación de etanol en la pulpa (Dhalla y Hanson, 1988; Dang *et al.*, 2008).

En cuanto a la *Apreciación global*, en el primer año las puntuaciones fueron superiores a 5, comprendidas entre 5,5 en IE45 y 7,9 en IG45, lo que indica la aceptación de los frutos por parte del panel y su aptitud para la comercialización durante los tres meses de refrigeración. En la segunda campaña solo las uvas con gelatina cumplían los requisitos mínimos para la comercialización tras 90 días (5,3 puntos). A los 60 días, los frutos control todavía serían aptos para comercializarse (5,9 puntos), mientras que a los 30 días las uvas con ésteres de sacarosa ya no serían comercializables (4,7 puntos) (Figura 4.23).

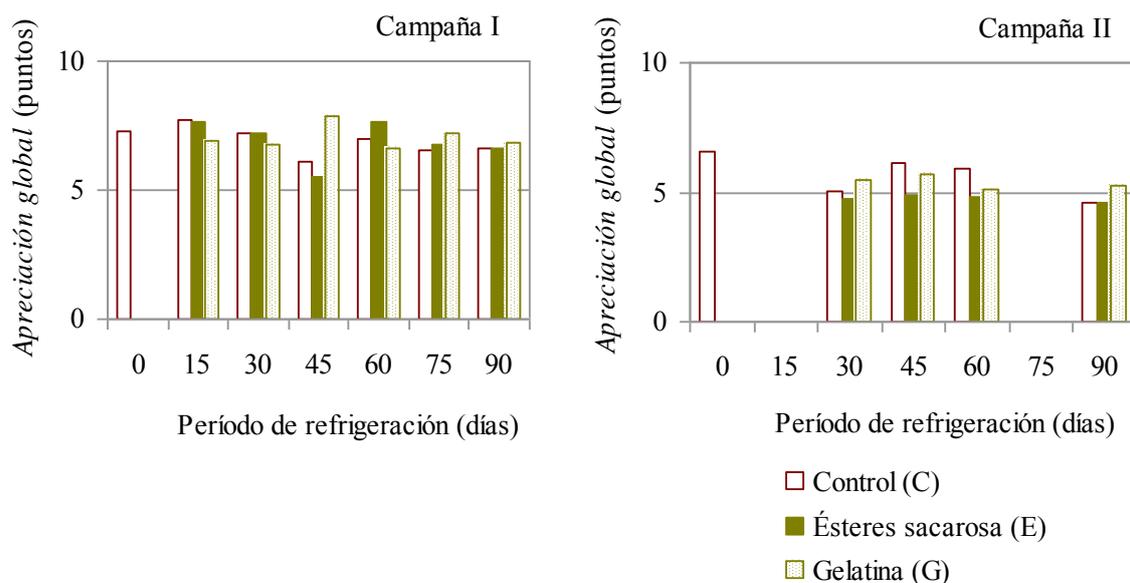


Figura 4.23. *Apreciación global* de uva sin y con recubrimientos comestibles, almacenada a 0 °C y 90 % de humedad relativa.

Valor medio.

A la vista de los resultados obtenidos en la evaluación sensorial, podemos concluir que el empleo de los recubrimientos comestibles no aportó modificaciones a la *Intensidad de color* de las bayas en ambas campañas. En el primer año las uvas control y con los recubrimientos comestibles podrían ser comercializadas hasta los 90 días de refrigeración, y el empleo de los ésteres de sacarosa aumentó la *Firmeza de la piel* y la *Firmeza de la pulpa* sin que tuviera un reflejo importante en la *Apreciación global*. En la segunda campaña, el empleo de la gelatina permitió una extensión del período de refrigeración hasta 90 días, frente a 60 días en el control, mientras que a los 30 días las uvas con ésteres de sacarosa no cumplían los requisitos mínimos para comercialización.

4.5.4. Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil tras la refrigeración

4.5.4.1. Pérdidas de peso de los racimos

En la Figura 4.24 se muestran las pérdidas peso de los racimos 'Red Globe' de la segunda campaña (II), sin y con recubrimientos comestibles, tras 30 y 60 días de refrigeración, a 0 °C y 90 % de humedad relativa, más 8 días en vida útil a 20 °C y 40 % de humedad

relativa. Como se describió en Materiales y Métodos, apartado 4.3.4, se designa período de comercialización al tiempo de almacenamiento refrigerado más vida útil.

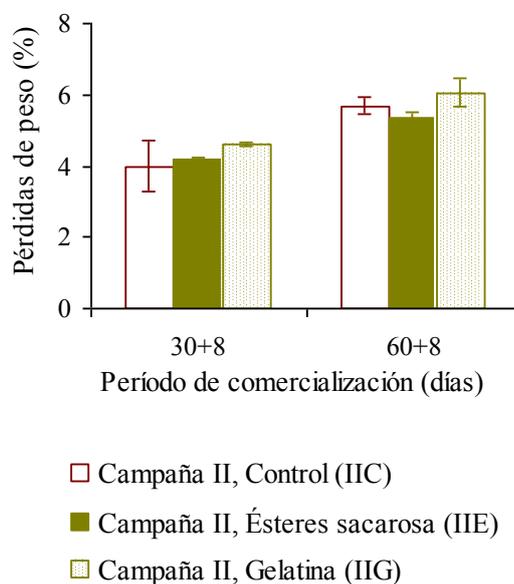


Figura 4.24. Pérdidas de peso de los racimos sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.

Valor medio y desviación estándar.

Los racimos con recubrimientos comestibles experimentaron pérdidas de peso similares al control ($p > 0,05$). Sin embargo, en los racimos con ésteres de sacarosa dichas mermas fueron menores que en los que se aplicó gelatina. A los 60+8 días de comercialización, las pérdidas de peso superaron el 5 % en todos los tratamientos (Figura 4.24 y Anexo IV.1).

4.5.4.2. Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles

Para los parámetros físico-químicos de uva existe una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de comercialización* ($p \leq 0,05$). Las modificaciones producidas en la acidez y en el índice de maduración (SST/Ac) son debidas, en mayor medida, al empleo de recubrimientos ($F_{Trat} > F_{Pref+vu}$), mientras que los cambios en los fenoles totales están más asociados al período ($F_{Pref+vu} > F_{Trat}$) (Anexo IV.2).

Tras el período de comercialización, en las uvas control se produjo una disminución de la acidez y de los fenoles totales, y el contenido en sólidos solubles se mantuvo prácticamente constante (Figura 4.25 y Anexo IV.2). En uvas 'Napoleón' y 'Autumn Seedless' después

de un período de refrigeración y vida útil el contenido en sólidos solubles fue similar al del día de la cosecha (Artés-Hernández *et al.*, 2003, 2004), corroborando nuestros resultados. Otros autores encontraron un aumento en los sólidos solubles de 'Kyoho' y 'Jingxiu', mientras que la acidez permaneció constante (Meng *et al.* 2008; Chen *et al.*, 2011).

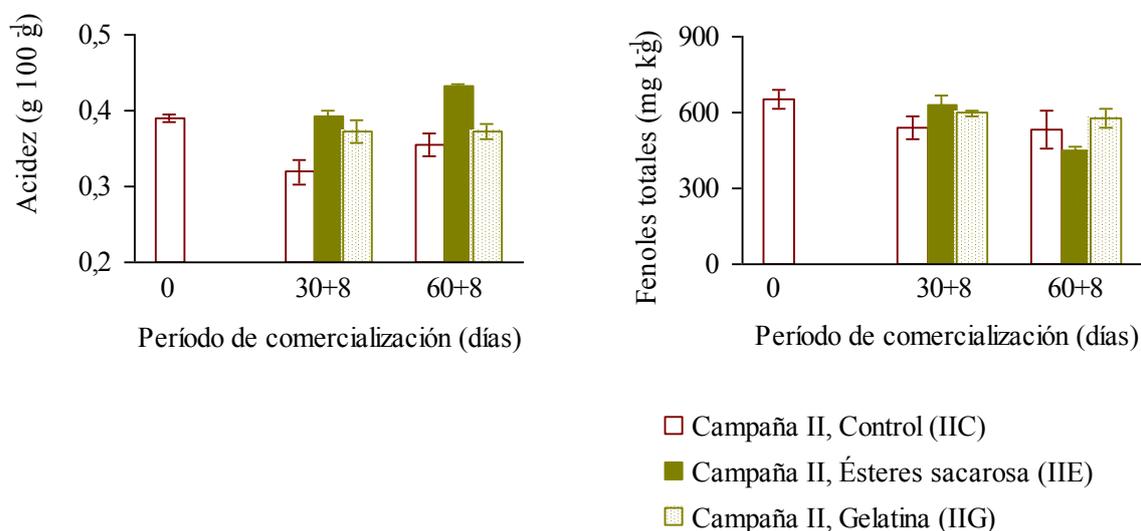


Figura 4.25. Acidez y fenoles totales en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.

Valor medio y desviación estándar.

El empleo de los recubrimientos supuso menores cambios en la acidez que en las uvas control y los frutos presentaron un índice de maduración similar al día de la cosecha (38), con excepción de la muestra control analizada a los 30+8 días (45) y la de ésteres de sacarosa analizada tras 60+8 días (32). La muestra IIE60+8, con 13,7 °Brix y acidez de 0,43 g 100 g⁻¹, podría encontrarse en un estado de madurez menos avanzado (Anexo IV.2). En otros cultivares de uva de mesa la evolución de SST/Ac fue más pronunciada, como sucedió en uva 'Autumn Royal' en que se produjo un aumento de 38 a 83 entre el día de la recolección y 56 días a 1 °C más 2 días de vida útil (Valero *et al.*, 2006).

En cuanto a la evolución de los fenoles totales, la aplicación de los recubrimientos no supuso modificaciones significativas respecto al control. No obstante, se produjo una disminución que fue más acusada en las uvas con los ésteres de sacarosa que con la gelatina, como puede observarse en la Figura 4.25.

4.5.4.3. Coordenadas e índice de color

Para el ángulo de tono (H), la coordenada b^* y la luminosidad se observó una interacción significativa entre los factores en estudio en este experimento, *Tratamiento postcosecha* y *Período de comercialización* ($p \leq 0,05$). El ángulo de tono fue el que experimentó mayores modificaciones debidas al empleo de los recubrimientos y al transcurso del almacenamiento (F_{Trat} de 16 y $F_{Pref+vu}$ de 743) (Anexo IV.3).

Entre el día de la cosecha (19,1°) y 30+8 días se produjo una disminución en el ángulo de tono, que fue más pronunciada en las uvas con gelatina (3,09°) que en las control (12,2°) y con ésteres de sacarosa (15,1°) (Figura 4.26), a semejanza de lo anteriormente descrito en condiciones de refrigeración (Figura 4.18). Tras 60+8 días, en las uvas de todos los tratamientos se observó un abrupto aumento del ángulo de tono, alcanzando 44,6-48,7°, asociado principalmente al incremento de b^* . En la cromaticidad se produjo una disminución entre el día de la recolección y 30+8 días, de 9,49 a 3,42-5,42, independientemente del empleo de recubrimientos comestibles. A los 60+8 días las uvas tenían cromaticidad similar a la registrada a los 30+8 días. En la última fecha de muestreo no se observaron diferencias entre tratamientos en las coordenadas de color evaluadas (Anexo IV.3). Así, el color de la piel de las uvas 'Red Globe' evolucionó de un rojo a un rojo más puro y posteriormente a rosa, y esta pauta de evolución del tono fue acompañada por una disminución en la intensidad o viveza del color.

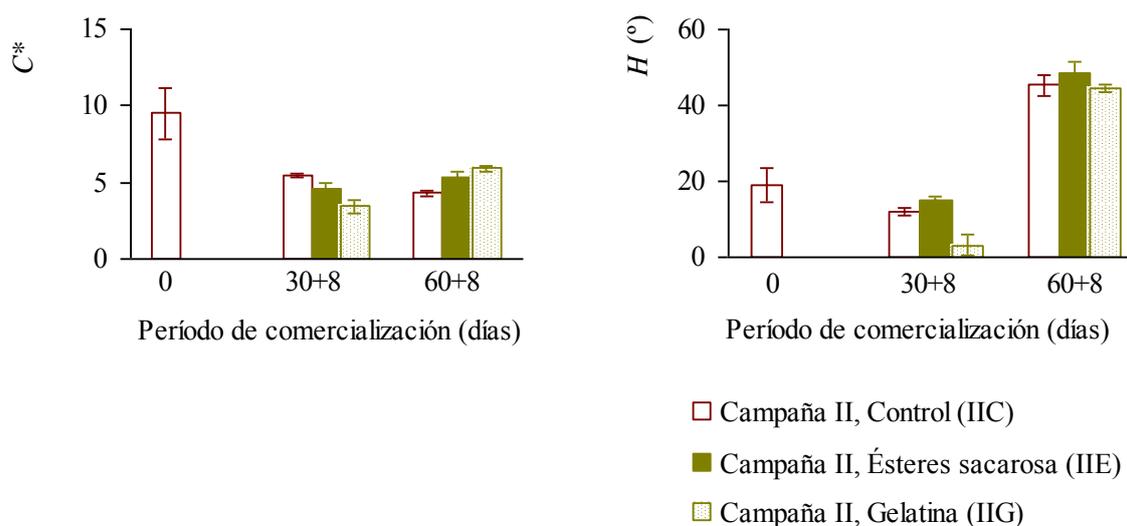


Figura 4.26. Cromaticidad (C^*) y ángulo de tono (H) en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.

Valor medio y desviación estándar.

Tras refrigeración, en otros cultivares de uva de mesa también se registró un aumento del ángulo de tono. Por ejemplo, ‘Flame Seedless’ experimentó un aumento de 21 a 31° entre el día de la cosecha y 18 días (Martínez-Romero *et al.*, 2003) y en ‘Crimson Seedless’ el ángulo de tono pasó de -5 a 16° tras 35 días (Valverde *et al.*, 2005a). Por otra parte, después de 38 días a 0 °C más 6 días a 15 °C, uva ‘Napoleón’ presentaba valores de luminosidad, cromaticidad y ángulo de tono similares al día de la cosecha (Artés-Hernández *et al.*, 2003).

En cuanto al índice de color, *CIRG*, se produjo un aumento entre el día de la cosecha y 30+8 días, seguido de una disminución a los 60+8 días, independientemente del tratamiento postcosecha empleado, indicando una evolución del color de la piel de *rojo* (4,1) a *rojo oscuro* (5,0-5,4), y posteriormente a *rosa* (3,7-3,9) (Figura 4.27).

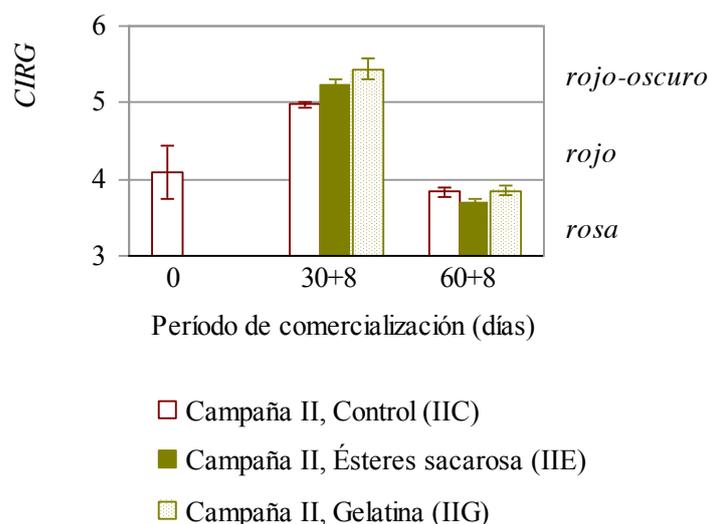


Figura 4.27. Índice de color (*CIRG*) en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.

Valor medio y desviación estándar.

4.5.4.4. Parámetros reológicos

Tras el período de comercialización, la evolución de los **parámetros reológicos de compresión** muestra que la rotura en las uvas con gelatina se produjo a menor deformación (D_p) que en las control y con ésteres de sacarosa, y que el empleo de los recubrimientos comestibles no tuvo un efecto significativo en el coeficiente de elasticidad aparente, medido en el tramo inicial de la compresión de la baya (F_3/D_p), la fuerza (FM_p) ni en la energía en el punto de rotura (W_p) ($p > 0,05$) (Figura 4.28 y Anexo IV.4).

De una forma general, tras el período de comercialización tuvo lugar una disminución en el coeficiente de elasticidad aparente medido en el tramo inicial de la compresión y un aumento de la fuerza en el punto de rotura, sin que se produjeran modificaciones en la energía aplicada para romper las bayas (Anexo IV.4).

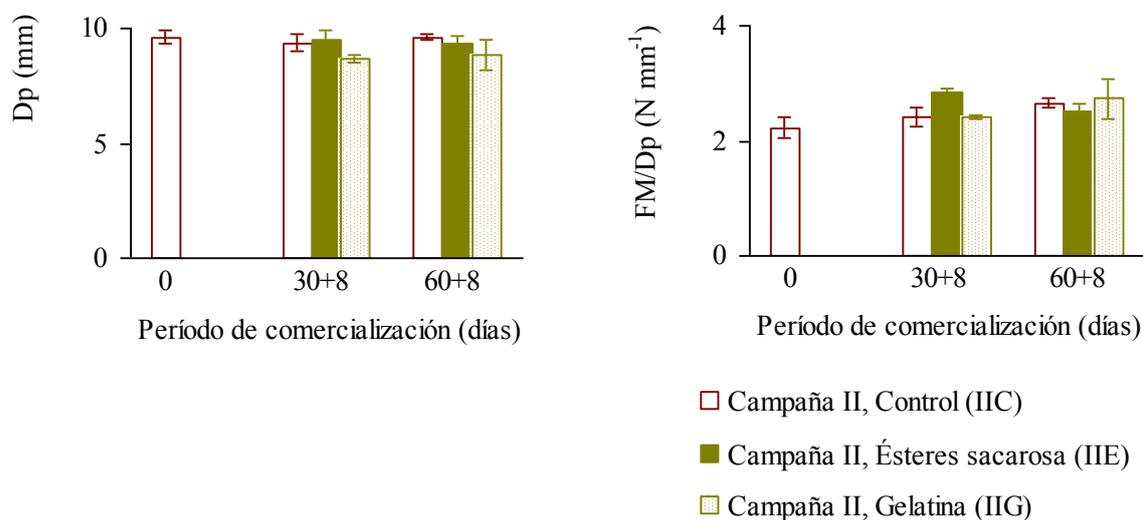


Figura 4.28. Deformación (Dp) y coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp) de compresión en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.

Valor medio y desviación estándar.

Para el coeficiente de elasticidad aparente en el punto de rotura (FM/Dp), tras 30+8 y 60+8 días no se produjeron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0,05$) y las uvas presentaron valores similares al día de la cosecha (2,22 N mm⁻¹), excepto para las muestras IIE30+8 (2,86 N mm⁻¹) y IIG60+8 días (2,74 N mm⁻¹) (Figura 4.28 y Anexo IV.4).

Respecto a los **parámetros reológicos de punción**, en los tres tratamientos la piel de las uvas rompió a una deformación (Dag) similar a los 30+8 y 60+8 días, con 1,38-1,56 mm y 1,38-1,45 mm, y superior a la del día de la cosecha con 0,90 mm (Figura 4.29), lo que podría ser debido a la pérdida de turgencia de los tejidos (Verstreken *et al.*, 1995; Barreiro y Ruiz-Altisent, 1996; Valero y Ruiz-Altisent, 1998; Sanchez-Ballesta *et al.*, 2007).

En la firmeza (FMag) y energía en el punto de rotura de la piel (Wag) se produjo una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de comercialización* ($p \leq 0,05$) y las modificaciones se debieron, en mayor medida, al período de almacenamiento ($F_{Pref+vu} > F_{Trat}$). En ambos parámetros reológicos hubo un aumento

similar entre el día de la cosecha y 30+8 días para las uvas de todos los tratamientos. Por otra parte, a los 60+8 días las uvas control presentaron mayor firmeza y energía en el punto de rotura que las de los recubrimientos comestibles (0,85 N y 0,64 mJ en C, 0,72 N y 0,52 mJ en E y 0,70 N y 0,52 mJ en G) (Figura 4.29 y Anexo IV.5).

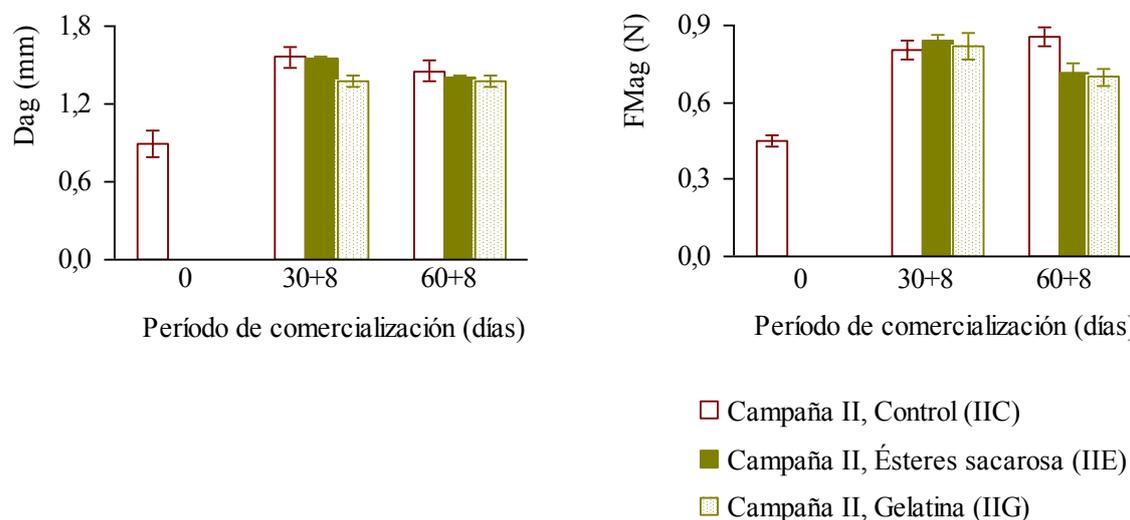


Figura 4.29. Deformación (Dag) y fuerza (FMag) de punción en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.

Valor medio y desviación estándar.

Tras el período de comercialización las uvas tenían FM/Dag similar al de la muestra de partida ($0,56 \text{ N mm}^{-1}$), con excepción de las bayas con gelatina a los 30+8 días ($0,64 \text{ N mm}^{-1}$) y las control a los 60+8 días ($0,63 \text{ N mm}^{-1}$) (Anexo IV.5).

En los **parámetros reológicos de penetración**, calculados en el punto de rotura, se produjo una interacción significativa entre los factores *Tratamiento postcosecha* y *Período de comercialización* ($p \leq 0,05$). Las modificaciones que tuvieron lugar en la firmeza (FMp2), energía (Wp2) y deformación (Dp2) están más asociadas al período que al empleo de recubrimientos ($F_{Pref+vu} > F_{Trat}$), como puede observarse en el Anexo IV.6.

A los 30+8 días todas las uvas rompieron a deformación, fuerza, coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp2) y energía similares. Tras 60+8 días las bayas con gelatina fueron las que mejor preservaron las propiedades reológicas respecto al día de la cosecha, y las control presentaron mayor resistencia a la deformación y a la rotura (Anexo IV.6).

El empleo de recubrimientos comestibles no supuso modificaciones significativas en la firmeza de la pulpa ($F_{pulpap2}$) tras el período de comercialización ($p > 0,05$). A los 30+8 días se produjo una disminución de la firmeza de la pulpa (de 0,24 N a 0,20-0,21 N), tras lo que se mantuvo constante. De hecho, entre el día de la cosecha y 60+8 días la pérdida de firmeza de la pulpa fue del 17 % (Figura 4.30). En uva las enzimas galactosidasas, poligalacturonasas y pectinesterasas son las principales responsables de la degradación de la pared celular que conlleva la pérdida de firmeza (Deng *et al.*, 2005).

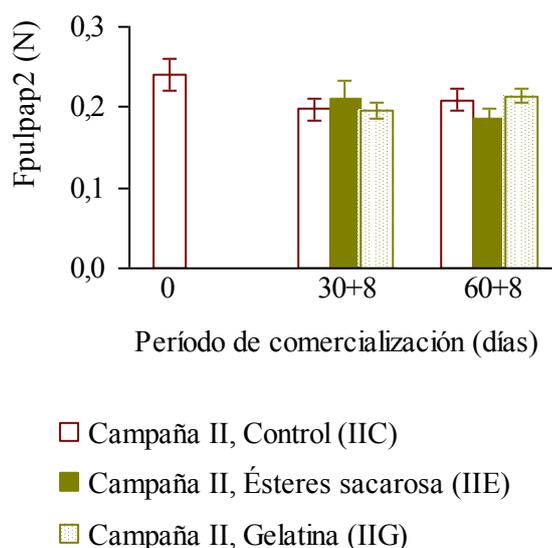


Figura 4.30. Firmeza de la pulpa ($F_{pulpap2}$) en uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.

Valor medio y desviación estándar.

4.5.4.5. Evaluación sensorial

La utilización de recubrimientos comestibles no supuso modificaciones significativas en la *Intensidad de color de la piel*, *Firmeza de la piel* y *Firmeza de la pulpa* de los frutos ($p > 0,05$). A los 30+8 días las uvas obtuvieron menores puntuaciones para dichos descriptores sensoriales que la muestra de partida, con excepción de la *Firmeza de la pulpa* en la que no se apreciaron cambios significativos ($p > 0,05$). Tras 60+8 días, las uvas presentaron igual *Intensidad de color de la piel* y *Sabor dulce*, y menor *Firmeza de la piel* y *Firmeza de la pulpa* que a los 30+8 días (Figura 4.31 y Anexo IV.7).

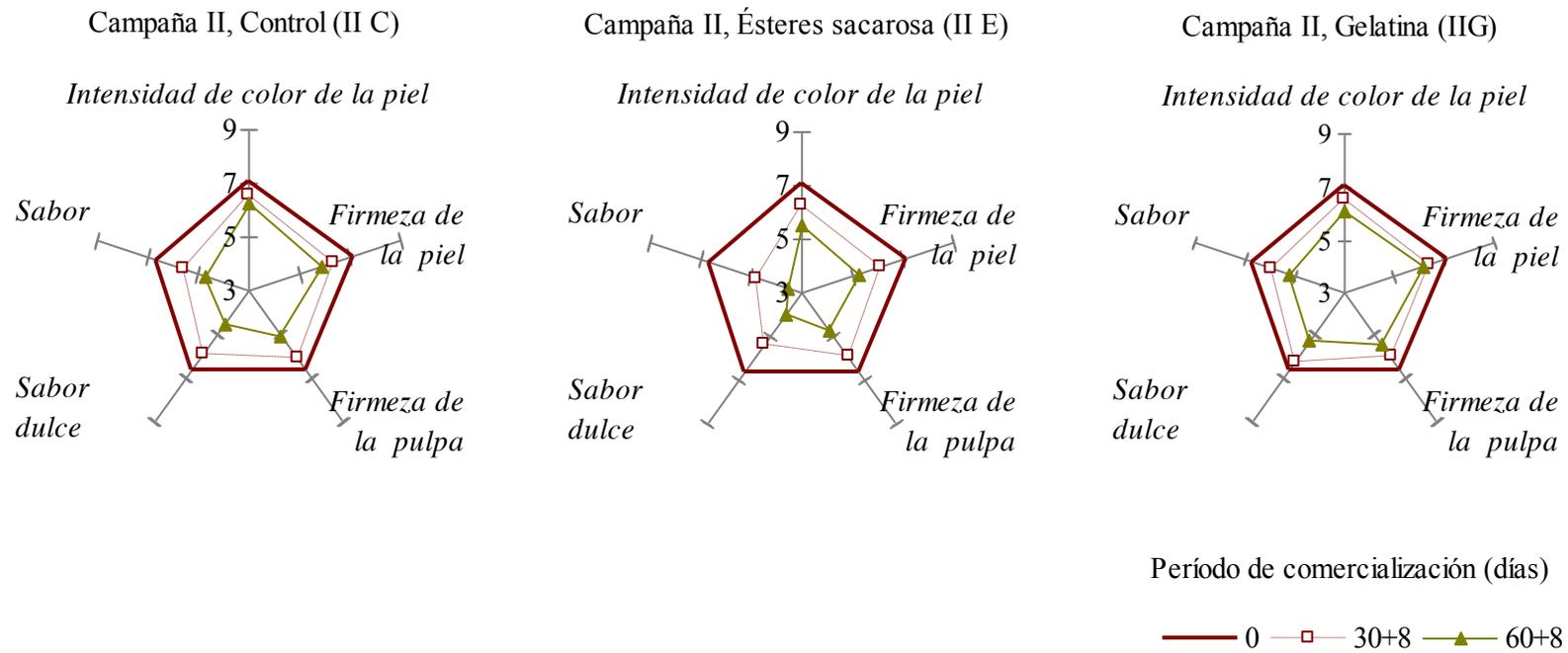


Figura 4.31. Evaluación sensorial de uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.

Valor medio.

Para el *Sabor* y la *Apreciación global* existe una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de comercialización* ($p \leq 0,05$), produciéndose una disminución progresiva tras el período de comercialización, que fue más acusada con los ésteres de sacarosa. A los 30+8 días las muestras con ésteres de sacarosa no reunían los requisitos para comercialización. Por otra parte, a los 60+8 días las uvas control y con gelatina obtuvieron puntuaciones superiores a 5 en *Apreciación global*, siendo aptas para la comercialización (Figura 4.32 y Anexo IV.7).

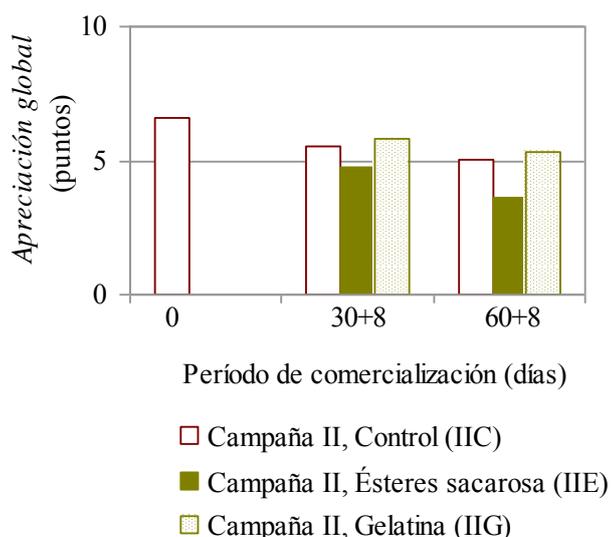


Figura 4.32. *Apreciación global* de uva sin y con recubrimientos comestibles, en vida útil tras la refrigeración.

Valor medio.

A la vista de todo lo anterior, se puede concluir que el empleo de recubrimientos a base de ésteres de sacarosa y de gelatina no supone una mejora de la calidad instrumental de las uvas 'Red Globe' durante el período de comercialización (30+8 y 60+8 días). En efecto, tanto los racimos control como con recubrimientos experimentaron pérdidas de peso similares y las coordenadas de color y parámetros reológicos de compresión y firmeza de la pulpa tampoco se vieron afectados. Respecto a la calidad sensorial, los ésteres de sacarosa tuvieron un efecto negativo, haciendo que los frutos a los 30+8 días no fueran viables para la comercialización. Por otra parte, la gelatina no mejoró la calidad sensorial de los frutos respecto a las uvas control. Por tanto, el empleo de estos recubrimientos no supone una ventaja desde un punto de vista comercial.

4.5.5. Empleo de recubrimientos comestibles en vida útil

4.5.5.1. Pérdidas de peso de los racimos

La Figura 4.33 y el Anexo V.1 recogen la evolución de las pérdidas de peso de los racimos 'Red Globe' sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil (aproximadamente 20 °C y 40 % de humedad relativa), sin haber sido sometidos previamente a refrigeración.

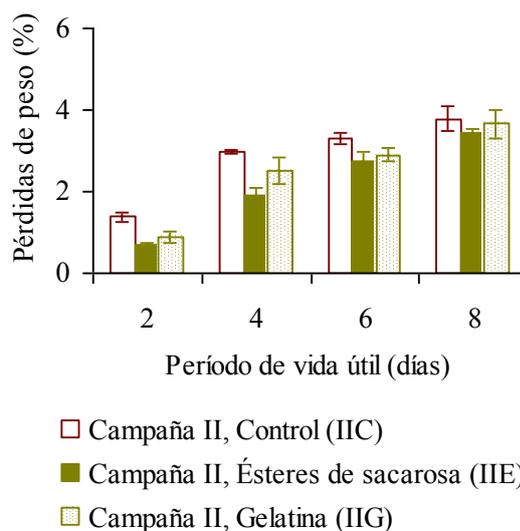


Figura 4.33. Pérdidas de peso de los racimos sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.

Valor medio y desviación estándar.

Los racimos control experimentaron pérdidas de peso superiores al 3 % tras 6 días, mientras que aquellos con recubrimientos de ésteres de sacarosa y de gelatina superaron ese valor después de 8 días. El recubrimiento de ésteres de sacarosa fue más eficaz en el control de las pérdidas de peso que el de gelatina (Figura 4.33). De forma similar, el empleo de ésteres de sacarosa redujo las mermas de peso en varios frutos en de vida útil (Nanda *et al.*, 2001; Yaman y Bayoındurlı, 2002; Márquez *et al.*, 2009; Duan *et al.*, 2011).

El 3 % para las pérdidas de peso se considera un indicador de las primeras manifestaciones de pardeamiento del raspón, lo que según Chapon *et al.* (1991) tiene lugar entre los 3 y 6 días en condiciones de transporte y venta. En 'Red Globe', Crisosto *et al.* (2001) observaron las primeras señales de deshidratación del escobajo para pérdidas de peso del 2,3-2,5 %, pardeamiento moderado del raspón en racimos con mermas superiores al 3 % y marchitez de las bayas cuando dichas pérdidas alcanzaron el 4,6 %. En nuestro

experimento, tras 8 días los racimos experimentaron mermas de peso del 3,45-3,79 % y las bayas no presentaron marchitez (Figura 4.33). Además, dichas mermas fueron inferiores a las encontradas en 'Sultania', con 10 % a los 7 días de vida útil (Lydakís y Aked, 2003).

4.5.5.2. Sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales

En la evolución de los sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales se observó una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de vida útil* ($p \leq 0,05$). La evolución de los sólidos solubles totales y fenoles totales fue similar en las uvas control y con ésteres de sacarosa, especialmente hasta los 6 días de vida útil, mientras que las uvas con gelatina presentaron menor contenido en sólidos solubles, índice de maduración y fenoles totales (Figura 4.34 y Anexo V.2).

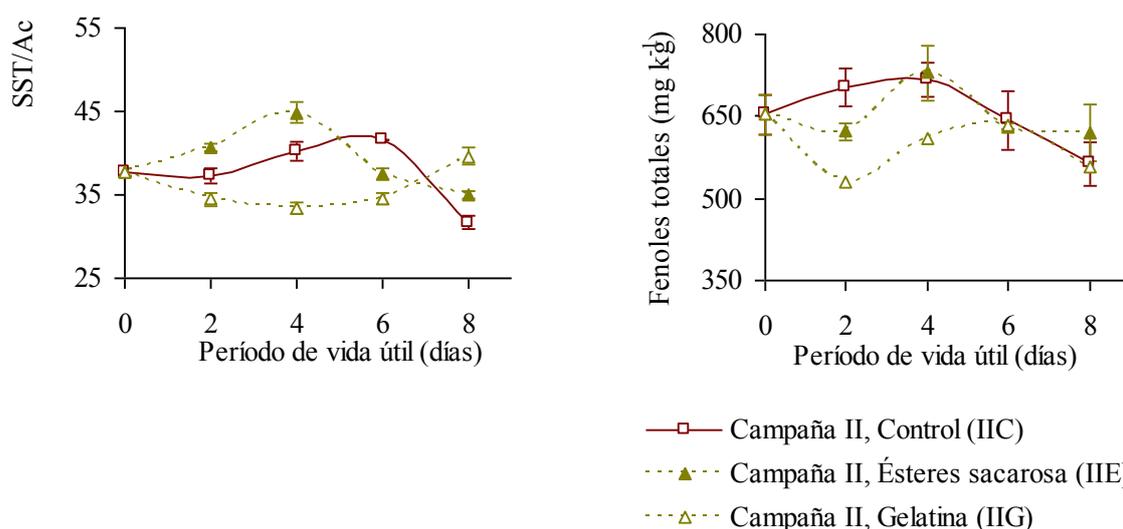


Figura 4.34. Índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.

Valor medio y desviación estándar.

Entre el día de la recolección y los 6 días de vida útil, las uvas control experimentaron un aumento del contenido en sólidos solubles de 14,7 a 15,4 °Brix y del índice de maduración (SST/Ac) de 38 a 41, a semejanza de los resultados obtenidos en otros cultivares (Lydakís y Aked, 2003; Meng *et al.*, 2008). A los 8 días, las uvas control y con ésteres de sacarosa presentaron SST/Ac (32 y 35, respectivamente) inferior al día de la cosecha, asociado a un menor contenido en sólidos solubles e igual o mayor acidez. En las uvas con gelatina el índice de maduración fue similar (40) al de la muestra inicial. La muestra con ésteres de sacarosa analizada a los 4 días (IIE4) y la control analizada a los 8 días (IIC8) presentaron

valores extremos en el índice de maduración (45 y 32, respectivamente), acidez (0,33 y 0,42 g 100 g⁻¹) y fenoles totales (730 y 564 mg kg⁻¹), lo que parece describir diferentes estados de maduración en las uvas (Figura 4.34 y Anexo V.2).

En cuanto a los fenoles totales, a los 6 días las uvas control (644 mg kg⁻¹) y con recubrimientos comestibles (632 mg kg⁻¹) presentaron contenidos similares a la muestra inicial (654 mg kg⁻¹) (Figura 4.34), a semejanza de lo descrito para uva 'Dauphine' tras 14 días en condiciones ambiente (Kevers *et al.*, 2007). En los tres tratamientos, tras 8 días de vida útil los frutos tenían uno de los menores contenidos en fenoles, con 557-619 mg kg⁻¹ (Figura 4.34), como se describió anteriormente tras 90 días de refrigeración (Figura 4.17). Meng *et al.* (2008) encontraron resultados similares en uva 'Jingxiu' tras 7 días a 20 °C.

En condiciones de vida útil, el empleo de recubrimientos compuestos a base de ésteres de sacarosa no supuso cambios en los sólidos solubles totales y acidez de diversos frutos (Nanda *et al.*, 2001; Dang *et al.*, 2008; Duan *et al.*, 2011), ni en el contenido en fenoles (Duan *et al.*, 2011), corroborando nuestros resultados. Por otra parte, el recubrimiento de gelatina en uva 'Red Globe' ocasionó una disminución en los sólidos solubles totales y fenoles totales respecto al control, principalmente hasta 6 días en vida útil (Figura 4.34).

A la vista del comportamiento de estos parámetros físico-químicos de calidad en vida útil, se puede concluir que el empleo de ésteres de sacarosa no produce modificaciones importantes, mientras que la gelatina retrasa la evolución en uva 'Red Globe'.

4.5.5.3. Coordenadas e índice de color

En el día de la cosecha las uvas presentaron una luminosidad (L^*) de 30,2, una cromaticidad (C^*) de 9,49 y un ángulo de tono (H) de 19,1°. El empleo de los recubrimientos causó modificaciones principalmente en la luminosidad y ángulo de tono (F_{Trat} de 18), mientras que los cambios en la cromaticidad se deben, en mayor medida, al período de vida útil ($F_{Pvu} > F_{Trat}$), como muestra el Anexo V.3.

Las uvas con gelatina presentaron los valores más elevados de luminosidad, a semejanza de lo descrito en refrigeración (Figuras 4.18 y 4.35). El desarrollo de una coloración más clara en la piel de los frutos en condiciones ambiente ha sido también descrito por Bai *et al.* (2003), al estudiar la optimización del empleo de recubrimientos de zeína en manzana, y por Dang *et al.* (2008) al utilizar recubrimientos a base de *Aloe vera* L. y de carnauba en

mango. Este efecto sobre el color de la piel puede constituir una ventaja o puede minimizarse empleando diferentes formulaciones, proporciones, o disolventes.

En los primeros 4 días tuvo lugar una disminución del ángulo de tono de las uvas, que fue más pronunciada en aquellas con recubrimiento de gelatina. A los 8 días, los frutos presentaron ángulo de tono similar al de los analizados tras 4 días, con 14,4° en los control y 14,2 y 10,1° en los de los ésteres de sacarosa y gelatina, respectivamente. Así, la gelatina confirió a la piel de las uvas un color más próximo al rojo puro (Figura 4.35).

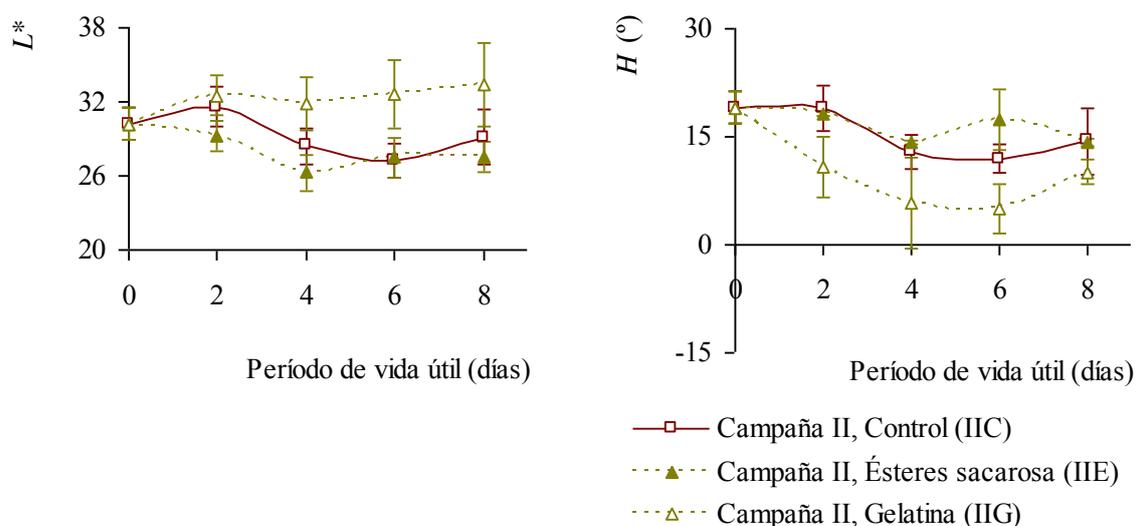


Figura 4.35. Luminosidad (L^*) y ángulo de tono (H) en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.

Valor medio y desviación estándar.

En los tres tratamientos postcosecha, se produjo una disminución de la cromaticidad en la primera mitad del período de vida útil, alcanzando valores de 5,79 en las uvas control y 5,47 y 4,73 en las de ésteres de sacarosa y gelatina, respectivamente. En la segunda parte del almacenamiento, la cromaticidad se mantuvo prácticamente constante en las uvas con ésteres de sacarosa y se produjo un aumento entre los días sexto y octavo en las control (de 5,68 a 8,02) y con gelatina (de 6,11 a 7,81). El color de la muestra control analizada a los 8 días podría estar asociado a su estado de madurez menos avanzado, con 13,1 °Brix y acidez de 0,42 g 100 g⁻¹. Para la cromaticidad se produjo una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de vida útil* ($p \leq 0,05$) (Anexos V.2 y V.3).

El empleo de los ésteres de sacarosa en uva 'Red Globe' en vida útil no ocasionó modificaciones en las coordenadas *CIELab* (Anexo V.3), comparado con el control, a semejanza de lo observado en otros frutos (Yaman y Bayoindirli, 2002; Dang *et al.*, 2008).

En cuanto al índice de color definido por Carreño *et al.* (1995), durante el período de vida útil las uvas presentaron generalmente color *rojo* ($4 < GIRG < 5$); los valores más altos de este índice están asociados a un elevado índice de maduración o contenido en fenoles, como puede observarse en los Anexos V.2 y V.3.

Resumiendo, las modificaciones en las coordenadas de color tuvieron lugar principalmente en los 4 primeros días de vida útil, disminuyendo la intensidad del color en los tres tratamientos postcosecha. Respecto al control, el empleo de los ésteres de sacarosa no supuso cambios en las coordenadas de color, mientras que la gelatina indujo el desarrollo de una coloración más clara y roja. A pesar de las modificaciones en las coordenadas *CIELab*, no se observaron diferencias en *CIRG* para los distintos tratamientos.

4.5.5.4. Parámetros reológicos

En las Figuras 4.36-4.38 se muestra la evolución de algunos parámetros reológicos y en los Anexos V.4-V.6 se resume el efecto de los factores *Tratamiento postcosecha* y *Período de vida útil*, e interacción entre ellos, en los parámetros reológicos de compresión, punción y penetración de uva 'Red Globe'.

El único **parámetro reológico de compresión** que se vio afectado significativamente por el empleo de recubrimientos fue la deformación hasta rotura (D_p) ($p \leq 0,05$), siendo las bayas con gelatina las que rompieron a menor deformación (Anexo V.4). Durante el período de vida útil el coeficiente de elasticidad aparente hasta rotura (FM/D_p) se mantuvo prácticamente inalterado, con valores medios comprendidos entre 1,81 y 2,33 $N\ mm^{-1}$ (Figura 4.36), correspondientes a la muestra con ésteres de sacarosa analizada a los 4 días y a la control analizada a los 8 días, con el mayor (45) y menor (32) índice de maduración, respectivamente (Figura 4.34). De forma similar, el empleo de ésteres de sacarosa en arándano no supuso modificaciones en dicho coeficiente de elasticidad (Duan *et al.*, 2011).

En los 4 primeros días se produjo una disminución del coeficiente de elasticidad aparente medido en el tramo inicial de la curva de compresión (F_3/D_p) (Anexo V.4), lo que podría asociarse a la rápida pérdida de agua de los tejidos externos, como se ha descrito por otros

autores (Archbold *et al.*, 1999; Lydakis y Aked, 2003; Artés-Hernández *et al.*, 2004). El aumento de F3/Dp en la segunda mitad del período de vida útil parece ser debido al elevado valor de la muestra control analizada a los 8 días (IIC8), con $1,52 \text{ N mm}^{-1}$. En efecto, la muestra IIC8 presentaba un estado de madurez menos avanzado, lo que también se reflejó en las variables reológicas fuerza, energía y coeficiente de elasticidad aparente de la baya (FMp de $21,0 \text{ N}$, Wp de 78 mJ y FM/Dp de $2,33 \text{ N mm}^{-1}$) (Anexos V.2 y V.4).

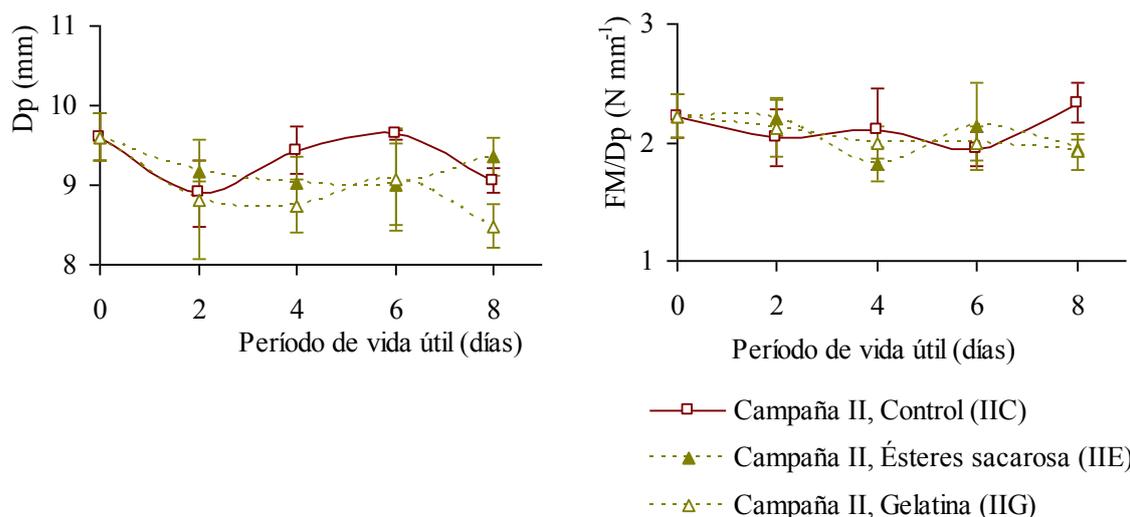


Figura 4.36. Deformación (Dp) y coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp) de compresión en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.

Valor medio y desviación estándar.

La muestra con ésteres de sacarosa analizada a los 4 días destaca por sus bajos coeficientes de elasticidad aparente (F3/Dp de $0,97 \text{ N mm}^{-1}$ y FM/Dp de $1,81 \text{ N mm}^{-1}$) y energía (Wp de 57 mJ) en la compresión (Anexo V.4).

Los resultados obtenidos en los **parámetros reológicos de punción** ponen de manifiesto la interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de vida útil* ($p \leq 0,05$). La evolución de estos parámetros se debe, en mayor medida, al período ($FPvu > FTrat$), a excepción del coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dag) que se vio más afectado por el tratamiento postcosecha empleado ($FTrat > FPvu$) (Anexo V.5).

En todas las uvas se produjo un aumento de la deformación (Dag), firmeza de la piel (FMag) y consecuentemente de la energía hasta rotura (Wag) durante los 4 primeros días, mientras que en la segunda mitad del período de vida útil dichos parámetros reológicos se mantuvieron prácticamente constantes (Figura 4.37 y Anexo V.5).

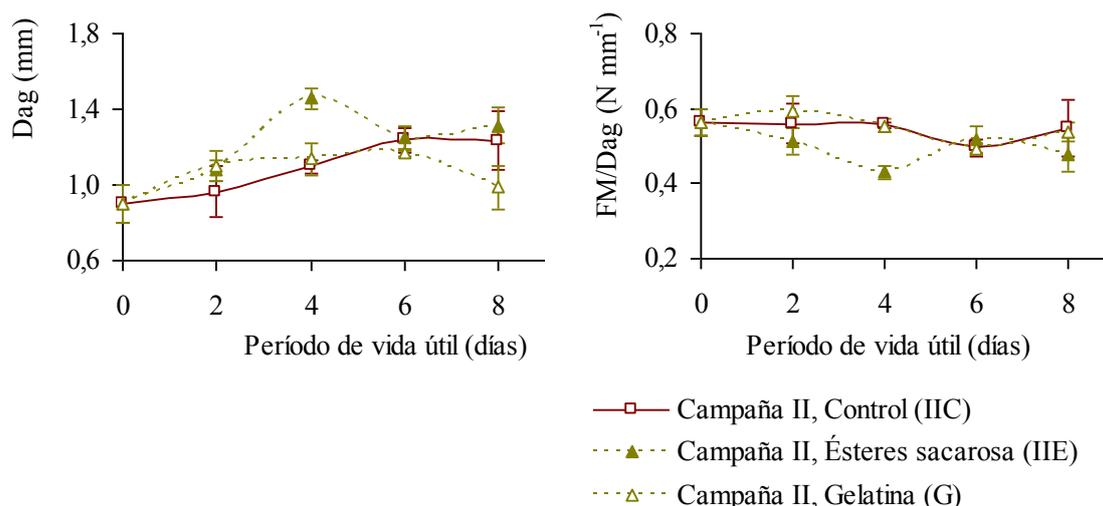


Figura 4.37. Deformación (Dag) y coeficiente de elasticidad aparente de punción (FM/Dag) en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.

Valor medio y desviación estándar.

Los parámetros reológicos de punción experimentaron una evolución similar en las uvas control y con gelatina, especialmente hasta el sexto día. Por otra parte, el empleo de ésteres de sacarosa ocasionó una disminución del coeficiente de elasticidad aparente, sin implicar modificaciones en la firmeza de la piel ni en la energía en el punto de rotura. En efecto, los cambios encontrados durante la vida útil en el coeficiente de elasticidad aparente son debidos principalmente a la muestra con ésteres de sacarosa analizada a los 4 días que, con $0,43 \text{ N mm}^{-1}$, presentó uno de los menores valores medios, probablemente por su estado de maduración más avanzado (SST/Ac de 45) (Figuras 4.34 y 4.37).

En lo que concierne a los **parámetros reológicos de penetración** calculados en el punto de rotura de los tejidos externos, se produjo una interacción significativa entre el *Tratamiento postcosecha* y el *Período de vida útil* ($p \leq 0,05$). La evolución de la energía hasta rotura (Wp2) y firmeza de los tejidos externos (FMp2) se debe, en mayor medida, al tratamiento postcosecha empleado ($F_{Trat} > F_{Pvu}$), mientras que las modificaciones en Fp2 y FM/Dp2 están más asociadas al período de almacenamiento ($F_{Pvu} > F_{Trat}$) (Anexo V.6).

La rotura de la piel en las uvas con gelatina tuvo lugar a deformaciones y niveles energéticos menores que en las control, especialmente en la segunda mitad del período de vida útil, mientras que el empleo de ésteres de sacarosa no indujo modificaciones en los parámetros reológicos calculados en el punto de rotura (Anexo V.6).

A los 4 días se produjo una disminución en la firmeza de la pulpa (Fpulpap2) de los frutos, independientemente del tratamiento; entre el día de la cosecha y 8 días de vida útil la firmeza de la pulpa experimentó una disminución del 20 % (Figura 4.38). Este comportamiento en vida útil es similar al de manzana 'Gala' con recubrimiento de zeína (Bai *et al.*, 2003), y diferente del de cereza y níspero, en los que el empleo de recubrimientos compuestos de ésteres de sacarosa supuso una retención de la firmeza de la pulpa (Yaman y Bayoindirli, 2002; Márquez *et al.*, 2009).

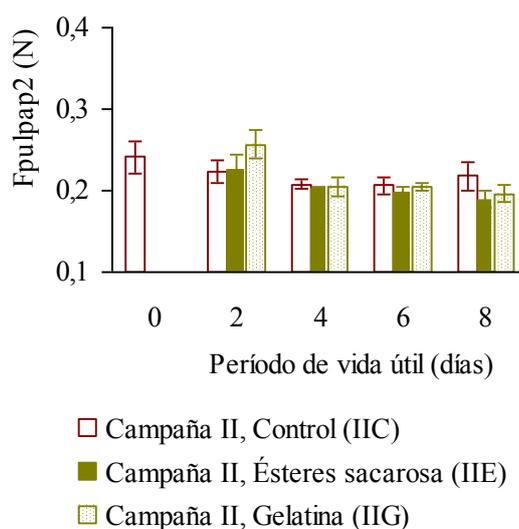


Figura 4.38. Firmeza de la pulpa (Fpulpap2) en uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.

Valor medio y desviación estándar.

4.5.5.5. Evaluación sensorial

El empleo de recubrimientos no causó cambios significativos en los descriptores sensoriales evaluados en vida útil ($p > 0,05$) (Figura 4.39 y Anexo V.7). De forma similar, el empleo de ésteres de sacarosa no modificó el *Sabor* en níspero tras 8 y 16 días en vida útil (Márquez *et al.*, 2009) ni en granada después de 3,5 semanas a 25 °C (Nanda *et al.*, 2001).

Durante la vida útil no se produjeron modificaciones significativas en la *Intensidad de color de la piel*, *Firmeza de la pulpa* y *Sabor* de la uva 'Red Globe' ($p > 0,05$). Por otra parte, a los 4 días las uvas obtuvieron menor puntuación en la *Firmeza de la piel* que en el día de la recolección, con 6,4 y 7,2 puntos, respectivamente (Figura 4.39 y Anexo V.7).

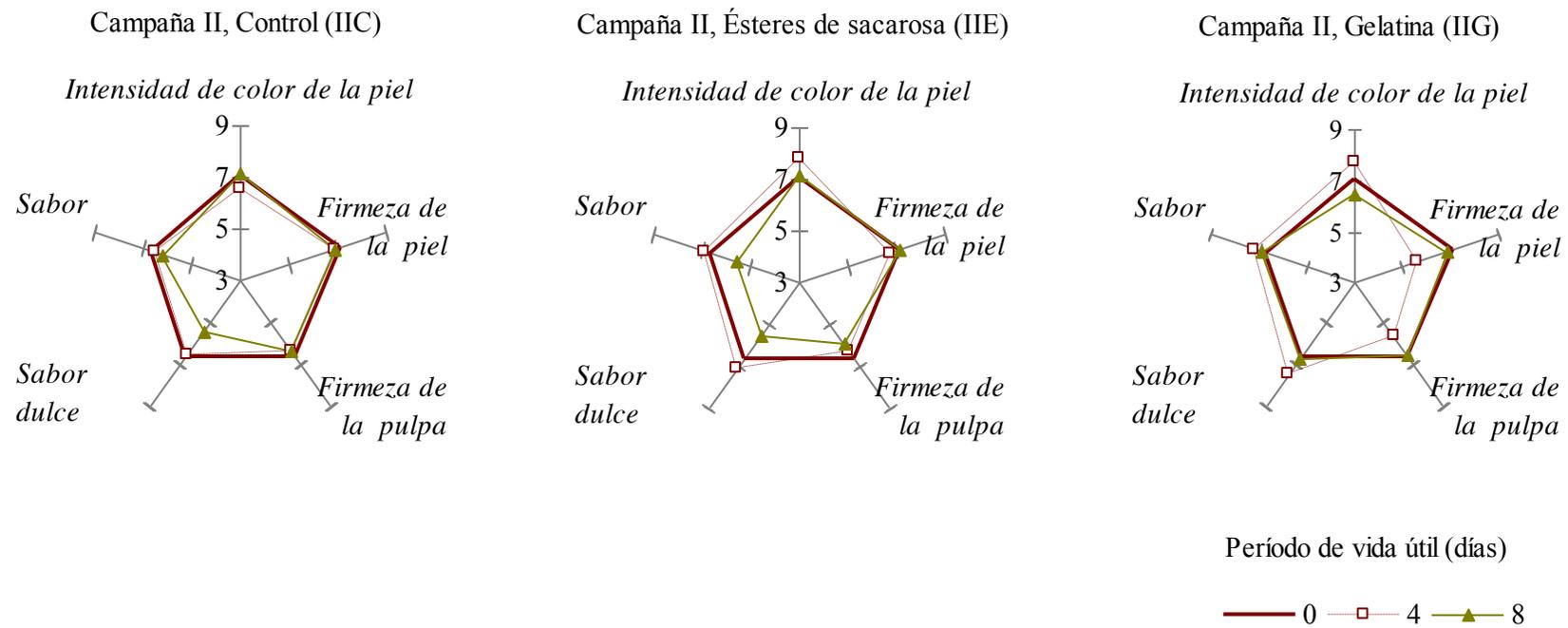


Figura 4.39. Evaluación sensorial de uva sin y con recubrimientos comestibles durante la vida útil.

Valor medio y desviación estándar

Todas las muestras recibieron puntuaciones superiores a 5 en la *Apreciación global*, lo que pone de manifiesto la aptitud postcosecha de uva ‘Red Globe’ en vida útil, independientemente del empleo de recubrimientos comestibles (Anexo V.7).

A la vista de los resultados obtenidos, se puede concluir que el empleo de recubrimientos en ‘Red Globe’ en vida útil redujo las pérdidas de peso hasta los 4 días. Es en estos primeros días cuando se produjeron los cambios en algunos parámetros instrumentales de color y reológicos, a pesar de que sensorialmente sólo fueron detectadas diferencias en la *Firmeza de la piel*.

4.5.6. Correlaciones y análisis de componentes principales

Se utilizaron los valores medios de cada parámetro instrumental y sensorial de calidad, de cada tratamiento y fecha de análisis, para el estudio de las correlaciones y el análisis de componentes principales.

4.5.6.1. Coordenadas e índice de color de la piel

La Figura 4.40 presenta las coordenadas a^* y b^* de las uvas de las dos campañas, observándose que las de la primera tenían un color más rojo que las de la segunda.

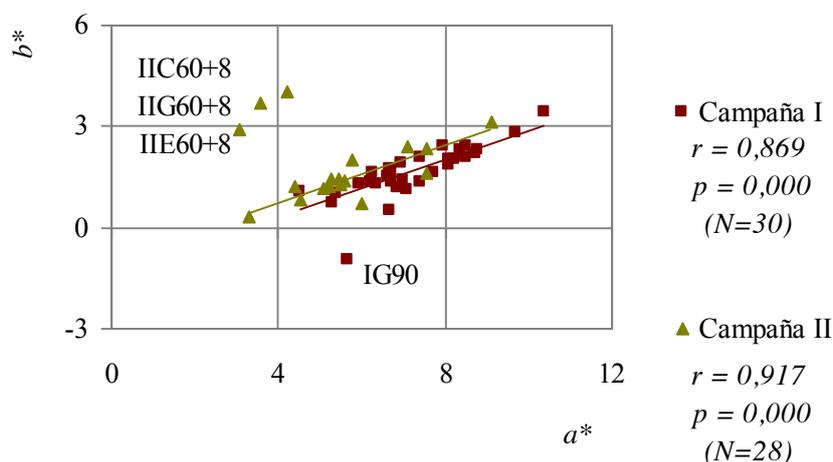


Figura 4.40. Correlación lineal entre las coordenadas de color a^* y b^* en uva ‘Red Globe’: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

Para el análisis de las correlaciones lineales entre las coordenadas e índice de color de la piel de la uva ‘Red Globe’ no se consideraron las muestras IG90, IIC60+8, IIE60+8 y IIG60+8 por presentar un comportamiento anómalo (Figura 4.40 y Anexo VI.1). Existe

una estrecha y positiva correlación entre a^* y b^* ($r=0,869$ en I y $r=0,917$ en II), a semejanza de los resultados presentados por Carreño *et al.* (1995).

El índice de color, *CIRG*, se encuentra más relacionado con la cromaticidad ($r=-0,808$ en I y $r=-0,804$ en II) que con el ángulo de tono ($r=-0,352$ en I y $r=-0,481$ en II) (Anexo VI.1), aunque este último es el más sensible a las modificaciones de color que tienen lugar en la postcosecha de uva ‘Red Globe’.

4.5.6.2. Parámetros reológicos

En cuanto a la **compresión**, los parámetros calculados en el punto de rotura de la baya están estrechamente relacionados entre sí, a excepción de la deformación (Dp). Como se observa en la Figura 4.41, la correlación entre la fuerza (FMp) y el coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp) es especialmente elevada ($r=0,991$ en I y $r=0,971$ en II), aunque las uvas de la primera campaña presentaron valores más altos de fuerza y coeficiente de elasticidad aparente en el punto de rotura que las de la segunda.

La muestra IC45 fue la que la presentó uno de los valores más bajos de resistencia a la deformación y a la rotura en la primera campaña (FM/Dp de $2,48 \text{ N mm}^{-1}$ y FMp de $22,9 \text{ N}$), debido a su elevado índice de maduración (SST/Ac de 66). Las muestras IE60 ($4,86 \text{ N mm}^{-1}$ y $47,2 \text{ N}$), IPE15 ($4,93 \text{ N mm}^{-1}$ y $46,9 \text{ N}$) y IPE60 ($4,88 \text{ N mm}^{-1}$ y $46,4 \text{ N}$) fueron las de valores más elevados de dichos parámetros reológicos (Figura 4.41).

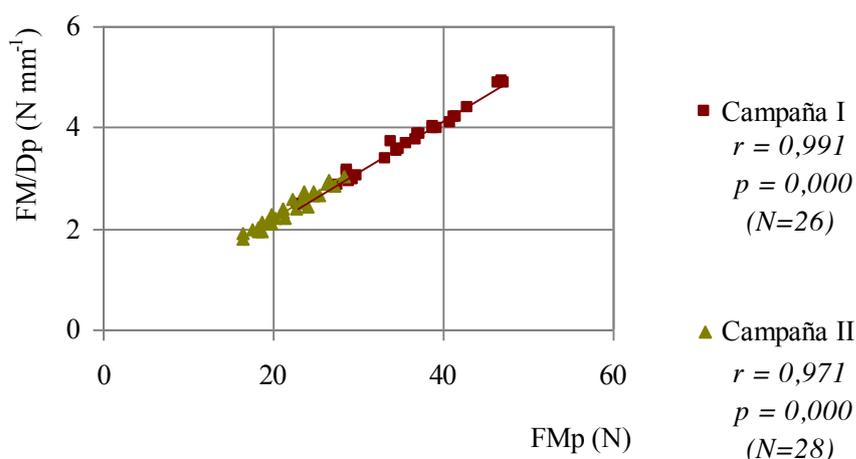


Figura 4.41. Correlación lineal entre la fuerza (FMp) y el coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp) en la compresión de uva ‘Red Globe’: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

En la segunda campaña las uvas con ésteres de sacarosa analizadas a los 4 días de vida útil (IIE4), con un elevado índice de maduración (45), presentaron uno de los menores valores de resistencia a la deformación y a la rotura, con FM/Dp de $1,81 \text{ N mm}^{-1}$ y FMp de 16,3 N. Por otra parte, la máxima resistencia en compresión correspondió a IIG45 (FM/Dp de $3,04 \text{ N mm}^{-1}$ y FMp de 28,3 N) (Figura 4.41).

El coeficiente de elasticidad aparente de la baya, calculado en el tramo inicial de la compresión (F3/Dp), está estrechamente correlacionado con la fuerza (FMp), el coeficiente de elasticidad aparente (FM/Dp) y la energía (Wp) hasta rotura, destacando esta última correlación ($r=0,895$ en I y $r=0,807$ en II) (Anexo VI.2). Así, las bayas que presentan elevada resistencia para deformaciones hasta 3 mm tienen elevada resistencia a la deformación y a la rotura. Por ello, F3/Dp resulta ser un parámetro particularmente interesante para evaluar el comportamiento postcosecha de la uva 'Red Globe'.

Para los **parámetros reológicos de punción** destacan las correlaciones significativas ($p \leq 0,05$) entre la energía aplicada para romper la piel (Wag) y la deformación (Dag) y la firmeza de la piel (FMag), especialmente en el segundo año. Por otro lado, en ambas campañas la correlación lineal entre la resistencia a la deformación (FM/Dag) y la energía necesaria para romper la piel no fue significativa ($p > 0,05$) (Anexo VI.3).

En la **penetración** la energía calculada en el punto de rotura (Wp2) estuvo estrechamente relacionada con la fuerza (FMp2) ($r=0,841$ en I y $r=0,947$ en II). A semejanza de lo descrito para la punción, la correlación lineal entre la energía necesaria para alcanzar el punto de rotura y la resistencia a la deformación de los tejidos externos (FM/Dp2) no fue significativa ($p > 0,05$) (Anexo VI.4).

Los parámetros reológicos indicadores de la firmeza de la pulpa, Fp2 y Fpulpap2, se encuentran estrechamente relacionados entre sí ($r=0,871$ en I y $r=0,812$ en II). Por ello, Fp2 podría ser utilizado como indicador de la firmeza de la pulpa, evitando la realización del ensayo de penetración sin piel. Los valores de firmeza de la pulpa más elevados de la segunda campaña (0,29 N en IIC60) fueron similares a los más bajos de la primera (0,26 N en I0 y IG15), como puede observarse en la Figura 4.42.

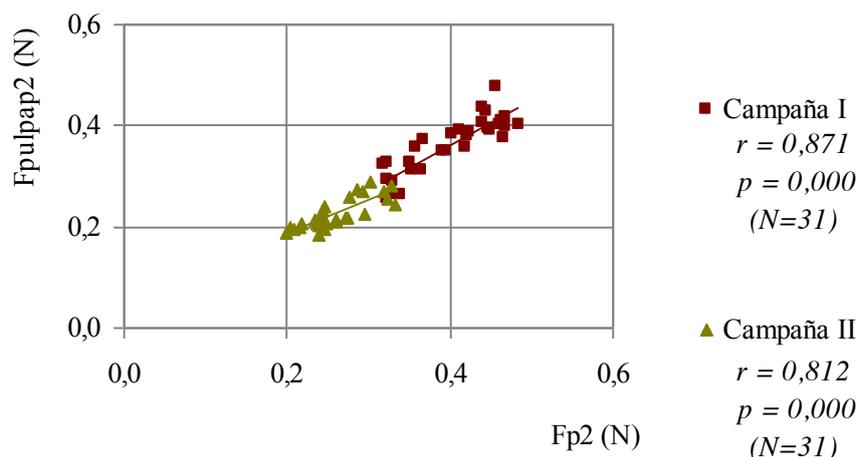


Figura 4.42. Correlación lineal entre las variables indicadoras de la firmeza de la pulpa (Fp2 y Fpulpap2): coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

El estudio de las correlaciones lineales entre los **parámetros reológicos de compresión, punción y penetración** desvela que en la segunda campaña las bayas con elevada resistencia a la deformación hasta 3 mm en la compresión (F3/Dp) presentaban también elevada resistencia a la deformación hasta rotura en la punción (FM/Dag) y penetración (FM/Dp2), con coeficientes de Pearson superiores a 0,7. Para las uvas del primer año, se encontraron correlaciones significativas entre dichos parámetros reológicos ($p \leq 0,05$), pero con valores de r de aproximadamente 0,6. Además, en ambas campañas la firmeza de la piel (FMag) está estrechamente relacionada con la fuerza en el punto de rotura en penetración (FMp2) ($r=0,757$ en I y $r=0,842$ en II) (Anexo VI.5-VI.7).

Para el estudio global de los parámetros reológicos se empleó el análisis de componentes principales, lo que supuso una reducción de 14 variables (F3/Dp, FMp, FM/Dp, Wp, FMag, Dag, FM/Dag, Wag, FMp2, Dp2, FM/Dp2, Wp2, Fp2 y Fpulpap2) a dos componentes principales (CPI y CP2), que explican el 84,5 % de la varianza total. Los resultados presentados en la Tabla 4.8 justifican la aplicabilidad de dicho análisis, con correlaciones significativas entre las variables y los factores (KMO=0,72 y $p \leq 0,05$).

Tabla 4.8. Análisis de componentes principales para los parámetros reológicos: medida de adecuación muestral y prueba de esfericidad

Adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	Prueba de esfericidad de Bartlett		
	χ^2	Grados de libertad	p
0,72	1815	91	0,000

En la Figura 4.43 se representan, en el plano definido por las dos componentes principales, las correlaciones entre las variables y las componentes principales y las puntuaciones factoriales. La primera componente principal (*CP1*), que supone el 57,3 % de la varianza total, viene definida principalmente por los parámetros de compresión, los coeficientes de elasticidad aparente calculados en la penetración y punción y los parámetros indicadores de la firmeza de la pulpa ($r > 0,9$), y este factor puede designarse como “**resistencia a la deformación y firmeza de la pulpa**”.

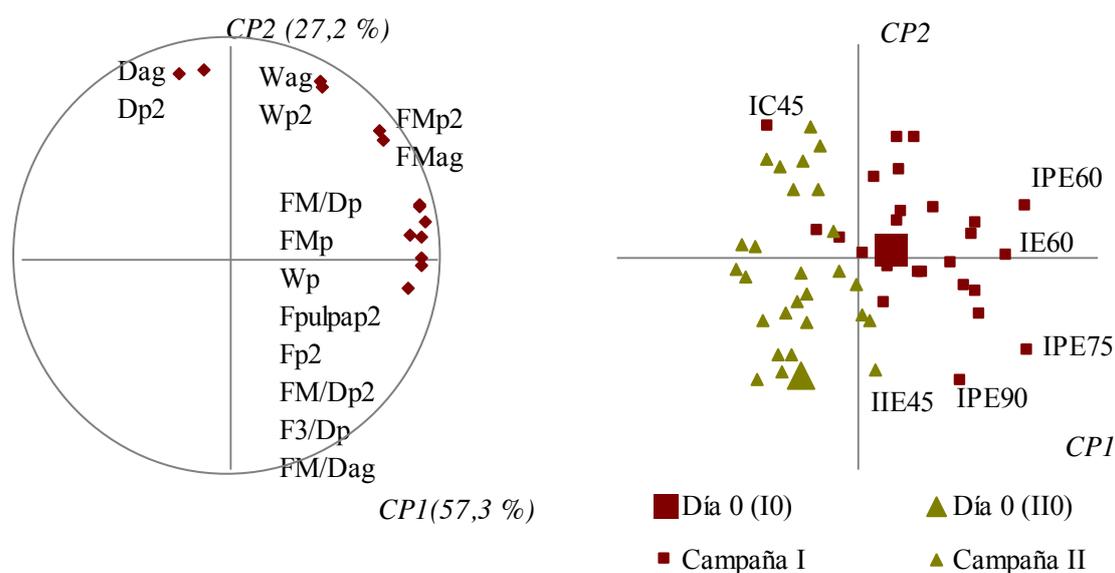


Figura 4.43. Análisis de componentes principales para los parámetros reológicos: representación de la correlación entre variables y factores (izquierda) y de las puntuaciones factoriales (derecha).

La segunda componente principal (*CP2*), que explica el 27,2 % de la varianza total, está constituida principalmente por la energía y la deformación en el punto de rotura de la penetración y punción ($r > 0,8$), denominándose a este factor “**rotura de la piel**” (Figura 4.43).

En lo que concierne a la proyección de las puntuaciones de las muestras en los planos definidos por las dos componentes principales, cabe destacar que el comportamiento reológico postcosecha de las uvas de la primera y segunda campañas difiere principalmente por su “resistencia a la deformación y firmeza de la pulpa” (*CP1*), con valores superiores en la primera, como muestra la Figura 4.43).

4.5.6.3. Descriptores sensoriales

En ambas campañas la *Firmeza de la piel* y la *Firmeza de la pulpa* ($r=0,801$ en I y $r=0,574$ en II), el *Sabor* y el *Sabor dulce* ($r=0,801$ en I y $r=0,526$ en II) y el *Sabor dulce* y la *Apreciación global* ($r=0,853$ en I y $r=0,563$ en II) están significativamente correlacionados ($p \leq 0,05$) (Anexo VI.8). Además la *Apreciación global* y el *Sabor* están especialmente relacionados entre sí ($r=0,889$ en I y $r=0,947$ en II) (Figura 4.44). De forma similar, otros autores encontraron estrecha correlación entre el *Sabor dulce* y la *Apreciación global* en uva de mesa (Cliff *et al.*, 1996; Jayasena y Cameron, 2008).

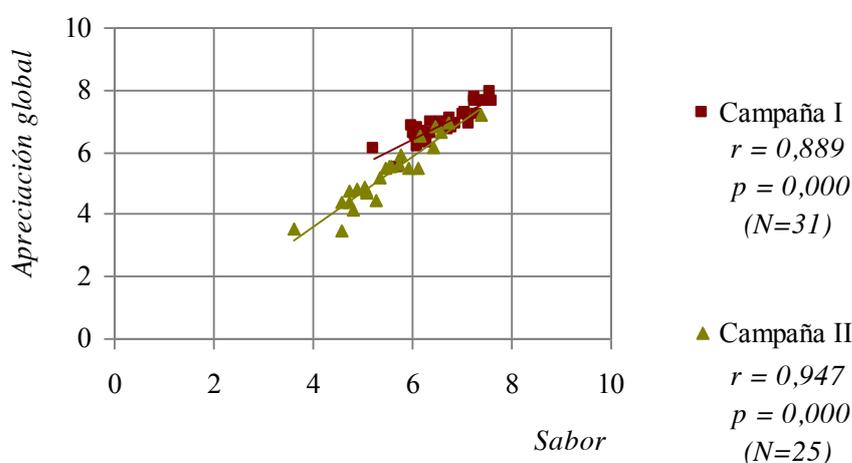


Figura 4.44. Correlación lineal entre el *Sabor* y la *Apreciación global*: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

En cuanto a los descriptores sensoriales, los resultados presentados en Tabla 4.9 justifican el empleo del análisis de componentes principales, con correlaciones significativas entre las variables y los factores ($KMO=0,82$ y $p \leq 0,05$).

Tabla 4.9. Análisis de componentes principales para los descriptores sensoriales: medida de adecuación muestral y prueba de esfericidad

Adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO)	Prueba de esfericidad de Bartlett		
	χ^2	Grados libertad	p
0,82	301	15	0,000

Las dos componentes principales, *CP1* y *CP2*, explican el 85,1 % de la varianza total, estando *CP1* definida fundamentalmente por la *Apreciación global*, *Sabor*, *Intensidad de color* y *Sabor dulce*, y *CP2* representa los descriptores texturales (Figura 4.45).

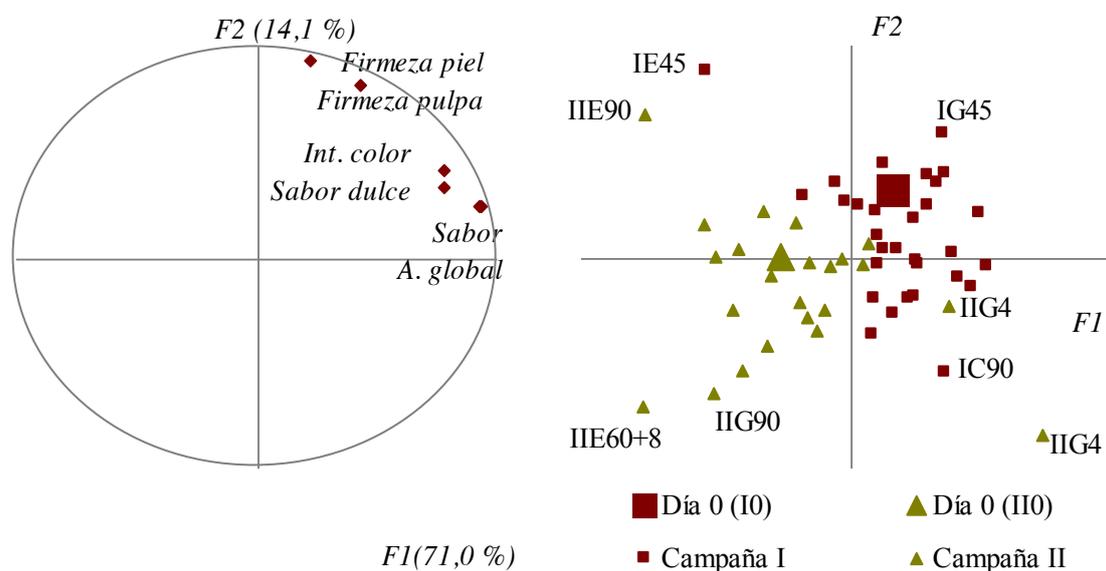


Figura 4.45. Análisis de componentes principales para los descriptores sensoriales: representación de la correlación entre variables y factores (izquierda) y de las puntuaciones factoriales (derecha).

La proyección de las puntuaciones factoriales en el plano definido por las dos componentes principales desvela que, globalmente, las uvas de la primera campaña fueron mejor valoradas que las de la segunda (*Apreciación global*), lo que está asociado principalmente al *Sabor* de las mismas (Figura 4.45).

4.6. CONCLUSIONES

1. Las uvas 'Red Globe' de la primera campaña presentaron en el **día de la cosecha** un estado de maduración más avanzado que en la segunda, con firmeza de la pulpa y color de la piel similares. La resistencia a la deformación y a la rotura fue más elevada en los frutos del primer año.
2. Durante la **refrigeración en atmósfera normal** las uvas de la primera campaña presentaron un mayor potencial de conservación que las de la segunda, con menores

pérdidas de peso y modificaciones en los parámetros de calidad físico-químicos. Después de tres meses de almacenamiento, la resistencia de las bayas a la rotura en la compresión y la firmeza de la pulpa fueron superiores en los frutos del primer año, mientras que el comportamiento reológico en punción y penetración fue similar en ambas campañas. En base a la evaluación sensorial, se concluye que las uvas podrían comercializarse después de tres meses de refrigeración en la primera campaña y dos meses en la segunda. En suma, la uva ‘Red Globe’ posee una buena aptitud para el almacenamiento frigorífico y la calidad de la materia prima determina, en gran medida, el potencial postcosecha.

3. La atmósfera modificada de equilibrio se alcanzó a los 30 días de refrigeración, siendo la composición gaseosa de la atmósfera muy diferente para ambas **películas plásticas**. El envasado redujo las pérdidas de peso, sin provocar modificaciones importantes en los parámetros físico-químicos, ni en el índice de color (*CIRG*), ni en la mayoría de los descriptores sensoriales. Las uvas envasadas en polietileno obtuvieron una puntuación más elevada para la *Firmeza de la piel*, presentando también mayor resistencia a la deformación y a la rotura de la baya y de los tejidos externos, y mayor firmeza de la pulpa. Por otra parte, el polipropileno mantuvo las propiedades reológicas similares a las del día de la cosecha y del tratamiento control.
4. En ambas campañas el empleo de **recubrimientos comestibles** en refrigeración redujo las pérdidas de peso, siendo los ésteres de sacarosa más efectivos que la gelatina. En el segundo mes de refrigeración la gelatina provocó una evolución del color hacia el violeta. Los ésteres de sacarosa provocaron un aumento en la resistencia a la deformación y a la rotura de la baya en compresión en ambas campañas, mientras que en las uvas con gelatina sólo tuvo lugar en la primera. Los recubrimientos aumentaron la *Firmeza de la piel* y la *Firmeza de la pulpa* en el primer año. La gelatina mantuvo la calidad de las uvas después de tres meses refrigeración, mientras que los ésteres de sacarosa sólo resultaron adecuados para almacenamientos prolongados en el primer año. Por tanto, la eficacia del recubrimiento depende de las características de la materia prima.
5. En **vida útil tras refrigeración** ni los parámetros instrumentales de calidad, pérdidas de peso, fenoles totales, parámetros reológicos de compresión, firmeza de la pulpa, ni los descriptores sensoriales *Intensidad de color de la piel*, *Firmeza de la piel* y

Firmeza de la pulpa se vieron afectados por el empleo de recubrimientos. Las uvas control y con gelatina podrían comercializarse a los 60+8 días, mientras que las de ésteres de sacarosa no reunían los requisitos necesarios desde los 30+8 días.

6. Durante la **vida útil** las pérdidas de peso fueron menores en los racimos con recubrimientos comestibles, especialmente en los de ésteres de sacarosa. Este recubrimiento no causó cambios en los fenoles, las coordenadas de color, ni en los parámetros reológicos de compresión, penetración o firmeza de la pulpa. La gelatina indujo el desarrollo de una coloración más roja y más clara. En base a los resultados del análisis sensorial, las uvas de todos los tratamientos podrían comercializarse después de 8 días.
7. Considerando los resultados obtenidos en los parámetros de los diferentes ensayos reológicos llevados a cabo en uva 'Red Globe', con características de partida diferentes y en distintas condiciones de almacenamiento, puede afirmarse que el **coeficiente de elasticidad aparente de compresión** (F3/Dp), calculado a los 3 mm de deformación, resultó ser el más idóneo para evaluar su comportamiento postcosecha. Este coeficiente aporta información de la baya en su conjunto y además está correlacionado con otros parámetros reológicos, ya sean de compresión, punción o penetración.

4.7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Méndez, M.A., Martín-Martínez, E.S., Tomás, S.A., Cruz-Orea, A., Jaime-Fonseca, M.R., 2008. Gelatine-starch films: Physicochemical properties and their application in extending the post-harvest shelf life of avocado (*Persea americana*). *Journal of Science Food and Agriculture* 88: 185–193.
- Al Zaemey, A.B., Magan, N., Thompson A.K., 1993. Studies on the effect of fruit-coating polymers and organic acids on growth of *Colletotrichum musae* in vitro and on post-harvest control of anthracnose of bananas. *Mycological Research* 97: 1463-1468.
- Amarante, C., Banks, N., Ganesh, S., 2001a. Characterising ripening behaviour of coated pears in relation to fruit internal atmosphere. *Postharvest Biology and Technology* 23: 51-59.

- Amarante, C., Banks, N.H., Ganesh, S., 2001b. Relationship between character of skin cover of coated pears and permeance to water vapour and gases. *Postharvest Biology and Technology* 21: 291-301.
- Anónimo, sd. Especificación técnica producto. Gustec Drencher. Tecnidex, Técnicas de Desinfección, S. A., Valencia.
- Anónimo, 2000. Analyseur O₂ et CO₂ modèle PAK12P. Manuel d'utilisation. Abiss. Viry Chatillon.
- Appendini, P., Hotchkiss, J.H., 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 3: 113-126.
- Archbold, D.D., Hamilton-Kemp, T.R., Clements, A.M., Collins, R.W., 1999. Fumigating 'Crimson Seedless' table grapes with (E)-2-hexenal reduces mold during long-term postharvest storage. *HortScience* 34: 705:707.
- Artés, F., Artés-Hernández, F., Aguayo, E., 2000. Conservación de uva de mesa tardía en atmósfera modificada. *Revista Ibérica Tecnología Postcosecha* 2: 189-193.
- Artés-Hernández, F., Artés, F., Tomás-Barberán, F.A., 2003. Quality and enhancement of bioactive phenolics in cv. Napoleon table grapes exposed to different postharvest gaseous treatments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 5290-5295.
- Artés-Hernández, F., Aguayo, E., Artés, F., 2004. Alternative atmosphere treatments for keeping quality of 'Autumn Seedless' table grapes during long-term cold storage. *Postharvest Biology and Technology* 31: 59-67.
- Artés-Hernández, F., Tomás-Barberán F.A., Artés, F., 2006. Modified atmosphere packaging preserves quality of SO₂-free 'Superior seedless' table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 39: 146-154.
- Bai, J., Alleyne, V., Hagenmaier, R.D., Matheis, J.P., Baldwin, E.A., 2003. Formulation of zein coatings for apples (*Malus domestica* Borkh). *Postharvest Biology and Technology* 28: 259-268.
- Bancroft, R.D., 1995. The use of a surface coating to ameliorate the rate of spread of postharvest fungal diseases of Top fruit. *International Biodeterioration & Biodegradation* 36: 385-405.

- Bancroft, R.D., Herregods, M., Nicolai, B., Jager, A., Roy, S.K., 2000. The influence of a surface coating on the internal gas atmosphere and rate of postharvest rot development in 'Conference' pears. *Acta Horticulturae* 518:79-86.
- Banks, N.H., 1984a. Some effects of TAL Pro-long coating on ripening bananas. *Journal of Experimental Botany* 35: 127-135.
- Banks, N.H., 1984b. Studies of the banana fruit surface in relation to the effects TAL Pro-long coating on gaseous exchange. *Scientia Horticulturae* 24: 279-286.
- Banks, N.H., 1985. Internal atmosphere modification in Pro-long coating apples. *Acta Horticulturae* 157: 105-112.
- Banks, N.H., Dadzie, B.K., Cleland, D.J., 1993. Reducing gas exchange of fruits surface coatings. *Postharvest Biology and Technology* 3: 269-284.
- Barreiro, P., Ruiz-Altisent, M., 1996. Propiedades mecánicas, calidad de frutos. Definiciones, medidas instrumentales. *Fruticultura Profesional* 77: 48-55.
- Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B., Chen, Z.E., Lurie, S., 1983. Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell pepper fruits by alleviation of water stress. *Plant Physiology* 73: 87-93.
- Buttler, B.L., Vergano, P.J., Testin, R.F., Brunn, J.M., Wiles, J.L., 1996. Mechanical and barrier properties of edible chitosan films as affected by composition and storage. *Journal of Food Science* 61: 953-955, 961.
- Carreño, J., Martínez, A., Almela, L., Fernández-López, J.A., 1995. Proposal of an index for the objective evaluation of the colour of red table grapes. *Food Research International* 28: 373-377.
- Carrillo-Lopez, A., Ramirez-Bustamante, F., Valdez-Torrez, J.B., Rojas-Villegas, R., 2000. Ripening and quality changes in mango fruit as affected by coating with an edible film. *Journal of Food Quality* 23: 479-486.
- Castillo, S., Navarro, D., Zapata, P.J., Guillén, F., Valero, D., Serrano, M., Martínez-Romero, D., 2010. Antifungal efficacy of *Aloe vera* in vitro and its use as a preharvest treatment to maintain postharvest table grape quality. *Postharvest Biology and Technology* 57: 183-188.

- Cavaliere, C., Foglia, P., Marini, F., Samperi, R., Antonacci, D., Laganà, A., 2010. The interactive effects of irrigation, nitrogen fertilisation rate, delayed harvest and storage on the polyphenol content in red grape (*Vitis vinifera*) berries: A factorial experimental design. *Food Chemistry* 122: 1176–1184.
- Cefola, M., Pace, B., Buttarò, D., Santamaria, P., Serio, F., 2011. Postharvest evaluation of soilless-grown table grape during storage in modified atmosphere. *Journal of Science and Food Agricultural* 91: 2153–2159.
- Chai, Y., Ott, D.B., Cash, J.N., 1991. Shelf-life extension of Michigan apples using sucrose polyester. *Journal of Food Processing and Preservation* 15: 197–214.
- Chapon, J.-F., Bony, P., Fraisse F., Carensac, S., 1991. Raisin de table: la préréfrigération. *Infos-Ctifl* 73: 33-36.
- Charmont, S., Lancelin, N., 2001. Analasi sensoriale: un nuovo metodo per valutare la qualità dell'uva da tavola. *Frutticoltura* 12: 49-51.
- Chen, S., Zhang, M., Wang, S., 2011. Effect of initial hermetic sealing on quality of 'Kyoho' grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology* 59: 194–199.
- Cisneros-Zevallos, L., Krochta, J.M., 2003. Whey protein coatings for fresh fruits and relative humidity effects. *Journal of Food Science* 68: 176-181.
- Cliff, M.A., Dever, M.C., Reynolds, A.G., 1996. Descriptive profiling of new and commercial British Columbia table grape cultivars. *American Journal of Enology and Viticulture* 47: 301-308.
- Comménil, P., Brunet, L., Audran, J.C., 1997. The development of the grape berry cuticle in relation to susceptibility to bunch rot disease. *Journal of Experimental Botany* 48: 1599-1607.
- Conde, C., Silva, P., Fontes, N., Dias, A.C.P., Tavares, R.M., Sousa, M.J., Agasse, A., Delrot, S., Gerós, H., 2007. Biochemical changes throughout grape berry development and fruit and wine quality. *Global Science Books* 1: 1–22.
- Costa, C., Lucera, A., Conte, A., Mastromatteo, M., Speranza, B., Antonacci, A., Del Nobile M.A., 2011. Effects of passive and active modified atmosphere packaging conditions on ready-to-eat table grape. *Journal of Food Engineering* 102: 115-121.

- Crisosto, C.H., Smilanick, J.L., Dokoozlian, N.K., Luvisi, D.A., 1994. Maintaining table grape post-harvest quality for long distant markets. *In* International symposium on table grape production, Rantz, J. M. (ed.), Anaheim, 195-199.
- Crisosto, C.H., Smilanick, J.L., Dokoozlian, N.K., 2001. Table grapes suffer water loss, stem browning during cooling delays. *California Agriculture* 55: 39-42.
- Crisosto, C.H., Garner, D., Crisosto, G.M., 2002a. Carbon dioxide-enriched atmospheres during cold storage limit losses from Botrytis but accelerate rachis browning of 'Red Globe' table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 26: 181-189.
- Crisosto, C.H., Garner, D., Crisosto, G., 2002b. High carbon dioxide atmospheres affect stored 'Thompson Seedless' table grapes. *HortScience* 37: 1074-1078.
- Crisosto, C.H., Mitcham, E.J., Kader, A.A., 2004. Uva de mesa. Recomendaciones para mantener la calidad postcosecha. Postharvest Technology Research & Information Center, University of California, Davis, 1-2.
- Dang, K.T.H., Singh, Z., Swinny, E.E., 2008. Edible coatings influence fruit ripening, quality, and aroma biosynthesis in mango fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 1361-1370.
- Del Nobile, M.A., Conte, A., Scrocco, C., Brescia, I., Speranza, B., Sinigaglia, M., Perniola, R., Antonacci, D., 2009. A study on quality loss of minimally processed grapes as affected by film packaging. *Postharvest Biology and Technology* 51: 21-26.
- Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., 2005. Changes in firmness, cell wall composition and cell wall hydrolases of grapes stored in high oxygen atmospheres. *Food Research International* 38: 769-776.
- Deng, Y., Wu, Y., Li, Y., 2006. Physiological responses and quality attributes of 'Kyoho' grapes to controlled atmosphere storage. *LWT - Food Science and Technology* 39: 584-590.
- Dhalla, R., Hanson, S.W., 1988. Effect of permeable coatings on the storage life of fruits. II. Pro-long treatment of mangoes (*Mangifera indica* L. cv. Julie). *International Journal of Food Science and Technology* 23: 107-112.

- Drake, S.R., Fellman, J.K., Nelson, J.W., 1987. Postharvest use of sucrose polyesters for extending the shelf-life of stored 'Golden Delicious' apples. *Journal of Food Science* 52: 1283-1285.
- Duan, J., Wu, R., Strik, B.C., Zhao, Y., 2011. Effect of edible coatings on the quality of fresh blueberries (Duke and Elliott) under commercial storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 59: 71-79.
- Fakhouri, F.M., Fontes, L.C.B., Gonçalves, P.V.M., Milanez, C.R., Steel, C.J., Collares-Queiroz, F.P., 2007. Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas 'Crimson'. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*: 27: 369-375.
- Fisk, L.C., Silver, M.A., Strik, B.C., Zhao, Y., 2008. Postharvest quality of hardy kiwifruit (*Actinidia arguta* 'Ananasnaya') associated with packaging and storage conditions. *Postharvest Biology and Technology* 47: 338-345.
- Grierson, W., Wardowski, W.E., 1978. Relative humidity effects on the postharvest life of fruits and vegetables. *HortScience* 13: 22-26.
- Jackman, R.L., Marangoni, A.G., Stanley, D.W., 1990. Measurement of tomato fruit firmness. *HortScience* 25: 781-783.
- Jang, S.-A., Shin, Y.-J., Song, K.B., 2011. Effect of rapeseed protein-gelatin film containing grapefruit seed extract on 'Maehyang' strawberry quality. *International Journal of Food Science and Technology* 46: 620-625.
- Jayasena, V., Cameron I., 2008. °Brix/acid ratio as a predictor of consumer acceptability of Crimson seedless table grapes. *Journal of Food Quality* 31: 736-750.
- Kader, A.A., Zagory, D., Kerbel, E.L., 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 28: 1-30.
- Kevers, C., Falkowski, M., Tabart, J., Defraigne, J.O., Dommes, J., Pincemail, J., 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 21: 8596-8603.
- Krochta, J., Mulder-Jonhston, C., 1997. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. *Food Technology* 51: 61-74.

- Lee, K.Y., Shimb, J., Lee H.G., 2004. Mechanical properties of gellan and gelatin composite films. *Carbohydrate Polymers* 56: 251-254.
- Letaief H., Rolle L., Gerbi, V., 2008 Mechanical behavior of winegrapes under compression tests. *American Journal of Enology and Viticulture* 5: 323-329.
- Lichter, A., Zutahy, Y., Kaplunov, T., Aharoni, L., Lurie, S., 2005. The effect of ethanol dip and modified atmosphere on prevention of Botrytis rot of table grapes. *HortTechnology* 15: 284-291.
- Lidster, P.D., Porrit, S.W., Tung, M.A., Voisey, P.W., 1978. A texture measurement technique for sweet cherries. *HortScience* 13: 536-538.
- Lurie, S., Pesis, E., Gadiyeva, O., Feygenberg, O., Ben-Arie, R., Kaplunov, T., Zutahy, Y., Lichter, A., 2006. Modified ethanol atmosphere to control decay of table grapes during storage. *Postharvest Biology and Technology* 42: 222-227.
- Lydakakis, D., Aked, J., 2003. Vapour heat treatment of Sultania table grapes. II: Effects on postharvest quality. *Postharvest Biology and Technology* 27: 117-126.
- Márquez, C.J., Cartagena, J.R., Pérez-Gago, M.B., 2009. Efecto de recubrimientos comestibles sobre la calidad en poscosecha del níspero japonés (*Eriobotrya japonica* T.). *Vitae* 16: 304-310.
- Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D., Serrano, M., 2003. Modified atmosphere packaging maintains quality of table grapes. *Journal of Food Science* 68: 1838-1843.
- Maury, C., Madieta, E., Le Moigne, M., Mehinagic, E., Siret, R., Jourjon, F., 2009. Development of a mechanical texture test to evaluate the ripening process of Cabernet Franc grapes. *Journal of Texture Studies* 40: 511-535.
- Meheriuk, M., Lau, O.L., 1988. Effect of two polymeric coatings on fruit quality of 'Bartlett' and 'D'Anjou' pears. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 113: 222-226.
- Meng, X., Li, B., Liu, J., Tian, S., 2008. Physiological responses and quality attributes of table grape fruit to chitosan preharvest spray and postharvest coating during storage. *Food Chemistry* 106: 501-508.

- Morris, J.R., 1980. Handling and marketing of muscadine grapes. *FruitSouth* 4: 12-14.
- Morris, J.R., Oswald, O.L., Main, G.L., Moore, J.N., Clark, J.R., 1992. Storage of new seedless grape cultivar with sulfur dioxide generators. *American Journal of Enology and Viticulture* 43: 230-232.
- Nanda, S., Rao, D.V.S., Krishnamurthy S., 2001. Effects of shrink film wrapping and storage temperature on the shelf life and quality of pomegranate fruits cv. Ganesh. *Postharvest Biology and Technology* 22: 61-69.
- OIV, 2001. *Code des caractères descriptifs des variétés et espèces de Vitis*. Office International de la Vigne et du Vin. Paris.
- Park, H.J., Chinnam, M.S., Shewfelt, R.L., 1994a. Edible corn zein film coating to extend storage life of tomatoes. *Journal of Food Processing and Preservation* 18: 317-331.
- Park, H.J., Chinnam, M.S., Shewfelt, R.L., 1994b. Edible coating effects on storage life and quality of tomatoes. *Journal of Food Science* 59: 568-570.
- Perkins-Veazie, P.M., Collins, J.K., Lloyd, J., Striegler, R.K., 1992. Influence of package on postharvest quality of Oklahoma and Arkansas table grapes. Research Note. *American Journal of Enology and Viticulture* 43: 79-82.
- Ribéreau-Gayon, J., Peynaud, E., Sudraud, P., Ribéreau-Gayon, P., 1998. *Traité d'Oenologie. Sciences et techniques du vin*. Dunod (ed.), Paris, 175 pp.
- Romanazzi, G., Nigro, F., Ippolito, A., Di Venere, D., Salerno, M., 2002. Effects of pre- and postharvest chitosan treatments to control storage grey mould of table grapes. *Journal of Food Science* 67: 1862-1867.
- Romanazzi, G., Karabulut, O.A., Smilanick, J.L., 2007. Combination of chitosan and ethanol to control postharvest gray mold of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 45: 134-140.
- Romero, I., Caballero, C.F., Sanchez-Ballesta, M.T., Escribano, M.I., Merodio, C., 2009. Influence of the stage of ripeness on phenolic metabolism and antioxidant activity in table grapes exposed to different CO₂ treatments. *Postharvest Biology and Technology* 54: 118-121.

- Rosenquist, J.K., Morrison, J.C., 1989. Some factors affecting cuticle and wax accumulation on grape berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 40: 241-244.
- Sanchez-Ballesta, M.T., Bernardo Jiménez, J., Romero, I., Orea, J.M., Maldonado R., González Ureña A., Escribano, M.I, Merodio, C., 2006. Effect of high CO₂ pretreatment on quality, fungal decay and molecular regulation of stilbene phytoalexin biosynthesis in stored table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 42: 209-216.
- Sanchez-Ballesta, M.T., Romero, I., Jiménez, J.B., Orea, J.M., González-Ureña, A., Escribano, M.I., Merodio, C., 2007. Involvement of the phenylpropanoid pathway in the response of table grapes to low temperature and high CO₂ levels. *Postharvest Biology and Technology* 46: 29-35.
- Sandhya, 2010. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs. *LWT - Food Science and Technology* 43: 381-392.
- Schreiner, M., Huyskens-Keil, S., Krubein, A., Prono-Widayat, H., Lüdders, P., 2003. Effect of film packaging and surface coating on primary and secondary plant compounds in fruit and vegetable products. *Journal of Food Engineering* 56: 237-240.
- Segade, S.R., Rolle, L., Gerbi, V., Orriols, I., 2008. Phenolic ripeness assessment of grape skin by texture analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* 21: 644– 649.
- Serrano, M., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D., Valero, D., 2006. Use of *Aloe vera* gel coating preserves the functional properties of table grapes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 3882-3886.
- Serrano-Megías, M., Núñez-Delicado, E., Pérez-López, A.J., López-Nicolás, J.M., 2006. Study of the effect of ripening stages and climatic conditions on the physicochemical and sensorial parameters of two varieties of *Vitis vinifera* L. by principal component analysis: influence on enzymatic browning. *Journal of Science and Food Agricultural* 86: 592–599.
- Smith, S., Geeson, J., Stow, J., 1987. Production of modified atmospheres in deciduous fruits by the use of films and coatings. *HortScience* 22: 772-776.

- Torchio, F., Cagnasso, E., Gerbi, V., Rolle, L., 2010. Mechanical properties, phenolic composition and extractability indices of Barbera grapes of different soluble solids contents from several growing areas. *Analytica Chimica Acta* 660: 183-189
- Valero, C., Ruiz-Altisent, M., 1998. Equipos de medida de calidad organoléptica en frutas. *Fruticultura Profesional* 95: 38-43.
- Valero, D., Valverde, J.M., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo S., Serrano, M., 2006. The combination of modified atmosphere packaging with eugenol or thymol to maintain quality, safety and functional properties of table grapes. *Postharvest Biology and Technology* 41: 317-327.
- Valverde, J.M., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M., Valero, D., 2005a. Improvement of table grapes quality and safety by the combination of modified atmosphere packaging (MAP) and eugenol, menthol, or thymol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 7458-7464.
- Valverde, J.M., Valero, D., Martínez-Romero, D., Guillén, F., Castillo, S., Serrano, M., 2005b. Novel edible coating based on *Aloe vera* gel to maintain table grape quality and safety. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53: 7807-7813.
- Vargas, A., Perez, J., Zoffoli, J.P., Perez, A., 2000. Evolución de la textura de bayas de uva del cv. Thompson Seedless. *Ciencia e Investigación Agraria* 27: 117-126.
- Verstreken, E., García, J.L., Ruiz-Altisent, M., De Baerdemaeker, J., 1995. Control moisture loss as a tool to reduce bruise susceptibility. *Control applications in postharvest and processing technology (CAPPT'95)*. De Baerdemaker, J., Vandewalle, J. (eds.), International Federation of Automatic Control, Ostend, 215-222.
- Vivaud, J., Charmont, S., Wagner, R., 1993. Le raisin de table. Ctifl – Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Legumes (ed.), Paris, 263 pp.
- Walker, T., Morris, J.R., Threlfall, R.T., Main, G.L., Lamikanra, O., Leong, S., 2001. Density separation, storage, shelf life, and sensory evaluation of 'Fry' muscadine grapes. *HortScience* 36: 941-945.
- Worrell, D.B., Carrington, C.M.S., Huber, D.J., 2002. The use of low temperature and coatings to maintain storage quality of breadfruit, *Artocarpus altilis* (Parks.) Fosb. *Postharvest Biology and Technology* 25: 33-40.

- Xu, W.-T., Huang, K.-L., Guo, F., Qu, W., Yang, J.-J., Liang, Z.-H., Luo, Y.-B., 2007. Postharvest grapefruit seed extract and chitosan treatments of table grapes to control *Botrytis cinerea*. *Postharvest Biology and Technology* 46: 86-94.
- Xu, W.-T., Peng X., Luo Y.-B., Wang, J., Guo, X., Huang, K.-L., 2009. Physiological and biochemical responses of grapefruit seed extract dip on 'Redglobe' grape. *LWT - Food Science and Technology* 42: 471-476.
- Yahia, E.M., Nelson, K.E., Kader, A.A., 1983. Postharvest quality and storage life of grape as influenced by CO₂ added to air or controlled atmospheres. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108: 1067-1071.
- Yaman, Ö., Bayındırlı, L., 2002. Effects of an edible coating and cold storage on shelf life and quality of cherries. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology* 35: 146-150.
- Zagory, D., Kader, A.A., 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technology* 42: 70-77.
- Zhou, R., Li, Y., Yan, L., Xie, J., 2011. Effect of edible coatings on enzymes, cell-membrane integrity, and cell-wall constituents in relation to brittleness and firmness of Huanghua pears (*Pyrus pyrifolia* Nakai, cv. Huanghua) during storage. *Food Chemistry* 124: 569-575.
- Zoffoli, J.P., Latorre, B.A., Naranjo P., 2008. Hairline, a postharvest cracking disorder in table grapes induced by sulfur dioxide. *Postharvest Biology and Technology* 47: 90-97.
- Zutahy, Y., Lichter, A., Kaplunov, T., Lurie, S., 2008. Extended storage of 'Red Globe' grapes in modified SO₂ generating pads. *Postharvest Biology and Technology* 50: 12-17.

5. CONSIDERACIONES FINALES

5. CONSIDERACIONES FINALES

En los últimos años, la uva 'Red Globe' ha tenido especial relevancia en el mercado global. Nuestro estudio pone de manifiesto que este cultivar presenta un elevado contenido en sólidos solubles y ratio sólidos solubles totales/acidez, que hacen que sea muy apreciada por los consumidores, y además posee una elevada resistencia a la rotura en compresión, lo que le confiere especial interés para la manipulación postcosecha y el transporte.

Uno de los objetivos de esta tesis fue la selección de aquellos ensayos reológicos que permitieran tanto la diferenciación de cultivares como la monitorización del comportamiento postcosecha de los frutos, con diferentes características de partida y en distintas condiciones de almacenamiento. Para ello, se realizaron ensayos de compresión, punción y penetración, con diferentes sondas, analizándose diversos parámetros de las curvas Fuerza/Deformación para los distintos experimentos llevados a cabo en este trabajo. Puede afirmarse que el ensayo de compresión de la baya resultó ser el más adecuado, siendo el coeficiente de elasticidad aparente calculado a 3 mm de deformación el parámetro más idóneo, ya que aporta información de la baya en su conjunto y además está correlacionado con otros parámetros reológicos. La compresión requiere un menor tiempo de preparación de la muestra, lo que permite realizar un mayor número de determinaciones. En trabajos futuros sería interesante profundizar en el estudio del ensayo de compresión para establecer aquellas condiciones que garanticen el carácter no destructivo del mismo.

El hecho de haber trabajado con uvas de partida de características muy diferentes nos ha permitido obtener una amplia información sobre la aptitud postcosecha del cultivar Red Globe. La calidad de la materia prima es un factor determinante en el potencial postcosecha. Así, una uva de buena calidad, como la de la primera campaña, puede conservarse a 0 °C y 90 % de humedad relativa hasta, por lo menos, tres meses. Por el contrario, el período de almacenamiento se ve reducido notablemente en los frutos cosechados tras lluvias intensas, lo que es frecuente al final del verano.

En el almacenamiento prolongado, las atmósferas modificadas con películas plásticas de polietileno y polipropileno fueron eficaces para reducir las pérdidas de peso, y no tuvieron efectos negativos sobre otros aspectos de la calidad. Sería conveniente, en trabajos futuros, evaluar la eficacia de los tratamientos de atmósfera modificada tras el mantenimiento de las uvas a temperatura ambiente durante un período de tiempo variable (vida útil).

El empleo del recubrimiento comestible a base de gelatina permitió que las uvas mantenidas en refrigeración durante tres meses fueran aptas para la comercialización, mientras que los ésteres de sacarosa sólo resultaron adecuados para almacenamientos tan prolongados en la primera campaña. Por tanto, una vez más las características de la materia prima son la clave para el éxito de la conservación.

Los frutos después de su almacenamiento en refrigeración suelen mantenerse a temperatura ambiente durante algunos días, ya sea en el punto de venta o en la casa del consumidor. Por este motivo, y sobre todo desde el punto de vista del consumidor, resulta de interés comprobar si el efecto de los tratamientos se mantiene durante la vida útil. En nuestro estudio las uvas control y con gelatina, cosechadas tras fuertes lluvias, presentaron características que permitían su comercialización a los 60 días de refrigeración más 8 días de vida útil. El recubrimiento de ésteres de sacarosa penalizó el descriptor sensorial *Sabor*, tras refrigeración y refrigeración más vida útil.

Cuando las uvas no se someten a refrigeración, para un consumo inmediato, los recubrimientos comestibles reducen las pérdidas de peso, sin modificaciones en el comportamiento reológico y sensorial respecto a los frutos control.

ANEXOS

ANEXO I. CALIDAD DE LA UVA EN REFRIGERACIÓN

- ANEXO I.1.** Efecto de la campaña y del período de refrigeración en las pérdidas de peso de los racimos.
- ANEXO I.2.** Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales.
- ANEXO I.3.** Efecto de la campaña y del período de refrigeración en las coordenadas e índice de color.
- ANEXO I.4.** Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de compresión.
- ANEXO I.5.** Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de punción.
- ANEXO I.6.** Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de penetración.
- ANEXO I.7.** Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los descriptores sensoriales.

ANEXO I.1.

Efecto de la campaña y del período de refrigeración en las pérdidas de peso de los racimos.

	Campaña (Camp)	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días)					F		
			(Pref)					(p)		
			30	45	60	90	Global	Camp	Pref	CampxPref
Pérdidas de peso (%)	I	Control	1,16±0,03	1,59±0,22	2,54±0,37	4,70±0,48	2,50±1,46	28	222	1,9
	II	Control	1,31±0,09	2,22±0,16	3,37±0,24	5,48±0,33	3,10±1,64	(0,015)	(0,000)	(0,017)
	Global		1,24±0,11 a	1,90±0,39 b	2,95±0,54 c	5,09±0,56 d				

Valor medio y desviación estándar (N=3). Letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO I.2.

Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los sólidos solubles totales (SST), acidez, índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales.

	Campaña (Camp)	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días)					F			
			(Pref)					(p)			
			0	30	45	60	90	Global	Camp	Pref	CampxPref
SST (°Brix)	I	Control	20,4±0,22	19,1±0,44	20,2±0,29	20,4±0,69	19,7±0,10	19,9±0,62	2375	20	2,7
	II	Control	14,7±0,02	13,8±0,23	14,5±0,03	15,5±0,12	14,8±0,08	14,7±0,55	(0,000)	(0,000)	(0,061)
	Global		17,5±3,11 bc	16,5±2,87 a	17,3±3,11 b	17,9±2,73 c	17,3±2,65 b				
Acidez (g 100 g ⁻¹)	I	Control	0,34±0,01 ab	0,34±0,01 b	0,31±0,03 a	0,34±0,03 ab	0,37±0,01 bc		31	8,8	11
	II	Control	0,39±0,01 c	0,39±0,00 c	0,35±0,01 b	0,35±0,02 b	0,34±0,00 ab		(0,000)	(0,000)	(0,000)
SST/Ac	I	Control	61±3,0 ef	56±1,0 de	66±3,4 f	60±3,1 ef	54±1,9 d		634	14	13
	II	Control	38±0,4 ab	35±0,8 a	41±0,9 abc	44±2,3 bc	44±0,7 c		(0,000)	(0,000)	(0,000)
Fenoles totales (mg kg ⁻¹)	I	Control	1163±66 e	964±32 cd	1058±50 de	1102±27 e	898±71 c		873	18	10
	II	Control	654±36 b	517±9,4 a	667±6,1 b	553±24 ab	617±26 ab		(0,000)	(0,000)	(0,000)

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO I.3.

Efecto de la campaña y del período de refrigeración en las coordenadas e índice de color.

	Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de refrigeración (días)					<i>F</i>		
			(<i>Pref</i>)					(<i>p</i>)		
			0	30	45	60	90	<i>Camp</i>	<i>Pref</i>	<i>CampxPref</i>
<i>L*</i>	I	Control	28,4±0,96 a	26,8±1,90 a	27,2±1,27 a	28,2±1,20 a	27,5±1,26 a	6,2	5,6	5,7
	II	Control	30,2±1,34 ab	28,9±2,07 ab	26,7±1,53 a	26,1±0,96 a	32,6±1,18 b	(0,022)	(0,004)	(0,003)
<i>a*</i>	I	Control	6,75±1,24 abc	8,23±0,80 bc	5,38±0,98 abc	6,96±1,96 abc	6,72±1,03 abc	3,2	5,0	3,3
	II	Control	8,90±1,48 c	5,78±2,20 abc	4,18±0,74 a	4,58±0,34 ab	6,46±0,69 abc	(0,090)	(0,006)	(0,031)
<i>b*</i>	I	Control	1,68±0,56 ab	2,03±0,35 ab	1,00±0,27 a	1,89±0,83 ab	1,34±0,11 a	0,01	7,1	3,8
	II	Control	3,18±0,86 b	1,73±0,99 ab	0,69±0,16 a	1,13±0,20 a	1,30±0,07 a	(0,922)	(0,001)	(0,019)
<i>C*</i>	I	Control	6,98±1,34 abc	8,49±0,87 bc	5,50±1,03 ab	7,24±2,11 abc	6,87±1,04 abc	2,4	5,1	3,4
	II	Control	9,49±1,67 c	6,06±2,39 abc	4,31±0,75 a	4,73±0,38 ab	6,62±0,70 abc	(0,139)	(0,005)	(0,029)
<i>H (°)</i>	I	Control	13,3±2,14 bcd	13,4±0,73 bcd	9,75±0,97 ab	13,9±3,22 bcd	10,5±0,94 abc	2,1	14	3,6
	II	Control	19,1±2,15 d	15,6±3,07 cd	7,22±2,44 a	13,6±1,79 bcd	10,7±0,38 abc	(0,166)	(0,000)	(0,023)
<i>CIRG</i>	I	Control	4,7±0,36 abc	4,8±0,28 abc	5,2±0,37 bc	4,7±0,54 abc	5,0±0,32 abc	0,08	6,0	3,5
	II	Control	4,1±0,35 a	4,8±0,66 abc	5,6±0,34 c	5,4±0,27 bc	4,3±0,20 ab	(0,782)	(0,002)	(0,026)

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO I.4.

Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de compresión.

	Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de refrigeración (días)			<i>F</i>		
			(<i>Pref</i>)			(<i>p</i>)		
			0	45	90	<i>Camp</i>	<i>Pref</i>	<i>CampxPref</i>
F3/Dp (N mm ⁻¹)	I	Control	1,67±0,08 b	1,15±0,17 a	1,46±0,05 ab	41	0,74	22
	II	Control	1,67±0,18 b	2,11±0,11 c	1,70±0,14 b	(0,000)	(0,500)	(0,000)
Dp (mm)	I	Control	9,09±0,53 ab	9,28±0,11 ab	9,90±0,08 b	7,2	2,3	11
	II	Control	9,61±0,30 b	8,75±0,38 a	8,76±0,18 a	(0,020)	(0,147)	(0,002)
FMp (N)	I	Control	28,8±3,86 bc	22,9±0,69 a	29,4±0,83 c	32	1,2	10
	II	Control	21,3±2,49 a	23,6±1,36 ab	19,8±0,94 a	(0,000)	(0,324)	(0,002)
FM/Dp (N mm ⁻¹)	I	Control	3,16±0,23 c	2,48±0,09 ab	2,98±0,07 c	30	0,33	19
	II	Control	2,22±0,18 a	2,75±0,26 bc	2,27±0,16 ab	(0,000)	(0,728)	(0,000)
Wp (mJ)	I	Control	101±15 ab	78±5,0 a	110±2,1 b	5,4	2,1	9,1
	II	Control	90±17 ab	92±2,3 ab	76±2,4 a	(0,039)	(0,171)	(0,004)

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

Por error a los 30 días en la primera campaña y 60 días en la segunda la sonda produjo una deformación de 8 mm en lugar de los 10 mm utilizados en los demás muestreos. Por ello, no se muestran los resultados obtenidos en dichos muestreos.

ANEXO I.5.

Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de punción.

	Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de refrigeración (días)					<i>F</i>		
			(<i>Pref</i>)					<i>(p)</i>		
			0	30	45	60	90	<i>Camp</i>	<i>Pref</i>	<i>CampxPref</i>
Dag (mm)	I	Control	1,27±0,22 ab	1,13±0,19 ab	1,94±0,32 c	1,23±0,14 ab	1,42±0,19 b	41	7,3	5,4
	II	Control	0,90±0,10 a	1,17±0,06 ab	1,08±0,10 ab	0,85±0,11 a	1,01±0,01 ab	(0,000)	(0,001)	(0,004)
FMag (N)	I	Control	0,94±0,05 e	0,67±0,02 cd	0,75±0,06 cd	0,98±0,04 e	0,67±0,07 cd	119	4,6	55
	II	Control	0,45±0,02 a	0,79±0,04 d	0,73±0,05 cd	0,49±0,05 ab	0,62±0,02 bc	(0,000)	(0,008)	(0,000)
FM/Dag (N mm ⁻¹)	I	Control	0,80±0,14 c	0,67±0,12 bc	0,42±0,05 a	0,85±0,06 c	0,53±0,10 ab	0,33	5,8	15
	II	Control	0,56±0,02 ab	0,72±0,04 bc	0,74±0,04 bc	0,66±0,01 bc	0,67±0,02 bc	(0,574)	(0,003)	(0,000)
Wag (mJ)	I	Control	0,65±0,10 cd	0,42±0,06 ab	0,74±0,14 d	0,64±0,08 cd	0,50±0,05 bc	81	4,4	13
	II	Control	0,23±0,04 a	0,50±0,04 bc	0,42±0,06 ab	0,23±0,05 a	0,37±0,01 ab	(0,000)	(0,010)	(0,000)

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO I.6.

Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de penetración.

	Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de refrigeración (días)					<i>F</i>		
			(Pref)					<i>(p)</i>		
			0	30	45	60	90	<i>Camp</i>	<i>Pref</i>	<i>CampxPref</i>
Dp2 (mm)	I	Control	3,49±0,24 a-d	3,63±0,02 a-d	4,35±0,15 e	3,78±0,18 bcd	4,01±0,05 de	32	14	4,4
	II	Control	3,46±0,17 abc	3,14±0,19 a	3,57±0,14 a-d	3,28±0,36 ab	3,93±0,06 cde	(0,000)	(0,000)	(0,003)
FMp2 (N)	I	Control	3,52±0,26 c	3,03±0,04 b	2,90±0,14 b	3,89±0,12 c	2,99±0,09 b	65	5,9	28
	II	Control	2,41±0,04 a	2,93±0,20 b	3,05±0,10 b	2,73±0,21 ab	3,02±0,13 b	(0,000)	(0,000)	(0,010)
FM/Dp2 (N mm ⁻¹)	I	Control	1,03±0,06 d	0,86±0,01 bc	0,68±0,02 a	1,05±0,05 d	0,76±0,03 ab	6,4	23	39
	II	Control	0,72±0,03 a	0,96±0,05 cd	0,89±0,06 c	0,86±0,04 bc	0,77±0,04 ab	(0,020)	(0,000)	(0,000)
Wp2 (mJ)	I	Control	6,18±0,85 cd	6,05±0,15 bcd	6,02±0,42 bcd	7,59±0,32 e	5,99±0,16 bcd	50	4,4	10
	II	Control	4,26±0,28 a	4,89±0,58 abc	5,53±0,05 a-d	4,72±0,83 ab	6,27±0,33 de	(0,000)	(0,010)	(0,000)
Fp2 (N)	I	Control	0,33±0,03 cd	0,33±0,02 cd	0,37±0,03 d	0,47±0,04 e	0,32±0,02 cd	81	15	6,9
	II	Control	0,25±0,02 ab	0,32±0,02 bcd	0,29±0,01 abc	0,30±0,02 a-d	0,24±0,03 a	(0,000)	(0,000)	(0,001)
Fpulpap2 (N)	I	Control	0,26±0,01 a	0,29±0,02 ab	0,37±0,02 c	0,40±0,01 c	0,29±0,01 b	72	25	6,9
	II	Control	0,24±0,02 ab	0,27±0,03 ab	0,27±0,04 ab	0,29±0,00 b	0,23±0,00 a	(0,000)	(0,000)	(0,001)

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO I.7.

Efecto de la campaña y del período de refrigeración en los descriptores sensoriales.

	Campaña (Camp)	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)						F (p)		
			0	30	45	60	90	Global	Camp	Pref	CampxPref
Intensidad de color de la piel	I	Control	6,8±1,25	8,2±0,89	7,5±1,35	8,0±1,24	7,7±1,06	7,7±1,06	11	1,8	1,7
	II	Control	7,1±1,22	7,4±0,82	6,0±1,52	6,2±1,40	7,0±1,22	6,8±1,31	(0,002)	(0,133)	(0,156)
Firmeza de la piel	I	Control	7,5±1,38	7,3±1,31	6,2±1,06	7,1±1,15	5,8±1,81		0,57	2,9	1,1
	II	Control	7,2±0,82	6,9±0,85	6,0±1,09	6,2±0,97	6,7±1,26		(0,457)	(0,027)	(0,341)
	Global		7,3±1,10 a	7,1±1,09 a	6,1±1,04 a	6,6±1,13 a	6,3±1,57 a				
Firmeza de la pulpa	I	Control	7,5±1,38	6,6±1,12	5,8±0,60	7,4±0,55	6,2±1,51		3,7	2,7	1,4
	II	Control	6,6±1,23	5,9±0,75	6,2±1,63	6,2±1,08	6,1±0,55		(0,059)	(0,038)	(0,253)
	Global		7,0±1,33 a	6,2±0,98 a	6,0±1,20 a	6,8±1,05 a	6,1±1,10 a				
Sabor dulce	I	Control	7,4±1,63	7,1±0,98	6,6±1,55	7,0±0,62	6,6±0,59	7,0±1,14	8,1	0,90	0,22
	II	Control	7,0±1,44	6,7±1,09	6,4±1,29	6,5±0,90	6,4±0,86	6,2±1,02	(0,006)	(0,471)	(0,927)
Sabor	I	Control	7,1±1,34 d	7,1±0,67 cd	5,2±1,40 abc	6,6±0,81 bcd	6,4±1,52 bcd		19	4,8	3,3
	II	Control	6,7±0,82 bcd	4,9±0,95 ab	5,5±1,68 a-d	5,5±0,81 a-d	4,4±0,44 a		(0,000)	(0,002)	(0,015)
Apreciación global	I	Control	7,3±0,95 c	7,2±0,43 c	6,1±0,84 abc	7,0±0,67 c	6,6±1,29 c		32	4,3	4,0
	II	Control	6,6±0,80 c	5,1±1,15 ab	6,1±1,29 bc	5,9±0,79 abc	4,6±0,72 a		(0,000)	(0,003)	(0,006)

Valor medio y desviación estándar (N=8). Para cada descriptor, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

**ANEXO II. ATMÓSFERAS MODIFICADAS CON POLIETILENO Y
POLIPROPILENO**

- ANEXO II.1.** Efecto de las películas de polietileno y polipropileno y del período de refrigeración en la composición de la atmósfera interna de los envases.
- ANEXO II.2.** Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en las pérdidas de peso de los racimos.
- ANEXO II.3.** Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales.
- ANEXO II.4.** Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en las coordenadas e índice de color.
- ANEXO II.5.** Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de compresión.
- ANEXO II.6.** Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de punción.
- ANEXO II.7.** Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de penetración.
- ANEXO II.8.** Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los descriptores sensoriales.

ANEXO II.1.

Efecto de las películas de polietileno y polipropileno y del período de refrigeración en la composición de la atmósfera interna de los envases.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)						F		
		15	30	45	60	75	90	Trat	Pref	TratxPref
O ₂	Polietileno	13,28±1,08 ab	14,12±0,98 ab	14,31±0,97 ab	13,01±0,44 ab	12,95±1,80 ab	13,19±1,25 ab	339	5,2	4,7
(%)	Polipropileno	9,89±2,53 b	5,15±0,96 c	5,26±0,94 c	4,11±1,66 c	3,90±0,61 c	3,48±1,37 c	(0,000)	(0,002)	(0,004)
CO ₂	Polietileno	0,46±0,39 f	2,30±0,30 e	2,38±0,22 e	2,73±0,23 de	2,63±0,42 de	2,61±0,27 de	333	9,1	2,8
(%)	Polipropileno	6,07±1,87 cd	8,89±0,08 ab	8,38±0,83 ab	12,77±3,14 b	8,87±1,40 ab	10,23±0,62 ab	(0,000)	(0,000)	(0,039)

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO II.2.

Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en las pérdidas de peso de los racimos.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)						F		
		15	30	45	60	75	90	Trat	Pref	TratxPref
Pérdidas	Control	0,79±0,15 b	1,16±0,03 b	1,59±0,22 c	2,54±0,37 d	3,30±0,35 e	4,70±0,48 f	1032	79	65
de peso	Polietileno	-0,05±0,01 a	-0,02±0,01 a	-0,01±0,03 a	0,04±0,00 a	0,05±0,00 a	0,06±0,02 a	(0,000)	(0,000)	(0,000)
(%)	Polipropileno	-0,06±0,02 a	-0,02±0,02 a	0,01±0,01 a	0,13±0,03 a	0,03±0,01 a	0,10±0,05 a			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO II.3.

Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los sólidos solubles totales (SST), acidez, índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales.

	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de refrigeración (días) (<i>Pref</i>)							<i>F</i> (<i>p</i>)		
		0	15	30	45	60	75	90	<i>Trat</i>	<i>Pref</i>	<i>TratxPref</i>
SST (°Brix)	Control	20,4±0,22 de	19,2±0,54 abc	19,1±0,44 ab	20,2±0,29 cd	20,4±0,69 de	20,0±0,37 bcd	19,7±0,10 bcd	4,2	13	12
	Polietileno		19,0±0,20 ab	19,0±0,42 ab	20,7±0,23 de	20,1±0,44 bcd	19,6±0,32 a-d	20,5±0,08 de	(0,022)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		21,3±0,20 e	20,0±0,33 bcd	20,2±0,07 cde	20,5±0,17 de	19,9±0,49 bcd	18,6±0,46 a			
Acidez (g 100 g ⁻¹)	Control	0,34±0,01 a-d	0,34±0,01 a-d	0,34±0,01 a-d	0,31±0,01 a	0,34±0,03 a-d	0,32±0,03 abc	0,37±0,01 d	3,6	5,4	3,8
	Polietileno		0,35±0,01 a-d	0,34±0,00 a-d	0,33±0,00 a-d	0,36±0,02 cd	0,35±0,01 bcd	0,36±0,01 bcd	(0,038)	(0,000)	(0,001)
	Polipropileno		0,32±0,01 ab	0,36±0,01 cd	0,34±0,01 a-d	0,32±0,01 ab	0,36±0,00 cd	0,34±0,02 a-d			
SST/Ac	Control	61±3,0 bcd	58±3,3 abc	56±1,0 abc	66±3,4 d	60±3,1 a-d	62±4,4 bcd	54±1,9 ab	4,5	13	6,2
	Polietileno		55±1,6 a	55±1,1 ab	63±0,6 cd	57±1,9 abc	56±1,4 abc	57±1,9 abc	(0,017)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		67±1,7 d	55±1,8 ab	60±2,6 a-d	65±2,3 d	55±0,8 ab	55±2,7 ab			
Fenoles totales (mg kg ⁻¹)	Control	1163±66 fg	1069±18 c-f	964±32 bcd	1058±50 c-f	1102±27 def	931±13 abc	898±71 ab	0,53	25	17
	Polietileno		1063±34 c-f	871±38 ab	1180±88 fg	936±21 abc	942±24 bc	972±36 b-e	(0,593)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		1108±43 efg	1245±102 g	940±19 bc	794±22 a	995±32 b-e	990±30 b-e			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO II.4.

Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en las coordenadas e índice de color.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)							F (p)			
		0	15	30	45	60	75	90	Global	Trat	Pref	TratxPref
<i>L*</i>	Control	28,4±0,96	28,9±1,35	26,8±1,90	27,2±1,27	28,2±1,20	27,7±1,07	27,5±1,26		0,35	2,4	0,37
	Polietileno		28,8±1,18	27,7±1,63	26,9±1,50	28,2±1,12	28,4±0,92	28,3±1,05		(0,706)	(0,041)	(0,967)
	Polipropileno		28,3±1,05	26,1±1,65	27,4±0,89	27,7±1,33	28,2±1,32	28,6±1,37				
	Global	28,4±0,83 a	28,7±1,09 a	26,9±1,64 a	27,2±1,10 a	28,1±1,09 a	28,1±1,02 a	28,1±1,18 a				
<i>a*</i>	Control	6,75±1,24 abc	8,10±1,08 abc	8,23±0,80 abc	5,38±0,98 ab	6,96±1,96 abc	5,96±0,95 abc	6,72±1,03 abc		5,7	3,9	2,6
	Polietileno		8,50±0,50 bc	7,72±0,90 abc	6,99±1,27 abc	6,67±1,77 abc	8,36±1,22 bc	9,72±0,52 c		(0,006)	(0,003)	(0,012)
	Polipropileno		5,31±0,59 ab	6,24±1,73 abc	6,37±1,68 abc	4,55±0,55 a	8,12±0,84 abc	8,81±1,90 bc				
<i>b*</i>	Control	1,68±0,56 abc	2,01±0,32 abc	2,03±0,35 abc	1,00±0,27 ab	1,89±0,83 abc	1,25±0,33 ab	1,34±0,11 abc		5,3	2,7	2,7
	Polietileno		2,04±0,31 abc	1,60±0,32 abc	1,41±0,30 abc	1,70±0,76 abc	2,29±0,51 bc	2,77±0,22 c		(0,009)	(0,025)	(0,008)
	Polipropileno		0,73±0,18 a	1,31±0,67 abc	1,28±0,75 ab	1,02±0,12 ab	1,83±0,16 abc	2,26±0,86 bc				
<i>C*</i>	Control	6,98±1,34 abc	8,37±1,14 abc	8,49±0,87 abc	5,50±1,03 ab	7,24±2,11 abc	6,10±1,00 ab	6,87±1,04 abc		5,6	3,7	2,5
	Polietileno		8,77±0,56 bc	7,90±0,94 abc	7,14±1,31 abc	6,90±1,90 abc	8,68±1,30 abc	10,1±0,56 c		(0,007)	(0,005)	(0,013)
	Polipropileno		5,43±0,62 ab	6,39±1,84 abc	6,52±1,81 abc	4,69±0,57 a	8,33±0,85 abc	9,12±2,06 bc				
<i>H</i> (°)	Control	13,3±2,14 bc	13,1±0,44 bc	13,4±0,73 bc	9,75±0,97 ab	13,9±3,22 bc	11,0±1,21 bc	10,5±0,94 bc		7,4	4,8	4,2
	Polietileno		12,9±1,14 bc	11,3±1,17 bc	10,9±1,09 bc	13,6±4,47 bc	14,7±1,55 bc	15,6±0,46 c		(0,002)	(0,001)	(0,000)
	Polipropileno		4,64±1,58 a	10,4±2,65 bc	10,6±3,51 bc	12,2±0,96 bc	12,6±0,80 bc	13,3±2,67 bc				
<i>CIRG</i>	Control	4,7±0,36	4,5±0,32	4,8±0,28	5,2±0,37	4,7±0,54	5,1±0,33	5,0±0,32	4,9±0,39 ab	3,4	1,9	1,5
	Polietileno		4,5±0,23	4,8±0,37	5,0±0,41	4,8±0,46	4,5±0,32	4,3±0,19	4,7±0,37 a	(0,043)	(0,098)	(0,153)
	Polipropileno		5,3±0,26	5,3±0,60	5,0±0,46	5,2±0,28	4,6±0,23	4,5±0,47	4,9±0,46 b			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO II.5.

Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de compresión.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)						F (p)		
		0	15	45	60	75	90	Trat	Pref	TratxPref
		F3/Dp (N mm ⁻¹)	Control	1,67±0,08 bcd	1,89±0,15 b-e	1,15±0,17 a	2,22±0,14 efg	1,97±0,25 cde	1,46±0,05 ab	101
	Polietileno		2,62±0,10 gh	2,29±0,14 efg	2,83±0,05 h	2,71±0,23 gh	2,56±0,34 fgh	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		1,50±0,07 abc	1,91±0,11 b-e	1,71±0,20 bcd	2,08±0,06 def	2,57±0,17 fgh			
Dp (mm)	Control	9,09±0,53	9,20±0,38	9,28±0,11	9,76±0,12	9,78±0,24	9,90±0,08	2,5	11	1,5
	Polietileno		9,53±0,06	9,59±0,16	9,56±0,05	9,93±0,10	9,91±0,08	(0,093)	(0,000)	(0,165)
	Polipropileno		9,90±0,02	9,87±0,09	9,63±0,27	9,93±0,03	9,77±0,18			
	Global	9,09±0,46 a	9,54±0,36 b	9,58±0,28 b	9,65±0,17 b	9,88±0,15 b	9,86±0,13 b			
FMp (N)	Control	28,8±3,86 abc	28,7±4,82abc	22,9±0,69 a	39,0±1,44 cde	34,8±1,03 bcd	29,4±0,83 abc	34	7,3	7,7
	Polietileno		46,9±2,69 e	37,1±2,29 b-e	46,4±3,33 e	41,5±4,31 de	34,6±8,48 bcd	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		28,9±1,35 abc	33,3±2,03 a-d	27,7±3,77 ab	29,8±2,15 abc	37,4±3,77 b-e			
FM/Dp (N mm ⁻¹)	Control	3,16±0,23 a-d	3,11±0,39 abc	2,48±0,09 a	4,00±0,15 c-f	3,58±0,20 bcd	2,98±0,07 abc	42	6,3	9,5
	Polietileno		4,93±0,25 f	3,87±0,19 b-e	4,88±0,32 ef	4,19±0,43 def	3,51±0,88 a-d	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		2,93±0,13 ab	3,39±0,18 a-d	2,87±0,34 ab	3,02±0,21 abc	3,87±0,46 b-e			
Wp (mJ)	Control	101±15 ab	105±13 ab	78±5,0 a	148±2,1 def	133±3,2 b-e	110±2,1 abc	49	17	8,9
	Polietileno		169±9,3 ef	144±13 c-f	175±7,3 f	170±18 f	149±28 def	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		107±4,7 ab	128±7,4 bcd	107±15 ab	126±2,4 bcd	153±9,4 def			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

Por error a los 30 días la sonda produjo una deformación de 8 mm en lugar de los 10 mm utilizados en los demás muestreos. Por ello, no se muestran los resultados obtenidos en dicho muestreo.

ANEXO II.6.

Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de punción.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)							F (p)		
		0	15	30	45	60	75	90	Trat	Pref	TratxPref
Dag (mm)	Control	1,27±0,22 abc	1,11±0,14 ab	1,13±0,19 ab	1,94±0,32 c	1,23±0,14 ab	1,47±0,26 abc	1,42±0,19 abc	5,5 (0,007)	2,4 (0,042)	3,1 (0,003)
	Polietileno		1,52±0,14 abc	1,12±0,20 ab	1,24±0,17 ab	1,25±0,10 ab	0,91±0,10 ab	0,84±0,07 a			
	Polipropileno		1,54±0,33 bc	1,33±0,20 abc	1,34±0,24 abc	1,38±0,50 abc	1,29±0,13 abc	1,33±0,19 abc			
FMag (N)	Control	0,94±0,05 bc	0,77±0,12 ab	0,67±0,02 a	0,75±0,06 ab	0,98±0,04 bc	0,86±0,03 abc	0,67±0,07 a	1,6 (0,217)	11 (0,000)	5,2 (0,000)
	Polietileno		0,69±0,12 a	0,73±0,04 ab	0,86±0,07 abc	1,11±0,06 c	0,89±0,13 abc	0,65±0,18 a			
	Polipropileno		0,90±0,06 abc	0,83±0,04 ab	0,76±0,08 ab	0,78±0,08 ab	0,81±0,11 ab	0,90±0,12 abc			
FM/Dag (N mm ⁻¹)	Control	0,80±0,14 bc	0,79±0,15 abc	0,67±0,12 abc	0,42±0,05 a	0,85±0,06 bc	0,63±0,12 abc	0,53±0,10 ab	5,3 (0,009)	3,5 (0,007)	3,3 (0,002)
	Polietileno		0,51±0,10 ab	0,73±0,11 abc	0,75±0,14 abc	0,91±0,10 c	0,98±0,04 c	0,82±0,11 bc			
	Polipropileno		0,66±0,16 abc	0,69±0,12 abc	0,62±0,08 abc	0,66±0,22 abc	0,62±0,10 abc	0,75±0,16 abc			
Wag (mJ)	Control	0,65±0,10 bcd	0,47±0,03 a-d	0,42±0,06 ab	0,74±0,14 d	0,64±0,08 bcd	0,65±0,07 bcd	0,50±0,05 a-d	3,9 (0,027)	6,0 (0,000)	3,8 (0,001)
	Polietileno		0,53±0,08 a-d	0,44±0,07 abc	0,57±0,02 a-d	0,74±0,01 d	0,46±0,05 abc	0,32±0,11 a			
	Polipropileno		0,70±0,10 cd	0,57±0,03 a-d	0,57±0,13 a-d	0,56±0,18 a-d	0,56±0,08 a-d	0,62±0,07 bcd			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO II.7.

Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de penetración.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días)							F		
		(Pref)							(p)		
		0	15	30	45	60	75	90	Trat	Pref	TratxPref
Dp2 (mm)	Control	3,49±0,24 abc	3,63±0,08 abc	3,63±0,02 abc	4,35±0,15 d	3,78±0,18 bc	3,78±0,15 bc	4,01±0,05 d	8,3	9,3	5,4
	Polietileno		3,97±0,12 cd	3,60±0,08 abc	3,67±0,08 abc	3,92±0,13 cd	3,19±0,12 a	3,29±0,26 ab	(0,001)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		3,79±0,03 bc	3,95±0,30 cd	3,80±0,29 bc	3,95±0,09 cd	3,51±0,29 abc	3,54±0,10 abc			
FMp2 (N)	Control	3,52±0,26 c-f	2,94±0,13 abc	3,03±0,04 abc	2,90±0,14 a	3,89±0,12 fg	3,51±0,33 b-f	2,99±0,09 abc	14	15	10
	Polietileno		3,16±0,17 a-e	3,09±0,03 a-d	3,66±0,13 def	4,26±0,30 g	3,67±0,13 def	3,11±0,12 a-d	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		3,74±0,14 efg	3,19±0,19 a-e	2,75±0,22 a	2,92±0,19 a	3,28±0,37 a-e	2,93±0,04 ab			
FM/Dp2 (N mm ⁻¹)	Control	1,03±0,06 ghi	0,84±0,05 bcd	0,86±0,01 b-e	0,68±0,02 a	1,05±0,05 ghi	0,94±0,05 c-g	0,76±0,03 ab	46	30	17
	Polietileno		0,82±0,04 bc	0,88±0,02 b-f	1,03±0,02 ghi	1,10±0,07 hi	1,17±0,03 i	0,98±0,09 e-h	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		1,00±0,05 fgh	0,83±0,03 bcd	0,76±0,01 ab	0,76±0,07 ab	0,97±0,05 d-h	0,86±0,02 b-e			
Wp2 (mJ)	Control	6,18±0,85 abc	5,67±0,17 a	6,05±0,15 ab	6,02±0,42 ab	7,59±0,32 bcd	6,81±0,84 a-d	5,99±0,16 ab	0,86	7,3	5,2
	Polietileno		6,63±0,54 a-d	5,25±0,07 a	6,54±0,32 abc	8,33±0,89 d	6,46±0,43 abc	5,67±0,43 a	(0,430)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		7,79±0,18 cd	6,67±0,80 a-d	5,62±0,82 a	5,90±0,44 a	5,92±0,98 a	5,29±0,21 a			
Fp2 (N)	Control	0,33±0,03 a	0,36±0,03 ab	0,33±0,02 a	0,37±0,03 abc	0,47±0,04 cd	0,42±0,03 a-d	0,32±0,02 a	23	10	6,0
	Polietileno		0,32±0,01 a	0,40±0,03 a-d	0,47±0,06 cd	0,49±0,01 d	0,46±0,05 cd	0,45±0,02 bcd	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		0,39±0,02 a-d	0,32±0,05 a	0,35±0,05 ab	0,32±0,04 a	0,37±0,02 abc	0,35±0,02 ab			
Fpulpap2 (N)	Control	0,26±0,01 a	0,35±0,02 b-f	0,29±0,02 ab	0,37±0,02 c-f	0,40±0,01 ef	0,36±0,02 b-f	0,29±0,01 ab	12	22	9,2
	Polietileno		0,26±0,02 a	0,35±0,05 b-f	0,38±0,01 c-f	0,40±0,02 f	0,41±0,02 f	0,39±0,06 def	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Polipropileno		0,35±0,03 b-f	0,33±0,01 a-e	0,33±0,02 a-e	0,32±0,02 a-d	0,31±0,01 abc	0,31±0,01 abc			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO II.8.

Efecto de la modificación de la atmósfera con películas plásticas y del período de refrigeración en los descriptores sensoriales.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)								F (p)		
		0	15	30	45	60	75	90	Global	Trat	Pref	TratxPref
<i>Intensidad color piel</i>	Control	6,8±1,25	7,2±1,31	8,2±0,89	7,5±1,35	8,0±1,24	7,8±1,05	7,7±1,06		0,70	3,0	0,69
	Polietileno		7,4±0,85	7,6±0,84	7,5±0,97	8,1±1,04	6,7±1,33	7,5±0,83		(0,496)	(0,008)	(0,759)
	Polipropileno		7,7±0,85	8,2±0,67	7,2±1,05	7,4±1,12	7,5±1,15	7,4±0,94				
	Global	6,8±1,19 a	7,4±1,00 ab	8,0±0,83 b	7,4±1,10 ab	7,9±1,13 b	7,3±1,22 ab	7,5±0,92 ab				
<i>Firmeza piel</i>	Control	7,5±1,38	6,9±1,04	7,3±1,31	6,2±1,06	7,1±1,15	6,2±1,02	5,8±1,81	6,7±1,34 a	3,5	0,89	1,4
	Polietileno		6,7±0,99	7,0±1,37	7,7±1,19	7,4±0,95	7,4±1,56	7,4±1,37	7,3±1,24 b	(0,033)	(0,503)	(0,162)
	Polipropileno		7,9±1,02	7,2±1,35	7,2±1,29	6,6±0,99	6,6±1,04	7,4±1,27	7,2±1,22 ab			
<i>Firmeza pulpa</i>	Control	7,5±1,38	6,6±1,15	6,6±1,12	5,8±0,60	7,4±0,55	6,7±1,37	6,2±1,51		1,8	1,2	1,8
	Polietileno		6,3±0,98	6,7±1,45	7,6±1,30	7,4±1,15	7,1±0,66	7,0±1,41		(0,172)	(0,287)	(0,050)
	Polipropileno		7,3±1,02	6,6±0,69	7,3±1,28	6,2±1,62	6,6±0,69	7,5±1,13				
<i>Sabor dulce</i>	Control	7,4±1,63	7,6±0,92	7,1±0,98	6,6±1,55	7,0±0,62	5,9±1,55	6,6±0,59		0,008	3,8	0,71
	Polietileno		6,9±0,68	6,7±1,27	7,0±1,29	7,6±1,00	5,8±1,10	6,7±0,86		(0,992)	(0,002)	(0,738)
	Polipropileno		7,3±1,05	7,3±1,12	6,9±1,04	6,4±1,23	6,4±1,07	6,5±1,10				
	Global	7,4±1,55 b	7,2±0,91 b	7,0±1,11 ab	6,8±1,26 ab	7,0±1,06 ab	6,0±1,24 a	6,6±0,84 ab				
<i>Sabor</i>	Control	7,1±1,34 ab	7,3±0,82 b	7,1±0,67 ab	5,2±1,40 a	6,6±0,81 ab	6,1±1,50 ab	6,4±1,52 ab		1,3	3,3	2,0
	Polietileno		6,5±1,10 ab	6,8±0,88 ab	7,2±1,01 b	7,6±0,99 b	6,1±1,04 ab	6,7±0,98 ab		(0,275)	(0,004)	(0,026)
	Polipropileno		7,4±0,84 b	7,4±0,64 b	6,3±0,83 ab	6,1±1,40 ab	6,4±0,99 ab	6,0±0,78 ab				
<i>Apreciac. global</i>	Control	7,3±0,95	7,7±0,88	7,2±0,43	6,1±0,84	7,0±0,67	6,5±0,92	6,6±1,29		0,26	3,9	1,7
	Polietileno		6,8±0,82	7,1±0,64	6,9±1,08	7,6±1,17	6,8±0,93	6,7±1,07		(0,771)	(0,001)	(0,071)
	Polipropileno		7,6±0,73	7,6±0,75	6,3±0,61	6,2±1,04	6,9±1,13	6,6±0,77				
	Global	7,3±0,91 b	7,4±0,88 b	7,3±0,63 b	6,4±0,90 a	6,9±1,12 ab	6,7±0,97 ab	6,6±1,02 ab				

Valor medio y desviación estándar (N=8). Para cada descriptor, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III. EMPLEO DE RECUBRIMIENTOS DE ÉSTERES DE SACAROSA Y DE GELATINA EN REFRIGERACIÓN

- ANEXO III.1.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en las pérdidas de peso de los racimos.
- ANEXO III.2.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales, en la primera campaña.
- ANEXO III.3.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales, en la segunda campaña.
- ANEXO III.4.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en las coordenadas e índice de color, en la primera campaña.
- ANEXO III.5.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en las coordenadas e índice de color, en la segunda campaña.
- ANEXO III.6.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de compresión, en la primera campaña.
- ANEXO III.7.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de compresión, en la segunda campaña.
- ANEXO III.8.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de punción, en la primera campaña.
- ANEXO III.9.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de punción, en la segunda campaña.

- ANEXO III.10.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de penetración, en la primera campaña.
- ANEXO III.11.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de penetración, en la segunda campaña.
- ANEXO III.12.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los descriptores sensoriales, en la primera campaña.
- ANEXO III.13.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los descriptores sensoriales, en la segunda campaña.

ANEXO III.1.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en las pérdidas de peso de los racimos.

Campaña (<i>Camp</i>)	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Pérdidas de peso (%)						<i>F</i>		
		Período de refrigeración (días)						<i>(p)</i>		
		<i>(Pref)</i>						<i>Trat</i>	<i>Pref</i>	<i>TratxPref</i>
		15	30	45	60	75	90			
I	Control	0,79±0,15 ab	1,16±0,03 a-d	1,59±0,22 def	2,54±0,37 hi	3,30±0,35 j	4,70±0,48 k	78	236	10
	E.sacarosa	0,51±0,12 a	0,92±0,06 abc	1,21±0,10 b-e	1,50±0,14 b-f	1,96±0,14 fgh	2,64±0,31 i	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina	0,59±0,05 ab	0,93±0,18 abc	1,86±0,09 efg	2,05±0,09 f-i	2,33±0,10 ghi	3,55±0,19 j			
II	Control	-	1,31±0,09 ab	2,22±0,16 de	3,37±0,24 f	-	5,48±0,33 h	77	792	13
	E.sacarosa	-	1,12±0,07 a	1,64±0,09 bc	2,59±0,18 e	-	3,97±0,06 g	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina	-	1,10±0,02 a	1,82±0,14 cd	3,13±0,09 f	-	4,15±0,13 g			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada campaña letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.2.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los sólidos solubles totales (SST), acidez, índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales, en la primera campaña.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)							F		
		0	15	30	45	60	75	90	Trat	Pref	TratxPref
SST (°Brix)	Control	20,4±0,22 d-g	19,2±0,54 ab	19,1±0,44 ab	20,2±0,29 b-g	20,4±0,69 d-g	20,0±0,37 b-e	19,7±0,10 bcd	13	11	15
	E.sacarosa		21,0±0,57 fg	20,8±0,33 efg	18,2±0,28 a	21,2±0,35 g	20,0±0,42 b-f	21,0±0,12 efg	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		19,2±0,34 abc	19,9±0,35 b-f	20,5±0,24 d-g	20,3±0,07 c-g	20,1±0,38 b-g	21,0±0,22 fg			
Acidez (g 100 g ⁻¹)	Control	0,34±0,01 a-e	0,34±0,01 a-e	0,34±0,01 a-e	0,31±0,01 a	0,34±0,03 a-e	0,32±0,03 abc	0,37±0,01 b-f	17	10	4,2
	E.sacarosa		0,33±0,01 abc	0,39±0,01 f	0,38±0,02 def	0,36±0,01 a-f	0,39±0,01 ef	0,37±0,00 c-f	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,32±0,02 ab	0,38±0,01 ef	0,33±0,01 b-d	0,34±0,03 a-e	0,38±0,01 ef	0,36±0,02 b-f			
SST/Ac	Control	61±3,0 d-g	58±3,3 b-g	56±1,0 a-f	66±3,4 g	60±3,1 b-g	62±4,4 efg	54±1,9 a-e	6,5	9,1	7,6
	E.sacarosa		64±1,2 fg	53±1,7 a-d	48±3,1 a	60±0,7 b-g	52±1,1 ab	56±0,1 a-f	(0,004)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		60±3,3 b-g	52±3,9 abc	62±2,2 efg	61±6,2 c-g	53±1,8 a-d	59±4,1 b-g			
Fenoles totales (mg kg ⁻¹)	Control	1163±66 g	1069±18 d-g	964±32 a-f	1058±50 c-g	1102±27 fg	931±13 a-e	898±71 ab	0,45	15	11
	E.sacarosa		922±74 a-d	916±82 a-d	1034±74 b-g	1048±21 b-g	1080±20 efg	921±37 a-d	(0,640)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		980±71 a-f	1153±21 g	984±25 a-f	834±70 a	909±15 abc	1082±54 efg			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.3.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los sólidos solubles totales (SST), acidez, índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales, en la segunda campaña.

	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de refrigeración (días) (<i>Pref</i>)					<i>F</i> (<i>p</i>)		
		0	30	45	60	90	<i>Trat</i>	<i>Pref</i>	<i>TratxPref</i>
		SST (°Brix)	Control	14,7±0,02 de	13,8±0,23 ab	14,5±0,03 cd	15,5±0,12 g	14,8±0,08 def	20
	E.sacarosa		14,0±0,10 bc	13,8±0,08 ab	15,1±0,20 efg	15,3±0,05 fg	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		14,2±0,02 bc	13,5±0,47 a	15,2±0,06 efg	14,0±0,09 ab			
Acidez (g 100 g ⁻¹)	Control	0,39±0,01 de	0,39±0,00 de	0,35±0,01 abc	0,35±0,02 abc	0,34±0,00 ab	4,2	34	21
	E.sacarosa		0,35±0,00 abc	0,37±0,01 de	0,39±0,01 de	0,37±0,00 bcd	(0,000)	(0,000)	(0,025)
	Gelatina		0,39±0,01 de	0,39±0,01 e	0,33±0,01 a	0,34±0,00 ab			
SST/Ac	Control	38±0,4 bcd	35±0,8 ab	41±0,9 efg	44±2,3 gh	44±0,7 fgh	11	75	26
	E.sacarosa		40±0,5 de	37±1,1 abc	39±1,0 cde	42±0,2 efg	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		36±0,8 abc	35±0,9 a	46±1,0 h	41±0,5 ef			
Fenoles totales (mg kg ⁻¹)	Control	654±36 de	517±9,4 ab	667±6,1 e	553±24 bc	617±26 cde	11	33	5,9
	E.sacarosa		502±10 ab	499±45 ab	569±38 bc	537±37 abc	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		467±8,2 a	551±28 abc	572±25 bcd	605±37 cde			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.4.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en las coordenadas e índice de color, en la primera campaña.

	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de refrigeración (días) (<i>Pref</i>)						<i>F</i> (<i>p</i>)			
		0	15	30	45	60	75	90	<i>Trat</i>	<i>Pref</i>	<i>TratxPref</i>
<i>L*</i>	Control	28,4±0,96 a-d	28,9±1,35 a-d	26,8±1,90 abc	27,2±1,27 abc	28,2±1,20 a-d	27,7±1,07 abc	27,5±1,26 abc	19	6,4	4,2
	E.sacarosa		25,9±1,32 ab	25,2±1,24 a	28,7±1,65 a-d	27,6±1,13 abc	27,8±1,05 abc	27,6±1,05 abc	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		26,3±1,68 abc	26,8±1,50 abc	30,8±1,92 b-e	31,2±2,34 cde	33,0±2,20 de	34,9±3,26 e			
<i>a*</i>	Control	6,75±1,24 a	8,10±1,08 ab	8,23±0,80 ab	5,38±0,98 a	6,96±1,96 a	5,96±0,95 a	6,72±1,03 a	3,3	4,3	2,6
	E.sacarosa		8,52±0,19 ab	7,95±1,06 ab	10,4±1,06 b	6,25±1,39 a	7,42±0,97 ab	6,65±1,12 a	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		8,76±1,51 ab	7,08±1,07 ab	7,42±0,32 ab	6,87±1,48 a	6,71±0,60 a	5,70±0,69 a			
<i>b*</i>	Control	1,68±0,56 bc	2,01±0,32 bcd	2,03±0,35 cd	1,00±0,27 bc	1,89±0,83 bc	1,25±0,33 bc	1,34±0,11 bc	28	9,6	5,0
	E.sacarosa		2,41±0,09 cd	2,40±0,52 cd	3,41±0,53 d	1,61±0,65 bc	2,05±0,51 cd	1,50±0,32 bc	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		2,20±0,71 cd	1,12±0,19 bc	1,36±0,10 bc	1,17±0,48 bc	0,50±0,51 ab	-0,96±0,91 a			
<i>C*</i>	Control	6,98±1,34 a	8,37±1,14 ab	8,49±0,87 ab	5,50±1,03 a	7,24±2,11 a	6,10±1,00 a	6,87±1,04 a	3,8	4,1	2,7
	E.sacarosa		8,86±0,20 ab	8,32±1,17 ab	11,0±1,16 b	6,47±1,52 a	7,73±1,07 ab	6,83±1,17 a	(0,031)	(0,002)	(0,010)
	Gelatina		9,06±1,63 ab	7,18±1,08 a	7,56±0,33 ab	7,02±1,55 a	6,84±0,64 a	6,07±0,46 a			
<i>H</i> (°)	Control	13,3±2,14 cd	13,1±0,44 cd	13,4±0,73 cd	9,75±0,97 cd	13,9±3,22 cd	11,0±1,21 cd	10,5±0,94 cd	54	16	9,8
	E.sacarosa		15,3±0,59 cd	16,5±1,08 cd	17,7±0,98 d	13,7±2,28 cd	14,8±1,92 cd	12,2±0,62 cd	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		13,2±2,57 cd	8,63±0,77 bc	10,2±0,61 cd	8,81±2,44 bcd	0,22±3,75 b	-13,7±10,3 a			
<i>CIRG</i>	Control	4,7±0,36	4,5±0,32	4,8±0,28	5,2±0,37	4,7±0,54	5,1±0,33	5,0±0,32	1,3	0,85	1,8
	E.sacarosa		4,8±0,16	4,9±0,38	4,1±0,33	4,9±0,42	4,7±0,32	4,9±0,33	(0,282)	(0,539)	(0,088)
	Gelatina		4,8±0,55	5,1±0,39	4,5±0,27	4,5±0,45	4,6±0,09	4,7±0,11			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.5.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en las coordenadas e índice de color, en la segunda campaña.

	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de refrigeración (días)					<i>F</i>		
		<i>(Pref)</i>					<i>(p)</i>		
		0	30	45	60	90	<i>Trat</i>	<i>Pref</i>	<i>TratxPref</i>
<i>L*</i>	Control	30,2±134 abc	28,9±2,07 ab	26,7±1,53 a	26,1±0,96 a	32,6±1,18 bc	5,4	17	2,7
	E.sacarosa		28,4±0,95 ab	26,7±1,84 a	29,0±1,97 ab	30,2±1,10 abc	(0,010)	(0,000)	(0,021)
	Gelatina		33,0±2,70 bc	26,0±1,99 a	29,3±1,49 ab	34,3±1,24 c			
<i>a*</i>	Control	8,90±1,48 bc	5,78±2,20 ab	4,18±0,74 a	4,58±0,34 a	6,46±0,69 abc	7,0	13	7,6
	E.sacarosa		3,88±0,17 a	8,53±2,36 bc	10,0±1,82 c	4,72±0,81 a	(0,003)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		5,67±0,81 ab	5,23±0,28 ab	3,28±1,03 a	4,58±0,72 a			
<i>b*</i>	Control	3,18±0,86 c	1,73±0,99 bc	0,69±0,16 ab	1,13±0,20 ab	1,30±0,07 ab	11	19	6,8
	E.sacarosa		1,10±0,20 ab	3,07±0,80 c	3,15±0,93 c	0,86±0,39 ab	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		1,79±0,48 bc	1,04±0,26 ab	0,06±0,26 a	0,39±0,05 ab			
<i>C*</i>	Control	9,49±1,67 cd	6,06±2,39 abc	4,31±0,75 a	4,73±0,38 a	6,62±0,70 a-d	6,9	13	7,3
	E.sacarosa		4,06±0,21 a	9,08±2,48 bcd	10,6±2,00 d	4,85±0,87 a	(0,003)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		6,06±0,94 abc	5,38±0,31 ab	3,42±1,08 a	4,69±0,72 a			
<i>H</i> (°)	Control	19,1±2,15 e	15,6±3,07 cde	7,22±2,44 bc	13,6±1,79 cde	10,7±0,38 cde	31	28	12
	E.sacarosa		14,8±1,69 cde	19,7±0,27 e	16,4±2,69 de	9,44±3,84 cd	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		15,9±2,69 cde	9,72±2,53 cd	-6,12±7,43 a	-0,70±2,21 ab			
<i>CIRG</i>	Control	4,1±0,35 a	4,8±0,66 a-e	5,6±0,34 de	5,4±0,27 b-e	4,3±0,20 abc	2,5	12	5,6
	E.sacarosa		5,1±0,16 a-e	4,5±0,58 a-d	4,2±0,46 a	4,9±0,36 a-e	(0,097)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		4,3±0,42 ab	5,5±0,44 cde	5,7±0,39 e	4,7±0,21 a-e			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.6.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de compresión, en la primera campaña.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)						F (p)		
		0	15	45	60	75	90	Trat	Pref	TratxPref
		F3/Dp (N mm ⁻¹)	Control	1,67±0,08 bc	1,89±0,15 cd	1,15±0,17 a	2,22±0,14 de	1,97±0,25 cd	1,46±0,05 ab	55
	E.sacarosa		2,00±0,12 cd	2,22±0,05 de	2,62±0,11 f	2,52±0,16 ef	1,94±0,09 cd	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		2,07±0,10 d	1,95±0,04 cd	1,94±0,08 cd	2,16±0,18 de	2,17±0,14 de			
Dp (mm)	Control	9,09±0,53	9,20±0,38	9,28±0,11	9,76±0,12	9,78±0,24	9,90±0,08	2,8	12	1,7
	E.sacarosa		9,81±0,21	9,90±0,07	9,73±0,12	9,76±0,22	9,98±0,03	(0,072)	(0,000)	(0,109)
	Gelatina		9,16±0,15	9,91±0,07	9,79±0,13	9,84±0,17	9,85±0,12			
	<i>Global</i>	<i>9,09±0,46 a</i>	<i>9,39±0,39 ab</i>	<i>9,70±0,32 bc</i>	<i>9,76±0,11 bc</i>	<i>9,80±0,18 bc</i>	<i>9,91±0,09 bc</i>			
FMp (N)	Control	28,8±3,86 ab	28,7±4,82 ab	22,9±0,69 a	39,0±1,44 de	34,8±1,03 bcd	29,4±0,83 abc	43	19	10
	E.sacarosa		39,0±1,74 de	41,4±0,32 def	47,2±2,20 f	35,8±1,41 b-f	40,9±3,40 def	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		33,9±4,61 bcd	39,3±1,33 de	34,8±0,60 bcd	36,9±2,97 cde	43,0±2,50 ef			
FM/Dp (N mm ⁻¹)	Control	3,16±0,23 abc	3,11±0,39 abc	2,48±0,09 a	4,00±0,15 de	3,58±0,20 bcd	2,98±0,07 ab	46	16	12
	E.sacarosa		3,98±0,27 de	4,20±0,05 def	4,86±0,17 f	3,68±0,09 b-e	4,11±0,34 de	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		3,72±0,50 cde	3,98±0,11 de	3,57±0,06 bcd	3,76±0,24 cde	4,39±0,32 ef			
Wp (mJ)	Control	101±15 ab	105±13 bc	78±5,0 a	148±2,1 fg	133±3,2 def	110±2,1 bcd	61	34	12
	E.sacarosa		141±3,5 efg	160±3,3 gh	178±9,5 h	152±8,1 fgh	154±12 fgh	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		121±9,2 b-e	143±5,8 efg	131±6,0 c-f	146±16 efg	161±4,2 gh			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

Por error a los 30 días la sonda produjo una deformación de 8 mm en lugar de los 10 mm utilizados en los demás muestreos. Por ello, no se muestran los resultados obtenidos en dicho muestreo.

ANEXO III.7.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de compresión, en la segunda campaña.

	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de refrigeración (días)				<i>F</i>		
		<i>(Pref)</i>				<i>(p)</i>		
		0	30	45	90	<i>Trat</i>	<i>Pref</i>	<i>TratxPref</i>
F3/Dp (N mm ⁻¹)	Control	1,67±0,18	1,84±0,15	2,11±0,11	1,70±0,14	2,9	7,9	1,1
	E.sacarosa		1,74±0,11	1,98±0,12	1,73±0,04	(0,074)	(0,001)	(0,384)
	Gelatina		1,70±0,14	1,76±0,12	1,66±0,04			
	<i>Global</i>	<i>1,67±0,16 a</i>	<i>1,76±0,13 a</i>	<i>1,95±0,19 b</i>	<i>1,70±0,08 a</i>			
Dp (mm)	Control	9,61±0,30 bc	9,27±0,17 abc	8,75±0,38 ab	8,76±0,18 ab	2,1	8,5	5,2
	E.sacarosa		8,89±0,31 ab	9,16±0,27 abc	9,02±0,20 abc	(0,146)	(0,001)	(0,001)
	Gelatina		8,55±0,49 a	9,36±0,43 abc	9,86±0,13 b			
FMp (N)	Control	21,3±2,49 ab	24,7±1,22 bcd	23,6±1,36 a-d	19,8±0,94 a	4,1	10	4,0
	E.sacarosa		23,6±1,98 a-d	26,4±0,94 cd	26,5±0,79 cd	(0,029)	(0,000)	(0,006)
	Gelatina		22,2±3,29 abc	28,3±1,17 d	24,0±0,79 a-d			
FM/Dp (N mm ⁻¹)	Control	2,22±0,18 a	2,67±0,10 a-d	2,75±0,26 bcd	2,27±0,16 ab	3,9	22	3,3
	E.sacarosa		2,66±0,15 a-d	2,89±0,08 cd	2,95±0,09 cd	(0,034)	(0,000)	(0,015)
	Gelatina		2,58±0,25 a-d	3,04±0,28 d	2,45±0,07 abc			
Wp (mJ)	Control	90±17	98±7,7	92±2,3	76±2,4	0,61	2,3	2,3
	E.sacarosa		85±8,9	103±2,6	94±5,3	(0,552)	(0,108)	(0,072)
	Gelatina		80±17	104±3,4	99±2,8			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

Por error a los 60 días la sonda produjo una deformación de 8 mm en lugar de los 10 mm utilizados en los demás muestreos. Por ello, no se muestran los resultados obtenidos en dicho muestreo.

ANEXO III.8.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de punción, en la primera campaña.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)							F		
		0	15	30	45	60	75	90	Trat	Pref	TratxPref
Dag (mm)	Control	1,27±0,22 a	1,11±0,14 a	1,13±0,19 a	1,94±0,32 b	1,23±0,14 a	1,47±0,26 ab	1,42±0,19 ab	0,32	3,8	3,2
	E.sacarosa		1,55±0,26 ab	1,34±0,10 ab	1,15±0,12 a	1,25±0,18 a	1,23±0,10 a	1,52±0,08 ab	(0,729)	(0,004)	(0,003)
	Gelatina		1,14±0,21 a	1,27±0,26 a	1,70±0,29 ab	1,30±0,10 a	1,20±0,14 a	1,38±0,24 ab			
FMag (N)	Control	0,94±0,05 def	0,77±0,12 a-d	0,67±0,02 a	0,75±0,06 abc	0,98±0,04 ef	0,86±0,03 a-e	0,67±0,07 ab	22	6,0	5,7
	E.sacarosa		0,94±0,06 c-f	1,05±0,04 f	0,86±0,05 b-f	0,93±0,07 c-f	0,86±0,06 a-f	0,90±0,07 c-f	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,93±0,07 c-f	0,87±0,04 c-f	0,82±0,04 a-e	0,91±0,05 c-f	0,85±0,08 a-e	0,94±0,08 c-f			
FM/Dag (N mm ⁻¹)	Control	0,80±0,14 bc	0,79±0,15 bc	0,67±0,12 abc	0,42±0,05 a	0,85±0,06 c	0,63±0,12 abc	0,53±0,10 ab	3,4	5,7	2,6
	E.sacarosa		0,66±0,06 abc	0,82±0,06 bc	0,79±0,07 bc	0,80±0,13 bc	0,74±0,08 bc	0,63±0,08 abc	(0,041)	(0,000)	(0,011)
	Gelatina		0,87±0,10 c	0,75±0,11 bc	0,53±0,07 ab	0,75±0,06 bc	0,75±0,13 bc	0,74±0,16 bc			
Wag (mJ)	Control	0,65±10 abc	0,47±0,03 ab	0,42±0,06 a	0,74±0,14 c	0,64±0,08 abc	0,65±0,07 abc	0,50±0,05 abc	3,2	1,1	4,3
	E.sacarosa		0,75±0,14 c	0,73±0,05 c	0,53±0,04 abc	0,61±0,04 abc	0,56±0,05 abc	0,70±0,05 bc	(0,049)	(0,382)	(0,000)
	Gelatina		0,59±0,13 abc	0,59±0,12 abc	0,70±0,12 bc	0,62±0,06 abc	0,54±0,03 abc	0,67±0,08 abc			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.9.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de punción, en la segunda campaña.

Tratamiento postcosecha (Trat)		Período de refrigeración (días)					F		
		(Pref)					(p)		
		0	30	45	60	90	Trat	Pref	TratxPref
Dag (mm)	Control	0,90±0,10 a	1,17±0,06 bcd	1,08±0,10 abc	0,85±0,11 a	1,01±0,01 ab	32	36	7,7
	E.sacarosa		1,34±0,10 d	1,07±0,09 abc	1,20±0,05 bcd	1,58±0,06 e	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		1,35±0,04 de	1,25±0,09 cd	1,17±0,09 bcd	1,29±0,06 cd			
FMag (N)	Control	0,45±0,02 a	0,79±0,04 def	0,73±0,05 cde	0,49±0,05 ab	0,62±0,02 bc	26	108	10
	E.sacarosa		0,83±0,06 ef	0,66±0,06 cd	0,68±0,02 cd	0,88±0,02 f	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,83±0,02 ef	0,78±0,05 def	0,73±0,05 cde	0,79±0,06 def			
FM/Dag (N mm ⁻¹)	Control	0,56±0,02 a	0,72±0,04 de	0,74±0,04 e	0,66±0,01 bcd	0,67±0,02 b-e	12	37	3,0
	E.sacarosa		0,66±0,04 b-e	0,67±0,01 b-e	0,63±0,04 abc	0,60±0,02 ab	(0,000)	(0,000)	(0,014)
	Gelatina		0,66±0,01 bcd	0,66±0,01 bcd	0,68±0,01 cde	0,67±0,02 b-e			
Wag (mJ)	Control	0,23±0,04 a	0,50±0,04 bcd	0,42±0,06 bc	0,23±0,05 a	0,37±0,01 ab	35	81	10
	E.sacarosa		0,58±0,06 d	0,39±0,06 bc	0,43±0,01 bc	0,73±0,04 e	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,58±0,03 d	0,52±0,07 cd	0,45±0,05 bcd	0,58±0,06 d			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.10.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de penetración, en la primera campaña

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días) (Pref)							F (p)		
		0	15	30	45	60	75	90	Trat	Pref	TratxPref
Dp2 (mm)	Control	3,49±0,24 a-d	3,63±0,08 a-e	3,63±0,02 a-e	4,35±0,15 f	3,78±0,18 cde	3,78±0,15 cde	4,01±0,05 ef	5,4	15	15
	E.sacarosa		4,28±0,17 f	3,76±0,05 cde	3,19±0,21 a	3,47±0,23 a-d	3,27±0,26 ab	4,30±0,04 f	(0,008)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		3,53±0,24 a-e	3,27±0,09 ab	4,30±0,18 f	3,91±0,03 def	3,34±0,14 abc	3,71±0,10 b-e			
FMp2 (N)	Control	3,52±0,26 b-e	2,94±0,13 ab	3,03±0,04 ab	2,90±0,14 a	3,89±0,12 cde	3,51±0,33 b-e	2,99±0,09 ab	35	9,0	5,9
	E.sacarosa		4,08±0,19 e	3,80±0,07 cde	3,43±0,22 a-d	4,00±0,28 de	3,71±0,14 cde	3,34±0,19 abc	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		3,36±0,13 abc	3,68±0,09 cde	3,89±0,15 cde	4,06±0,30 e	3,67±0,36 cde	3,87±0,06 cde			
FM/Dp2 (N mm ⁻¹)	Control	1,03±0,06 f-i	0,84±0,05 a-d	0,86±0,01 b-e	0,68±0,02 a	1,05±0,05 f-i	0,94±0,05 c-f	0,76±0,03 ab	60	22	9,9
	E.sacarosa		0,97±0,02 d-h	1,02±0,02 e-i	1,11±0,09 ghi	1,16±0,08 i	1,15±0,04 i	0,79±0,05 abc	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,97±0,09 d-g	1,14±0,05 hi	0,92±0,06 b-f	1,04±0,07 f-i	1,13±0,05 ghi	1,06±0,03 f-i			
Wp2 (mJ)	Control	6,18±0,85 abc	5,67±0,17 a	6,05±0,15 ab	6,02±0,42 ab	7,59±0,32 c-g	6,81±0,84 a-f	5,99±0,16 ab	12	6,7	7,6
	E.sacarosa		8,65±0,51 g	7,78±0,24 d-g	5,64±0,49 a	7,27±0,74 b-g	6,33±0,69 a-d	7,24±0,35 b-g	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		6,64±0,28 a-f	6,40±0,26 a-d	8,00±0,22 efg	8,16±0,63 fg	6,60±0,76 a-e	7,23±0,11 b-g			
Fp2 (N)	Control	0,33±0,03 ab	0,36±0,03 a-e	0,33±0,02 ab	0,37±0,03 a-f	0,47±0,04 g	0,42±0,03 b-g	0,32±0,02 a	16	18	4,8
	E.sacarosa		0,40±0,03 a-g	0,45±0,01 e-h	0,44±0,02 e-g	0,42±0,00 c-g	0,47±0,03 g	0,41±0,04 a-g	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,34±0,05 abc	0,42±0,01 d-g	0,46±0,03 g	0,45±0,05 e-h	0,44±0,02 e-g	0,46±0,03 fg			
Fpulpap2 (N)	Control	0,26±0,01 a	0,35±0,02 bcd	0,29±0,02 ab	0,37±0,02 bcd	0,40±0,01 de	0,36±0,02 bcd	0,29±0,01 abc	18	28	9,1
	E.sacarosa		0,38±0,04 cd	0,43±0,04 de	0,40±0,02 de	0,38±0,01 cd	0,42±0,02 de	0,39±0,06 de	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,26±0,01 a	0,39±0,04 de	0,40±0,02 de	0,39±0,03 de	0,44±0,06 de	0,47±0,03 e			

Valor medio y desviación estándar (N=3). En cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.11.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los parámetros reológicos de penetración, en la segunda campaña.

Tratamiento postcosecha (Trat)		Período de refrigeración (días)					F		
		(Pref)					(p)		
		0	30	45	60	90	Trat	Pref	TratxPref
Dp2 (mm)	Control	3,46±0,17 abc	3,14±0,19 a	3,57±0,14 a-d	3,28±0,36 ab	3,93±0,06 b-e	15	17	11
	E.sacarosa		4,25±0,10 ef	2,96±0,36 a	4,67±0,32 f	4,20±0,17 def	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		3,39±0,20 abc	3,48±0,30 abc	3,97±0,15 cde	3,87±0,11 b-e			
FMp2 (N)	Control	2,41±0,04 a	2,93±0,20 abc	3,05±0,10 bcd	2,73±0,21 ab	3,02±0,13 bc	13	33	6,3
	E.sacarosa		3,61±0,01 e	2,76±0,17 ab	3,37±0,34 cde	3,60±0,12 de	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		2,87±0,27 abc	3,02±0,29 bc	3,22±0,14 b-e	3,23±0,12 b-e			
FM/Dp2 (N mm ⁻¹)	Control	0,72±0,03 a	0,96±0,05 d	0,89±0,06 cd	0,86±0,04 bcd	0,77±0,04 ab	0,43	34	5,9
	E.sacarosa		0,86±0,02 bcd	0,97±0,09 d	0,73±0,03 a	0,87±0,02 bcd	(0,652)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,86±0,01 bcd	0,88±0,04 bcd	0,83±0,02 abc	0,83±0,01 abc			
Wp2 (mJ)	Control	4,26±0,28 a	4,89±0,58 abc	5,53±0,05 abc	4,72±0,83 ab	6,27±0,33 bcd	14	29	8,9
	E.sacarosa		7,71±0,27 d	3,95±0,62 a	7,71±1,25 d	7,70±0,46 d	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		5,11±0,76 abc	5,06±0,87 abc	6,49±0,49 bcd	6,70±0,51 cd			
Fp2 (N)	Control	0,25±0,02 ab	0,32±0,02 cd	0,29±0,01 a-d	0,30±0,02 bcd	0,24±0,03 a	9,9	14	5,9
	E.sacarosa		0,24±0,01 ab	0,32±0,01 cd	0,24±0,02 ab	0,26±0,02 abc	(0,003)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,33±0,01 bc	0,33±0,04 bc	0,27±0,00 a-d	0,29±0,03 a-d			
Fpulpap2 (N)	Control	0,24±0,02 a-d	0,27±0,03 bcd	0,27±0,04 cd	0,29±0,00 d	0,23±0,01 a-d	12	2,0	5,0
	E.sacarosa		0,21±0,02 ab	0,26±0,02 a-d	0,21±0,00 a	0,21±0,01 abc	(0,000)	(0,122)	(0,001)
	Gelatina		0,28±0,01 d	0,24±0,01 a-d	0,22±0,02 abc	0,27±0,03 bcd			

Valor medio y desviación estándar (N=3). En cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.12.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los descriptores sensoriales, en la primera campaña.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días)								F (p)		
		0	15	30	45	60	75	90	Global	Trat	Pref	TratxPref
<i>Intensidad de color de la piel</i>	Control	6,8±1,25	7,2±1,31	8,2±0,89	7,5±1,35	8,0±1,24	7,8±1,05	7,7±1,06		0,82	2,0	0,55
	E.sacarosa		7,6±0,82	7,9±0,72	7,1±1,07	7,7±1,23	6,8±1,37	7,6±1,07		(0,444)	(0,070)	(0,879)
	Gelatina		7,5±1,08	7,5±1,32	7,7±0,83	7,5±1,35	7,6±1,34	7,1±1,15				
<i>Firmeza de la piel</i>	Control	7,5±1,38	6,9±1,04	7,3±1,31	6,2±1,06	7,1±1,15	6,2±1,02	5,8±1,81	6,7±1,34 a	5,7	2,0	1,1
	E.sacarosa		7,7±0,69	7,4±0,65	8,0±1,13	7,7±1,38	6,8±1,58	7,3±1,01	7,5±1,16 b	(0,004)	(0,074)	(0,385)
	Gelatina		6,9±1,09	7,1±1,27	8,0±1,20	6,8±0,78	6,9±1,32	6,8±1,08	7,1±1,18 ab			
<i>Firmeza de la pulpa</i>	Control	7,5±1,38	6,6±1,15	6,6±1,12	5,8±0,60	7,4±0,55	6,7±1,37	6,2±1,51	6,7±1,23 a	8,7	1,9	1,7
	E.sacarosa		7,5±0,50	7,3±0,86	8,2±0,93	7,7±1,12	7,5±0,95	7,1±1,07	7,5±1,00 b	(0,000)	(0,077)	(0,079)
	Gelatina		6,8±1,16	6,8±1,18	8,2±1,06	7,2±1,17	6,7±1,09	6,7±0,91	7,1±1,20 ab			
<i>Sabor dulce</i>	Control	7,4±1,63	7,6±0,92	7,1±0,98	6,6±1,55	7,0±0,62	5,9±1,55	6,6±0,59		0,66	3,7	0,73
	E.sacarosa		7,4±1,07	6,6±1,70	5,9±1,18	7,3±1,04	6,0±1,05	6,3±0,75		(0,519)	(0,002)	(0,724)
	Gelatina		7,4±0,96	6,8±1,09	7,1±0,96	6,6±1,43	7,0±1,22	6,4±0,88				
	Global	7,4±1,55 b	7,5±0,95 b	6,8±1,26 ab	6,5±1,30 ab	7,0±1,07 ab	6,3±1,33 a	6,4±0,73 ab				
<i>Sabor</i>	Control	7,1±1,34 ab	7,3±0,82 ab	7,1±0,67 ab	5,2±1,40 a	6,6±0,81 ab	6,1±1,50 ab	6,4±1,52 ab		1,2	2,8	2,2
	E.sacarosa		7,3±0,55 ab	7,1±0,71 ab	5,7±1,00 ab	7,5±1,67 b	6,8±0,85 ab	6,2±1,05 ab		(0,310)	(0,015)	(0,003)
	Gelatina		6,9±0,78 ab	6,6±0,83 ab	7,6±1,15 b	6,4±1,66 ab	7,3±1,29 b	6,0±0,96 ab				
<i>Apreciac. global</i>	Control	7,3±0,95 ab	7,7±0,88 b	7,2±0,43 ab	6,1±0,84 ab	7,0±0,67 ab	6,5±0,92 ab	6,6±1,29 ab		0,43	2,5	2,9
	E.sacarosa		7,6±0,44 b	7,2±0,74 ab	5,5±1,20 a	7,7±1,42 b	6,8±1,35 ab	6,6±1,23 ab		(0,652)	(0,025)	(0,001)
	Gelatina		6,9±0,89 ab	6,8±0,98 ab	7,9±1,02 b	6,6±1,24 ab	7,2±1,12 ab	6,8±0,91 ab				

Valor medio y desviación estándar (N=8). En cada descriptor, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO III.13.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de refrigeración en los descriptores sensoriales, en la segunda campaña.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de refrigeración (días)					Global	F (p)		
		(Pref)						Trat	Pref	TratxPref
		0	30	45	60	90				
<i>Intensidad de color de la piel</i>	Control	7,1±1,22 ab	7,4±0,82 b	6,0±1,52 ab	6,2±1,40 ab	7,0±1,22 ab		0,29	1,9	2,4
	E.sacarosa		6,5±1,00 ab	6,9±1,45 ab	6,3±1,23 ab	6,6±1,19 ab		(0,747)	(0,112)	(0,022)
	Gelatina		6,9±0,96 ab	6,7±0,97 ab	7,1±1,85 b	5,0±0,66 a				
<i>Firmeza de la piel</i>	Control	7,2±0,82 a	6,9±0,85 a	6,0±1,09 a	6,2±0,97 a	6,7±1,26 a		1,2	1,5	3,0
	E.sacarosa		7,2±0,62 a	6,1±1,40 a	6,4±1,47 a	7,7±1,28 a		(0,307)	(0,217)	(0,004)
	Gelatina		6,5±0,37 a	7,2±1,03 a	7,5±1,48 a	5,9±0,92 a				
<i>Firmeza de la pulpa</i>	Control	6,6±1,23 b	5,9±0,75 ab	6,2±1,63 ab	6,2±1,08 ab	6,1±0,55 ab		1,9	2,1	2,6
	E.sacarosa		5,7±0,95 ab	6,7±1,51 b	6,3±1,51 ab	6,8±0,96 ab		(0,159)	(0,090)	(0,011)
	Gelatina		6,6±0,79 b	6,5±1,11 b	5,7±0,62 ab	4,4±0,91 a				
<i>Sabor dulce</i>	Control	6,6±1,19	6,3±1,10	6,1±1,02	6,0±0,88	6,2±1,07		0,22	1,3	1,9
	E.sacarosa		6,2±0,99	6,2±1,11	6,1±1,12	6,5±1,07		(0,805)	(0,271)	(0,060)
	Gelatina		6,6±0,84	6,8±1,54	7,1±1,13	5,0±0,93				
<i>Sabor</i>	Control	6,7±0,82	4,9±0,95	5,5±1,68	5,5±0,81	4,4±0,44	5,4±1,23 b	6,7	23	0,98
	E.sacarosa		4,4±0,74	4,8±0,75	4,2±0,59	3,5±0,72	4,7±1,28 a	(0,002)	(0,000)	(0,457)
	Gelatina		5,5±1,23	5,6±1,10	4,7±1,22	4,5±0,79	5,4±1,26 b			
	Global	6,7±0,78 c	4,9±1,05 b	5,3±1,24 b	4,8±1,03 ab	4,1±0,78 a				
<i>Apreciación global</i>	Control	6,6±0,80	5,1±1,15	6,1±1,29	5,9±0,79	4,6±0,72	5,7±1,18 b	4,0	13	1,3
	E.sacarosa		4,7±1,25	4,9±0,74	4,8±1,05	4,6±0,88	5,1±1,18 a	(0,021)	(0,000)	(0,271)
	Gelatina		5,5±0,89	5,7±0,92	5,1±0,97	5,3±0,88	5,6±1,00 b			
	Global	6,6±0,76 c	5,1±1,10 ab	5,6±1,10 b	5,3±1,02 ab	4,6±0,86 a				

Valor medio y desviación estándar (N=8). En cada descriptor, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO IV. EMPLEO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN VIDA ÚTIL TRAS LA REFRIGERACIÓN

ANEXO IV.1. Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en las pérdidas de peso de los racimos.

ANEXO IV.2. Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales.

ANEXO IV.3. Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en las coordenadas e índice de color.

ANEXO IV.4. Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los parámetros reológicos de compresión.

ANEXO IV.5. Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los parámetros reológicos de punción.

ANEXO IV.6. Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los parámetros reológicos de penetración.

ANEXO IV.7. Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los descriptores sensoriales.

ANEXO IV.1.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en las pérdidas de peso de los racimos.

Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Pérdidas de peso (%)			<i>F</i> (<i>p</i>)		
	Período de comercialización (días)			<i>Trat</i>	<i>Pref+vu</i>	<i>Trat x Pref+vu</i>
	30+8	60+8	<i>Global</i>			
Control	3,99±0,71	5,68±0,24	4,83±1,04 <i>ab</i>	4,6	75	0,75
Ésteres sacarosa	4,17±0,07	5,36±0,16	4,76±0,66 <i>a</i>	(0,033)	(0,000)	(0,495)
Gelatina	4,61±0,06	6,06±0,39	5,33±0,83 <i>b</i>			
<i>Global</i>	4,25±0,45	5,70±0,39				

Valor medio y desviación estándar (N=3). Letras distintas indican diferencias según el teste de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO IV.2.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los sólidos solubles totales (SST), acidez, índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales.

	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de comercialización (días)			<i>F</i>		
		0	30+8	60+8	<i>Trat</i>	<i>Pref+vu</i>	<i>Trat x Pref+vu</i>
SST (°Brix)	Control	14,7±0,02 c	14,4±0,04 bc	14,7±0,10 c	8,8	26	47
	Ésteres sacarosa		15,2±0,12 e	13,7±0,12 a	(0,002)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		14,0±0,25 ab	14,4±0,23 bc			
Acidez (g 100 g ⁻¹)	Control	0,39±0,01 c	0,32±0,02 a	0,36±0,01 b	57	21	18
	Ésteres sacarosa		0,39±0,01 c	0,43±0,00 d	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,37±0,01 bc	0,37±0,01 bc			
SST/Ac	Control	38±0,4 b	45±2,13 c	42±2,00 bc	38	15	16
	Ésteres sacarosa		39±0,72 b	32±0,50 a	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		38±2,17 b	39±1,35 b			
Fenoles totales (mg kg ⁻¹)	Control	654±36 c	541±48 abc	534±74 ab	2,0	25	4,8
	Ésteres sacarosa		633±34 bc	454±10 a	(0,171)	(0,000)	(0,008)
	Gelatina		598±12 bc	578±38 bc			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el teste de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO IV.3.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en las coordenadas e índice de color.

	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de comercialización (días)			<i>F</i>		
		(<i>Pref+vu</i>)			<i>Trat</i>	<i>Pref+vu</i>	<i>Trat x Pref+vu</i>
		0	30+8	60+8			
<i>L*</i>	Control	30,2±1,34 cd	28,6±0,21 ab	30,9±0,16 d	<i>1,5</i>	<i>17</i>	<i>3,2</i>
	Ésteres sacarosa		27,1±0,26 a	30,4±0,16 cd	(<i>0,244</i>)	(<i>0,000</i>)	(<i>0,036</i>)
	Gelatina		29,2±0,24 bc	29,5±0,16 bcd			
<i>a*</i>	Control	8,90±1,48	5,23±0,10	3,07±0,15	<i>0,19</i>	<i>93</i>	<i>2,3</i>
	Ésteres sacarosa		4,39±0,35	3,58±0,43	(<i>0,830</i>)	(<i>0,000</i>)	(<i>0,095</i>)
	Gelatina		3,30±0,42	4,23±0,17			
	<i>Global</i>	<i>8,90±1,28 b</i>	<i>4,31±0,88 a</i>	<i>3,63±0,56 a</i>			
<i>b*</i>	Control	3,18±0,86 bc	1,22±0,04 a	2,92±0,08 b	<i>0,58</i>	<i>69</i>	<i>3,1</i>
	Ésteres sacarosa		1,23±0,09 a	3,68±0,18 bc	(<i>0,569</i>)	(<i>0,000</i>)	(<i>0,041</i>)
	Gelatina		0,33±0,22 a	4,05±0,22 c			
<i>C*</i>	Control	9,49±1,67	5,42±0,11	4,29±0,14	<i>0,08</i>	<i>67</i>	<i>2,5</i>
	Ésteres sacarosa		4,59±0,36	5,30±0,39	<i>0,924</i>	(<i>0,000</i>)	(<i>0,082</i>)
	Gelatina		3,42±0,47	5,91±0,21			
	<i>Global</i>	<i>9,49±1,45 b</i>	<i>4,48±0,92 a</i>	<i>5,17±0,74 a</i>			
<i>H</i> (°)	Control	19,1±2,15 c	12,2±0,94 b	45,3±2,52 d	<i>16</i>	<i>743</i>	<i>7,8</i>
	Ésteres sacarosa		15,1±0,81 bc	48,7±2,80 d	(<i>0,000</i>)	(<i>0,000</i>)	(<i>0,001</i>)
	Gelatina		3,09±2,72 a	44,6±1,16 d			
<i>CIRG</i>	Control	4,1±0,35	5,0±0,04	3,8±0,06	<i>1,4</i>	<i>112</i>	<i>1,4</i>
	Ésteres sacarosa		5,2±0,06	3,7±0,05	(<i>0,277</i>)	(<i>0,000</i>)	(<i>0,282</i>)
	Gelatina		5,4±0,14	3,9±0,06			
	<i>Global</i>	<i>4,1±0,30 b</i>	<i>5,2±0,22 c</i>	<i>3,8±0,09 a</i>			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO IV.4.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los parámetros reológicos de compresión.

	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de comercialización (días)				<i>F</i>		
		(<i>Pref+vu</i>)				<i>(p)</i>		
		0	30+8	60+8	<i>Global</i>	<i>Trat</i>	<i>Pref+vu</i>	<i>Trat x Pref+vu</i>
F3/Dp (N mm ⁻¹)	Control	1,67±0,18	1,65±0,10	1,59±0,01		1,1	4,1	1,2
	Ésteres sacarosa		1,66±0,07	1,42±0,13		(0,358)	(0,034)	(0,350)
	Gelatina		1,48±0,07	1,51±0,04				
	<i>Global</i>	<i>1,67±0,16 b</i>	<i>1,59±0,11 ab</i>	<i>1,51±0,10 a</i>				
Dp (mm)	Control	9,61±0,30	9,35±0,37	9,62±0,11	9,53±0,28 b	5,5	3,6	1,7
	Ésteres sacarosa		9,53±0,35	9,38±0,27	9,51±0,28 b	(0,014)	(0,048)	(0,195)
	Gelatina		8,66±0,15	8,88±0,66	9,05±0,57 a			
	<i>Global</i>	<i>9,61±0,26 b</i>	<i>9,18±0,48 a</i>	<i>9,29±0,49 ab</i>				
FMp (N)	Control	21,3±2,49	22,7±2,18	25,4±0,79		0,96	4,6	2,4
	Ésteres sacarosa		27,2±1,46	23,4±1,27		(0,402)	(0,024)	(0,084)
	Gelatina		21,2±0,65	24,8±4,64				
	<i>Global</i>	<i>21,3±2,16 a</i>	<i>23,7±3,02 ab</i>	<i>24,5±2,59 b</i>				
FM/Dp (N mm ⁻¹)	Control	2,22±0,18 a	2,41±0,17 ab	2,65±0,08 ab		0,84	14	3,5
	Ésteres sacarosa		2,86±0,06 b	2,51±0,13 ab		(0,448)	(0,000)	(0,029)
	Gelatina		2,41±0,04 ab	2,74±0,35 b				
Wp (mJ)	Control	90±17	89±10	97±3,5		1,2	0,14	1,1
	Ésteres sacarosa		98±5,4	87±6,6		(0,315)	(0,867)	(0,371)
	Gelatina		75±1,3	88±17				

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO IV.5.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los parámetros reológicos de punción.

Tratamiento postcosecha (Trat)		Período de comercialización (días)			F		
		(Pref+vu)			(p)		
		0	30+8	60+8	Trat	Pref+vu	Trat x Pref+vu
Dag (mm)	Control	0,90±0,10	1,56±0,07	1,45±0,09	2,8	148	1,3
	Ésteres sacarosa		1,55±0,03	1,40±0,02	(0,088)	(0,000)	(0,290)
	Gelatina		1,38±0,10	1,38±0,04			
	<i>Global</i>	<i>0,90±0,09 a</i>	<i>1,50±0,11 b</i>	<i>1,41±0,06 b</i>			
FMag (N)	Control	0,45±0,02 a	0,80±0,04 cd	0,85±0,04 d	5,0	335	8,1
	Ésteres sacarosa		0,84±0,02 d	0,72±0,03 bc	(0,019)	(0,000)	(0,001)
	Gelatina		0,82±0,05 d	0,70±0,03 b			
FM/Dag (N mm ⁻¹)	Control	0,56±0,02 a	0,55±0,03 a	0,63±0,02 bc	1,1	5,0	12
	Ésteres sacarosa		0,58±0,01 ab	0,57±0,02 a	(0,347)	(0,019)	(0,000)
	Gelatina		0,64±0,01 c	0,55±0,02 a			
Wag (mJ)	Control	0,23±0,04 a	0,64±0,04 bc	0,64±0,05 c	4,0	216	3,0
	Ésteres sacarosa		0,66±0,03 c	0,52±0,02 b	(0,037)	(0,000)	(0,047)
	Gelatina		0,59±0,08 bc	0,52±0,04 b			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO IV.6.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los parámetros reológicos de penetración.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de comercialización (días)			F (p)		
		0	30+8	60+8	Trat	Pref+vu	Trat x Pref+vu
Dp2 (mm)	Control	3,46±0,17 a	4,30±0,09 b	4,72±0,18 cd	27	101	23
	E.sacarosa		4,34±0,20 bc	4,88±0,02 d	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		4,25±0,14 b	3,52±0,14 a			
FMp2 (N)	Control	2,41±0,04 a	3,20±0,06 b	3,98±0,17 c	40	269	58
	E.sacarosa		3,32±0,12 b	3,27±0,03 b	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		3,36±0,15 b	2,65±0,07 a			
FM/Dp2 (N mm ⁻¹)	Control	0,72±0,03 ab	0,76±0,03 bc	0,86±0,02 d	12	22	19
	E.sacarosa		0,79±0,02 c	0,68±0,01 a	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,81±0,01 cd	0,77±0,01 bc			
Wp2 (mJ)	Control	4,26±0,28 a	6,87±0,09 b	8,89±0,52 c	38	186	44
	E.sacarosa		7,06±0,47 b	7,51±0,16 b	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		7,13±0,49 b	4,49±0,28 a			
Fp2 (N)	Control	0,25±0,02	0,20±0,01	0,26±0,01	1,8	5,1	2,8
	E.sacarosa		0,24±0,02	0,24±0,02	(0,201)	(0,017)	(0,057)
	Gelatina		0,25±0,01	0,26±0,02			
	Global	0,25±0,02 b	0,23±0,02 a	0,25±0,02 b			
Fpulpap2 (N)	Control	0,24±0,02	0,20±0,01	0,21±0,01	0,21	17	1,6
	E.sacarosa		0,21±0,02	0,19±0,01	(0,813)	(0,000)	(0,214)
	Gelatina		0,20±0,01	0,21±0,01			
	Global	0,24±0,02 b	0,20±0,02 a	0,20±0,02 a			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO IV.7.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de comercialización en los descriptores sensoriales.

	Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Período de comercialización (días) (<i>Pref+vu</i>)				<i>F</i> (<i>p</i>)		
		0	30+8	60+8	<i>Global</i>	<i>Trat</i>	<i>Pref+vu</i>	<i>Trat x Pref+vu</i>
<i>Intensidad de color de la piel</i>	Control	7,1±1,22	6,6±0,80	6,3±0,72		1,1	9,1	0,39
	Ésteres sacarosa		6,2±0,68	5,5±0,88		(0,347)	(0,000)	(0,818)
	Gelatina		6,5±0,58	6,1±0,26				
	<i>Global</i>	7,1±1,17 b	6,4±0,68 a	6,0±0,72 a				
<i>Firmeza de la piel</i>	Control	7,2±0,82	6,3±0,50	5,9±0,73		1,6	18	0,69
	Ésteres sacarosa		6,1±1,14	5,2±1,10		(0,204)	(0,000)	(0,605)
	Gelatina		6,4±0,49	6,1±0,70				
	<i>Global</i>	7,2±0,78 b	6,3±0,75 a	5,8±0,92 a				
<i>Firmeza de la pulpa</i>	Control	6,6±1,23	6,1±0,69	5,1±0,50		0,52	17	0,36
	Ésteres sacarosa		5,9±0,97	4,7±0,83		(0,596)	(0,000)	(0,836)
	Gelatina		6,0±0,56	5,4±0,72				
	<i>Global</i>	6,6±1,17 b	6,0±0,73 b	5,1±0,73 a				
<i>Sabor dulce</i>	Control	6,6±1,19	5,9±0,69	4,6±0,50	5,7±1,18 ab	3,9	32	1,2
	Ésteres sacarosa		5,4±0,62	4,0±0,76	5,3±1,39 a	(0,025)	(0,000)	(0,327)
	Gelatina		6,2±0,62	5,3±0,75	6,0±1,02 b			
	<i>Global</i>	6,6±1,14 c	5,8±0,70 b	4,6±0,85 a				
<i>Sabor</i>	Control	6,7±0,82 d	5,6±0,74 bc	4,7±0,88 b		11	55	2,9
	Ésteres sacarosa		4,8±0,61 b	3,6±0,35 a		(0,000)	(0,000)	(0,028)
	Gelatina		5,9±0,58 cd	5,2±0,64 bc				
<i>Apreciación global</i>	Control	6,6±0,80 d	5,5±0,58 bc	5,1±0,65 bc		14	53	4,0
	Ésteres sacarosa		4,7±0,52 b	3,6±0,68 a		(0,000)	(0,000)	(0,006)
	Gelatina		5,8±0,44 cd	5,3±0,49 bc				

Valor medio y desviación estándar (N=8). Para cada descriptor, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO V. EMPLEO DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES EN VIDA ÚTIL

- ANEXO V.1.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en las pérdidas de peso de los racimos.
- ANEXO V.2.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los sólidos solubles totales, acidez, índice de maduración y fenoles totales.
- ANEXO V.3.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en las coordenadas e índice de color.
- ANEXO V.4.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los parámetros reológicos de compresión.
- ANEXO V.5.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los parámetros reológicos de punción.
- ANEXO V.6.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los parámetros reológicos de penetración.
- ANEXO V.7.** Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los descriptores sensoriales.

ANEXO V.1.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en las pérdidas de peso de los racimos.

Tratamiento postcosecha (<i>Trat</i>)	Pérdidas de peso (%)					<i>F</i>		
	Período de vida útil (días)					<i>(p)</i>		
	2	4	6	8	<i>Global</i>	<i>Trat</i>	<i>Pvu</i>	<i>TratxPvu</i>
Control	1,38±0,12	2,96±0,05	3,29±0,14	3,79±0,29	2,85±0,95 <i>c</i>	33	288	2,2
Ésteres sacarosa	0,71±0,05	1,89±0,20	2,75±0,22	3,45±0,10	2,20±1,08 <i>a</i>	0,000	0,000	0,077
Gelatina	0,89±0,14	2,51±0,31	2,90±0,17	3,66±0,34	2,49±1,08 <i>b</i>			
<i>Global</i>	1,00±0,31 <i>a</i>	2,45±0,50 <i>b</i>	2,98±0,29 <i>c</i>	3,63±0,27 <i>d</i>				

Valor medio y desviación estándar (N=3). Letras distintas indican diferencias según el teste de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO V.2.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los sólidos solubles totales (SST), acidez, índice de maduración (SST/Ac) y fenoles totales.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de vida útil (días)					F		
		(Pvu)					(p)		
		0	2	4	6	8	Trat	Pvu	TratxPvu
SST (°Brix)	Control	14,7±0,02 def	14,3±0,11 cd	15,2±0,14 gh	15,4±0,04 h	13,1±0,41 a	144	94	76
	Ésteres sacarosa		14,4±0,06 cde	15,0±0,13 fg	14,7±0,07 ef	13,8±0,06 b	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		13,4±0,07 ab	13,4±0,05 ab	13,4±0,10 ab	14,2±0,10 c			
Acidez (g 100 g ⁻¹)	Control	0,39±0,01 def	0,39±0,01 def	0,38±0,01 cde	0,37±0,00 bcd	0,42±0,00 g	23	13	36
	Ésteres sacarosa		0,35±0,00 ab	0,33±0,01 a	0,39±0,01 def	0,39±0,01 efg	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,39±0,01 efg	0,40±0,01 fg	0,39±0,01 def	0,36±0,01 bc			
SST/Ac	Control	38±0,4 de	37±0,9 cd	40±1,1 f	41±0,1 f	32±0,8 a	69	34	77
	Ésteres sacarosa		41±0,4 f	45±1,3 g	38±0,7 de	35±0,5 bc	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		34±0,7 c	33±0,7 ab	35±0,7 b	40±1,0 ef			
Fenoles totales (mg kg ⁻¹)	Control	654±36 b-e	703±34 cde	716±32 de	644±54 b-e	564±39 ab	15	13	5,0
	Ésteres sacarosa		623±16 a-d	730±50 e	632±6,4 b-e	619±52 a-d	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		530±6,4 a	611±25 abc	632±6,3 b-e	557±4,5 ab			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el teste de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO V.3.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en las coordenadas e índice de color.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de vida útil (días) (Pvu)					Global	F (p)		
		0	2	4	6	8		Trat	Pvu	TratxPvu
L*	Control	30,2±1,34	31,6±1,62	28,4±1,47	27,2±1,33	29,1±2,21	29,3± 2,06 a	18	2,2	1,8
	Ésteres sacarosa		29,2±1,25	26,2±1,49	27,5±1,58	27,5±1,27	28,1± 1,87 a	(0,000)	(0,092)	(0,109)
	Gelatina		32,5±1,58	31,8±2,15	32,6±2,72	33,4±3,45	32,1± 2,30 b			
a*	Control	8,90±1,48 bc	9,13±0,55 c	5,57±0,59 a	5,49±1,07 ab	7,54±2,37 abc		2,8	14	2,6
	Ésteres sacarosa		7,11±0,85 abc	5,25±0,84 a	5,77±0,94 ab	5,45±0,41 ab		(0,074)	(0,000)	(0,028)
	Gelatina		5,09±0,38 a	4,52±1,09 a	6,00±1,40 abc	7,57±0,72 abc				
b*	Control	3,18±0,86	3,12±0,53	1,39±0,31	1,29±0,46	2,37±1,30	2,27± 1,07 b	5,8	13	1,6
	Ésteres sacarosa		2,40±0,32	1,47±0,34	1,98±0,77	1,47±0,13	2,10± 0,82 b	(0,007)	(0,000)	(0,161)
	Gelatina		1,15±0,45	0,83±0,67	0,72±0,40	1,60±0,48	1,50± 1,06 a			
	Global	3,18±0,75 c	2,22±0,94 b	1,23±0,51 a	1,33±0,73 a	1,81±0,82 ab				
C*	Control	9,49±1,67 b	9,70±0,62 b	5,79±0,63 a	5,68±1,15 a	8,02±2,70 ab		2,8	14	2,3
	Ésteres sacarosa		7,53±0,91 ab	5,47±0,91 a	6,13±1,14 ab	5,68±0,44 a		(0,077)	(0,000)	(0,043)
	Gelatina		5,31±0,48 a	4,73±1,21 a	6,11±1,43 ab	7,81±0,83 ab				
H (°)	Control	19,1±2,15	19,0±3,21	12,9±2,38	11,9±2,04	14,4±4,60	15,5± 4,04 b	18	11	2,0
	Ésteres sacarosa		18,2±0,25	14,2±0,32	17,3±4,26	14,2±0,58	16,6± 2,78 b	(0,000)	(0,000)	(0,085)
	Gelatina		10,7±4,25	5,81±6,42	5,03±3,38	10,1±1,65	10,1± 6,16 a			
	Global	19,1±1,87 c	16,0±4,77 bc	11,0±5,21 a	11,4±6,07 a	12,9±3,23 ab				
CIRG	Control	4,1±0,35	3,9±0,23	4,9±0,29	5,1±0,45	4,6±0,74		2,0	7,2	1,1
	Ésteres sacarosa		4,4±0,26	5,3±0,38	4,9±0,48	5,0±0,26		(0,157)	(0,000)	(0,364)
	Gelatina		4,5±0,33	4,8±0,60	4,6±0,57	4,2±0,46				
	Global	4,1±0,30 a	4,3±0,36 a	5,0±0,43 b	4,9±0,50 b	4,6±0,58 ab				

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO V.4.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los parámetros reológicos de compresión.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de vida útil (días) (Pvu)					Global	F (p)		
		0	2	4	6	8		Trat	Pvu	TratxPvu
F3/Dp (N mm ⁻¹)	Control	1,67±0,18	1,48±0,25	1,25±0,30	1,12±0,17	1,52±0,13		0,32	12	1,2
	Ésteres sacarosa		1,47±0,15	0,97±0,23	1,40±0,17	1,26±0,11		(0,730)	(0,000)	(0,343)
	Gelatina		1,55±0,23	1,11±0,17	1,27±0,10	1,34±0,02				
	Global	1,67±0,16 d	1,50±0,19 cd	1,11±0,24 a	1,27±0,18 ab	1,37±0,15 c				
Dp (mm)	Control	9,61±0,30	8,90±0,42	9,44±0,29	9,63±0,07	9,05±0,16	9,33±0,39 b	4,1	4,5	1,4
	Ésteres sacarosa		9,18±0,14	9,02±0,35	9,01±0,52	9,35±0,25	9,23±0,37ab	(0,027)	(0,006)	(0,236)
	Gelatina		8,81±0,75	8,74±0,33	9,07±0,64	8,49±0,28	8,94±0,58 a			
	Global	9,61±0,26 b	8,96±0,47 a	9,07±0,41 a	9,24±0,51 ab	8,96±0,43 a				
FMp (N)	Control	21,3±2,49	18,2±1,46	19,7±2,74	18,7±1,21	21,0±1,86		1,2	2,8	1,1
	Ésteres sacarosa		20,3±1,63	16,3±1,39	19,4±4,35	18,2±0,99		(0,304)	(0,043)	(0,407)
	Gelatina		18,8±3,51	17,5±1,85	18,3±2,43	16,3±1,55				
	Global	21,3±2,16 b	19,1±2,27 ab	17,8±2,33 a	18,8±2,61 ab	18,5±2,43 ab				
FM/Dp (N mm ⁻¹)	Control	2,22±0,18	2,04±0,24	2,11±0,35	1,95±0,14	2,33±0,17		0,59	1,9	1,5
	Ésteres sacarosa		2,21±0,15	1,81±0,14	2,14±0,37	1,95±0,08		(0,560)	(0,141)	(0,214)
	Gelatina		2,13±0,25	2,00±0,14	1,99±0,15	1,92±0,15				
Wp (mJ)	Control	90±17	71±5,1	73±11	69±5,0	78±10		1,1	6,2	0,65
	Ésteres sacarosa		77±8,3	57±4,3	72±17	68±6,7		(0,336)	(0,001)	(0,734)
	Gelatina		71±20	60±10	68±12	59±8,1				
	Global	90±14 b	73±11 a	63±11 a	70±11 a	68±11 a				

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO V.5.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los parámetros reológicos de punción.

Tratamiento postcosecha		Período de vida útil (días)					F		
(Trat)		(Pvu)					(p)		
		0	2	4	6	8	Trat	Pvu	TratxPvu
Dag (mm)	Control	0,90±0,10 a	0,96±0,13 ab	1,10±0,04 a-d	1,24±0,07 cde	1,23±0,16 cde	10	22	4,3
	Ésteres sacarosa		1,08±0,05 a-d	1,46±0,05 e	1,25±0,06 cde	1,31±0,09 de	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		1,10±0,08 a-d	1,14±0,08 a-d	1,17±0,02 bcd	0,99±0,11 abc			
FMag (N)	Control	0,45±0,02 a	0,49±0,04 ab	0,57±0,02 b-e	0,58±0,01 cde	0,60±0,06 de	1,2	34	8,3
	Ésteres sacarosa		0,52±0,04 abc	0,58±0,01 b-e	0,61±0,02 e	0,59±0,03 de	(0,327)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,61±0,03 e	0,58±0,01 de	0,54±0,11 b-e	0,50±0,02 abc			
FM/Dag (N mm ⁻¹)	Control	0,56±0,02 cd	0,56±0,04 cd	0,56±0,02 cd	0,50±0,02 abc	0,55±0,03 bcd	16	9,0	5,6
	Ésteres sacarosa		0,51±0,02 bcd	0,43±0,017 a	0,52±0,02 bcd	0,48±0,01 ab	(0,000)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,59±0,02 d	0,55±0,03 bcd	0,49±0,01 abc	0,54±0,05 bcd			
Wag (mJ)	Control	0,23±0,04 a	0,27±0,05 ab	0,34±0,01 bcd	0,39±0,02 cd	0,42±0,08 d	5,8	27	5,4
	Ésteres sacarosa		0,30±0,03 abc	0,43±0,02 d	0,41±0,04 d	0,41±0,05 d	(0,007)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,36±0,04 bcd	0,36±0,02 bcd	0,33±0,01 bcd	0,27±0,02 ab			

Valor medio y desviación estándar (N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO V.6.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los parámetros reológicos de penetración.

	Tratamiento postcosecha (Trat)	Período de vida útil (días)					F		
		(Pvu)					(p)		
		0	2	4	6	8	Trat	Pvu	TratxPvu
Dp2 (mm)	Control	3,46±0,17 abc	3,32±0,26 ab	3,51±0,51 abc	3,88±0,06 bc	3,44±0,20 abc	6,8	5,6	2,4
	E.sacarosa		3,26±0,44 ab	3,51±0,31 abc	4,25±0,14 c	4,07±0,32 bc	(0,004)	(0,002)	(0,040)
	Gelatina		3,47±0,03 abc	2,99±0,32 a	3,51±0,35 abc	3,24±0,30 ab			
FMp2 (N)	Control	2,41±0,04 ab	2,28±0,10 ab	2,81±0,18 b	2,47±0,08 ab	2,72±0,09 b	3,9	1,1	7,3
	E.sacarosa		2,37±0,49 ab	2,52±0,16 ab	2,78±0,24 b	2,77±0,13 b	(0,031)	(0,367)	(0,000)
	Gelatina		2,81±0,12 b	2,34±0,15 ab	2,47±0,22 ab	1,97±0,10 a			
FM/Dp2 (N mm ⁻¹)	Control	0,72±0,03 a-d	0,70±0,06 a-d	0,82±0,09 d	0,65±0,03 ab	0,80±0,07 bcd	1,9	5,8	4,4
	E.sacarosa		0,73±0,05 a-d	0,72±0,03 a-d	0,66±0,04 abc	0,69±0,03 a-d	(0,162)	(0,001)	(0,001)
	Gelatina		0,82±0,03 d	0,80±0,05 bcd	0,71±0,01 a-d	0,63±0,08 a			
Wp2 (mJ)	Control	4,26±0,28 a-d	3,87±0,31 abc	5,33±1,16 bcd	4,92±0,06 a-d	4,98±0,15 a-d	7,6	2,2	5,0
	E.sacarosa		4,07±1,35 a-d	4,59±0,53 a-d	5,84±0,70 d	5,76±0,59 cd	(0,002)	(0,096)	(0,001)
	Gelatina		4,93±0,24 a-d	3,65±0,57 ab	4,29±0,82 a-d	3,12±0,11 a			
Fp2 (N)	Control	0,25±0,02 bc	0,24±0,02 abc	0,24±0,01 abc	0,22±0,01 ab	0,27±0,02 cd	0,28	12	7,3
	E.sacarosa		0,29±0,03 d	0,24±0,01 abc	0,22±0,02 ab	0,20±0,01 a	(0,754)	(0,000)	(0,000)
	Gelatina		0,28±0,01 cd	0,25±0,01 bc	0,24±0,01 abc	0,21±0,01 ab			
Fpulpap2 (N)	Control	0,24±0,02	0,22±0,01	0,21±0,01	0,21±0,01	0,22±0,02	2,1	18	1,9
	E.sacarosa		0,23±0,02	0,20±0,00	0,20±0,01	0,19±0,01	(0,136)	(0,000)	(0,090)
	Gelatina		0,26±0,02	0,21±0,01	0,20±0,00	0,20±0,01			
	Global	0,24±0,02 b	0,24±0,02 b	0,20±0,01 a	0,20±0,01 a	0,20±0,02 a			

Valor medio y desviación estándar(N=3). Para cada parámetro, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO V.7.

Efecto del empleo de recubrimientos comestibles y del período de vida útil en los descriptores sensoriales.

Tratamiento postcosecha (Trat)		Período de vida útil (días)			F		
		(Pvu)			(p)		
		0	4	8	Trat	Pvu	Trat x Pvu
<i>Intensidad de color de la piel</i>	Control	7,1±1,22	6,6±0,93	7,2±1,17	0,69	0,97	1,5
	Ésteres sacarosa		7,8±0,77	7,1±1,48	(0,508)	(0,385)	(0,212)
	Gelatina		7,8±1,58	6,5±0,72			
<i>Firmeza de la piel</i>	Control	7,2±0,82	6,9±1,06	7,0±1,12	2,0	4,4	1,6
	Ésteres sacarosa		6,7±0,92	7,1±0,70	(0,143)	(0,017)	(0,198)
	Gelatina		5,6±0,88	6,9±0,89			
	<i>Global</i>	7,2±0,78 b	6,4±1,1 a	7,0±0,88 ab			
<i>Firmeza de la pulpa</i>	Control	6,6±1,23	6,4±0,64	6,4±1,44	0,36	1,7	0,91
	Ésteres sacarosa		6,2±0,61	6,0±0,93	(0,699)	(0,187)	(0,465)
	Gelatina		5,6±0,62	6,5±0,56			
<i>Sabor dulce</i>	Control	6,6±1,19	6,6±0,70	5,4±1,17	2,5	6,3	0,94
	Ésteres sacarosa		7,2±1,27	5,5±1,06	(0,093)	(0,003)	(0,448)
	Gelatina		7,4±1,49	6,7±0,83			
	<i>Global</i>	6,6±1,14 ab	7,1±1,21 b	5,9±1,15 a			
<i>Sabor</i>	Control	6,7±0,82	6,5±0,78	6,2±0,95	2,0	3,1	1,2
	Ésteres sacarosa		6,9±1,20	5,6±0,80	(0,145)	(0,052)	(0,303)
	Gelatina		7,2±1,40	6,8±0,85			
<i>Apreciación global</i>	Control	6,6±0,80	6,2±0,71	6,4±1,06	2,3	2,9	2,0
	Ésteres sacarosa		6,7±1,09	5,6±1,00	(0,109)	(0,064)	(0,108)
	Gelatina		7,4±1,11	6,5±0,66			

Valor medio y desviación estándar (N=8). Para cada descriptor, letras distintas indican diferencias según el test de Tukey para un nivel de significación de 0,05.

ANEXO VI. CORRELACIONES BIVARIADAS

- ANEXO VI.1.** Correlación entre coordenadas e índice de color: coeficiente de Pearson y nivel de significación.
- ANEXO VI.2.** Correlación entre parámetros reológicos de compresión: coeficiente de Pearson y nivel de significación.
- ANEXO VI.3.** Correlación entre parámetros reológicos de punción: coeficiente de Pearson y nivel de significación.
- ANEXO VI.4.** Correlación entre parámetros reológicos de penetración: coeficiente de Pearson y nivel de significación.
- ANEXO VI.5.** Correlación entre parámetros reológicos de compresión y punción: coeficiente de Pearson y nivel de significación.
- ANEXO VI.6.** Correlación entre parámetros reológicos de compresión y penetración: coeficiente de Pearson y nivel de significación.
- ANEXO VI.7.** Correlación entre parámetros reológicos de punción y penetración: coeficiente de Pearson y nivel de significación.
- ANEXO VI.8.** Correlación entre descriptores sensoriales: coeficiente de Pearson y nivel de significación.

Anexo VI.1.

Correlación entre coordenadas e índice de color: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación(p).

Campaña I ($N=30$)		L^*	a^*	b^*	C^*	H	$CIRG$
L^*	r	1,000					
	p						
a^*	r	-0,003	1,000				
	p	0,989					
b^*	r	-0,273	0,869	1,000			
	p	0,145	0,000				
C^*	r	-0,014	0,999	0,886	1,000		
	p	0,943	0,000	0,000			
H	r	-0,502	0,558	0,866	0,580	1,000	
	p	0,005	0,001	0,000	0,001		
$CIRG$	r	-0,526	-0,808	-0,650	-0,808	-0,352	1,000
	p	0,003	0,000	0,000	0,000	0,056	
Campaña II ($N=28$)		L^*	a^*	b^*	C^*	H	$CIRG$
L^*	r	1,000					
	p						
a^*	r	0,149	1,000				
	p	0,451					
b^*	r	-0,080	0,917	1,000			
	p	0,687	0,000				
C^*	r	0,138	0,999	0,930	1,000		
	p	0,482	0,000	0,000			
H	r	-0,303	0,627	0,835	0,640	1,000	
	p	0,117	0,000	0,000	0,000		
$CIRG$	r	-0,633	-0,805	-0,700	-0,804	-0,481	1,000
	p	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	

Anexo VI.2.

Correlación entre parámetros reológicos de compresión: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

Campaña I ($N=26$)			F3/Dp	Dp	FMp	FM/Dp	Wp
F3/Dp	r		1,000				
	p						
Dp	r		0,206	1,000			
	p		0,314				
FMp	r		0,793	0,319	1,000		
	p		0,000	0,112			
FM/Dp	r		0,797	0,193	0,991	1,000	
	p		0,000	0,344	0,000		
Wp	r		0,895	0,455	0,954	0,926	1,000
	p		0,000	0,020	0,000	0,000	
Campaña II ($N=28$)			F3/Dp	Dp	FMp	FM/Dp	Wp
F3/Dp	r		1,000				
	p						
Dp	r		-0,021	1,000			
	p		0,916				
FMp	r		0,737	0,345	1,000		
	p		0,000	0,072			
FM/Dp	r		0,799	0,119	0,971	1,000	
	p		0,000	0,547	0,000		
Wp	r		0,807	0,461	0,956	0,899	1,000
	p		0,000	0,014	0,000	0,000	

Anexo VI.3.

Correlación entre parámetros reológicos de punción: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

Campaña I ($N=31$)			Dag	FMag	FM/Dag	Wag
Dag	r		1,000			
	p					
FMag	r		0,023	1,000		
	p		0,903			
FM/Dag	r		-0,789	0,559	1,000	
	p		0,000	0,001		
Wag	r		0,723	0,698	-0,179	1,000
	p		0,000	0,000	0,335	
Campaña II ($N=31$)			Dag	FMag	FM/Dag	Wag
Dag	r		1,000			
	p					
FMag	r		0,746	1,000		
	p		0,000			
FM/Dag	r		-0,159	0,526	1,000	
	p		0,393	0,002		
Wag	r		0,898	0,951	0,263	1,000
	p		0,000	0,000	0,152	

Anexo VI.4.

Correlación entre parámetros reológicos de penetración: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

Campaña I ($N=31$)			Dp2	FMp2	FM/Dp2	Wp2	Fp2	Fpulpap2
Dp2	r		1,000					
	p							
FMp2	r		-0,013	1,000				
	p		0,945					
FM/Dp2	r		-0,636	0,775	1,000			
	p		0,000	0,000				
Wp2	r		0,455	0,841	0,351	1,000		
	p		0,010	0,000	0,053			
Fp2	r		-0,204	0,738	0,713	0,476	1,000	
	p		0,271	0,000	0,000	0,007		
Fpulpap2	r		-0,102	0,582	0,539	0,401	0,871	1,000
	p		0,584	0,001	0,002	0,026	0,000	
Campaña II ($N=31$)			Dp2	FMp2	FM/Dp2	Wp2	Fp2	Fpulpap2
Dp2	r		1,000					
	p							
FMp2	r		0,746	1,000				
	p		0,000					
FM/Dp2	r		-0,229	0,464	1,000			
	p		0,215	0,009				
Wp2	r		0,907	0,947	0,168	1,000		
	p		0,000	0,000	0,366			
Fp2	r		-0,462	0,094	0,765	-0,177	1,000	
	p		0,009	0,616	0,000	0,341		
Fpulpap2	r		-0,505	-0,026	0,651	-0,243	0,812	1,000
	p		0,004	0,890	0,000	0,188	0,000	

Anexo VI.5.

Correlación entre parámetros reológicos de compresión y punción: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

Campaña I ($N=26$)			Dag	FMag	FM/Dag	Wag
F3/Dp	r		-0,596	0,295	0,596	-0,309
	p		0,001	0,143	0,001	0,124
Dp	r		-0,044	-0,080	-0,103	-0,099
	p		0,831	0,696	0,617	0,629
FMp	r		-0,210	0,417	0,345	0,069
	p		0,303	0,034	0,084	0,738
FM/Dp	r		-0,212	0,444	0,370	0,085
	p		0,298	0,023	0,063	0,680
Wp	r		-0,381	0,354	0,433	-0,107
	p		0,055	0,076	0,027	0,602
Campaña II ($N=28$)			Dag	FMag	FM/Dag	Wag
F3/Dp	r		-0,050	0,522	0,854	0,328
	p		0,799	0,004	0,000	0,088
Dp	r		0,212	0,101	-0,109	0,189
	p		0,279	0,610	0,581	0,335
FMp	r		0,424	0,765	0,633	0,691
	p		0,025	0,000	0,000	0,000
FM/Dp	r		0,382	0,782	0,711	0,675
	p		0,045	0,000	0,000	0,000
Wp	r		0,267	0,660	0,671	0,564
	p		0,170	0,000	0,000	0,002

Anexo VI.6.

Correlación entre parámetros reológicos de compresión y penetración: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

Campaña I ($N=26$)			Dp2	FMp2	FM/Dp2	Wp2	Fp2	Fpulpap2
F3/Dp	r		-0,505	0,345	0,589	0,069	0,482	0,260
	p		0,008	0,084	0,002	0,737	0,013	0,200
Dp	r		-0,029	0,188	0,183	0,168	0,421	0,467
	p		0,888	0,358	0,372	0,413	0,032	0,016
FMp	r		-0,114	0,551	0,506	0,423	0,515	0,371
	p		0,578	0,004	0,008	0,031	0,007	0,062
FM/Dp	r		-0,115	0,544	0,497	0,416	0,470	0,307
	p		0,575	0,004	0,010	0,034	0,015	0,127
Wp	r		-0,303	0,491	0,584	0,278	0,592	0,439
	p		0,132	0,011	0,002	0,169	0,001	0,025
Campaña II ($N=28$)			Dp2	FMp2	FM/Dp2	Wp2	Fp2	Fpulpap2
F3/Dp	r		0,000	0,459	0,706	0,256	0,583	0,682
	p		0,998	0,014	0,000	0,189	0,001	0,000
Dp	r		0,329	0,270	-0,006	0,314	-0,022	-0,046
	p		0,088	0,165	0,976	0,103	0,911	0,817
FMp	r		0,271	0,680	0,680	0,494	0,542	0,355
	p		0,162	0,000	0,000	0,008	0,003	0,064
FM/Dp	r		0,204	0,657	0,732	0,449	0,586	0,406
	p		0,299	0,000	0,000	0,017	0,001	0,032
Wp	r		0,216	0,620	0,670	0,439	0,560	0,473
	p		0,269	0,000	0,000	0,019	0,002	0,011

Anexo VI.7.

Correlación entre parámetros reológicos de punción y penetración: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

Campaña I ($N=31$)			Dp2	FMp2	FM/Dp2	Wp2	Fp2	Fpulpap2
Dag	r	0,802	0,007	-0,475	0,336	-0,191	-0,063	
	p	0,000	0,970	0,007	0,064	0,302	0,737	
FMag	r	-0,017	0,757	0,583	0,648	0,502	0,411	
	p	0,928	0,000	0,001	0,000	0,004	0,022	
FM/Dag	r	-0,645	0,411	0,697	0,093	0,443	0,302	
	p	0,000	0,022	0,000	0,617	0,012	0,099	
Wag	r	0,570	0,511	0,042	0,684	0,200	0,232	
	p	0,001	0,003	0,821	0,000	0,280	0,210	
Campaña II ($N=31$)			Dp2	FMp2	FM/Dp2	Wp2	Fp2	Fpulpap2
Dag	r	0,610	0,600	0,046	0,630	-0,196	-0,426	
	p	0,000	0,000	0,806	0,000	0,290	0,017	
FMag	r	0,508	0,842	0,551	0,728	0,251	0,063	
	p	0,003	0,000	0,001	0,000	0,173	0,738	
FM/Dag	r	-0,003	0,507	0,777	0,301	0,627	0,661	
	p	0,985	0,004	0,000	0,100	0,000	0,000	
Wag	r	0,583	0,793	0,364	0,738	0,070	-0,132	
	p	0,001	0,000	0,044	0,000	0,707	0,479	

Anexo VI.8.

Correlación entre descriptores sensoriales: coeficiente de Pearson (r) y nivel de significación (p).

Campaña I (N=31)		<i>Intensidad color piel</i>	<i>Firmeza piel</i>	<i>Firmeza pulpa</i>	<i>Sabor dulce</i>	<i>Sabor</i>	<i>Apreciación global</i>
<i>Intensidad color piel</i>	<i>r</i>	1,000					
	<i>p</i>						
<i>Firmeza piel</i>	<i>r</i>	0,023	1,000				
	<i>p</i>	0,902					
<i>Firmeza pulpa</i>	<i>r</i>	-0,148	0,801	1,000			
	<i>p</i>	0,426	0,000				
<i>Sabor dulce</i>	<i>r</i>	0,383	0,324	0,176	1,000		
	<i>p</i>	0,033	0,075	0,344			
<i>Sabor</i>	<i>r</i>	0,401	0,480	0,343	0,821	1,000	
	<i>p</i>	0,025	0,006	0,059	0,000		
<i>Apreciación global</i>	<i>r</i>	0,397	0,353	0,195	0,853	0,889	1,000
	<i>p</i>	0,027	0,052	0,293	0,000	0,000	
<hr/>							
Campaña II (N=25)		<i>Intensidad color piel</i>	<i>Firmeza piel</i>	<i>Firmeza pulpa</i>	<i>Sabor dulce</i>	<i>Sabor</i>	<i>Apreciación global</i>
<i>Intensidad color piel</i>	<i>r</i>	1,000					
	<i>p</i>						
<i>Firmeza piel</i>	<i>r</i>	0,444	1,000				
	<i>p</i>	0,026					
<i>Firmezapulpa</i>	<i>r</i>	0,519	0,574	1,000			
	<i>p</i>	0,008	0,003				
<i>Sabor dulce</i>	<i>r</i>	0,691	0,518	0,635	1,000		
	<i>p</i>	0,000	0,008	0,001			
<i>Sabor</i>	<i>r</i>	0,517	0,069	0,331	0,526	1,000	
	<i>p</i>	0,008	0,743	0,107	0,007		
<i>Apreciación global</i>	<i>r</i>	0,478	0,089	0,317	0,563	0,947	1,000
	<i>p</i>	0,016	0,672	0,122	0,003	0,000	