

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ORIHUELA

Máster Universitario Oficial de
Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo



POSIBLES HERRAMIENTAS ECOLÓGICAS,
MELATONINA Y GABA, PARA SU USO EN
PRECOSECHA CON EFECTOS SOBRE LA CALIDAD
POSTCOSECHA DE ALBARICOQUE.

TRABAJO FIN DE MASTER
Convocatoria – 2018/19

AUTOR: LAPO ROMERO LUIS ALBERTO

DIRECTOR: PEDRO ZAPATA COLL.



Máster Oficial en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo

Se autoriza al alumno **Luis Alberto Lapo Romero** a realizar el Trabajo Fin de Máster titulado: “Posibles herramientas ecológicas, Melatonina y GABA, para su uso en precosecha con efectos sobre la calidad postcosecha de albaricoque” realizado bajo la dirección de **Dr. Pedro Zapata Coll**, debiendo cumplir las directrices para la redacción del mismo que están a su disposición en la asignatura.

Orihuela, 4 de septiembre de 2019

ESTHER|
SENDRA|
NADAL

Firmado digitalmente
por ESTHER|SENDRA|
NADAL
Fecha: 2019.09.04
07:54:15 +02'00'

Fdo.: Esther Sendra Nadal

Directora del Master Universitario en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo



MASTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE AGROECOLOGÍA, DESARROLLOR RURAL Y AGROTURISMO

VISTO BUENO DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

CURSO 2018/2019

Director/es del trabajo
Pedro Zapata Coll

Dan su visto bueno al Trabajo Fin de Máster

Título del Trabajo
Posibles herramientas ecológicas, Melatonina y GABA, para su uso en pre-cosecha con efectos sobre la calidad post-cosecha de albaricoque.
Alumno
Lapo Romero Luis

Orihuela, a 17 de septiembre de 2019
Firma/s directores/es trabajo



MASTER UNIVERSITARIO OFICIAL DE AGROECOLOGÍA, DESARROLLOR RURAL Y AGROTURISMO

REFERENCIAS DEL TRABAJO FIN DE MÁSTER

Título: Posibles herramientas ecológicas, melatonina y gaba, para su uso en precosecha con efectos sobre la calidad postcosecha de Albaricoque.

Modalidad (proyecto/experimental/bibliográfico/caso práctico): Experimental

Autor: Lapo Romero Luis

Director/es: Pedro Zapata Coll

Convocatoria: 2018/2019

Número de referencias bibliográficas: 45

Número de tablas:

Número de figuras: 33

Palabras clave (5 palabras): Melatonina, GABA, calidad, conservación, ecológico.

RESUMEN: (mínimo 10 líneas)

En la actualidad, el cultivo de albaricoque esta muy extendido en España, y su producción y comercialización ecológica es clave para continuar siendo rentable, sin embargo, la fruta en general, y en especial el albaricoque, tiene una vida poscosecha muy corta que limita sus posibilidades de comercialización. Determinadas sustancias como Melatonina y GABA (ácido γ -aminobutírico) son sintetizados por las propias plantas como respuesta a situaciones de estrés, que les hace ser mas resistente a las diferentes alteraciones que pueden despreciar su valor comercial. El objetivo de este trabajo es comprobar si estos compuestos, los cuales, por su origen natural, podrían ser utilizados en agricultura ecológica como herramientas para mejorar la calidad del fruto y potenciar así sus posibilidades de comercialización. Para ello se llevará a cabo aplicaciones con estos tratamientos en precosecha y se valorar su efecto en la recolección y durante su conservación refrigerada. Los parámetros a analizar son aquellos relacionados con la calidad y senescencia del fruto como: perdidas de peso, tasa de respiración, producción de etileno, firmeza, solidos solubles, acidez y color del fruto.



INDICE

I	INTRODUCCIÓN	8
1.1	Importancia de la producción ecológica	8
1.2	El albaricoque	10
1.3	Importancia del albaricoquero	10
1.4	Calidad comercial del albaricoque	13
1.4.1	Calidad organoléptica o sensorial	14
1.3.2	Calidad nutricional	15
1.3.3	Calidad postcosecha	15
1.3.4	Calidad sanitaria	16
1.5	Maduración del albaricoque	17
1.6	Problemas post-cosecha del albaricoque	18
1.7	Tecnologías de conservación innovadoras	19
1.7.2	Posibles tratamientos ecológicos.....	20
II	OBJETIVO.....	22
III	MATEIALES Y METODOS	23
3.1	Material vegetal	23
3.2	Aplicación pre-cosecha de elicitores	23
3.3	Recolección y almacenamiento post-cosecha.....	24
3.4	Determinación durante el almacenamiento	25
3.4.1	Pérdidas de peso	25
3.4.2	Tasa de respiración.....	25
3.4.3	Producción de etileno	27
3.4.4	Sólidos solubles totales	28
3.4.5	Acidez total	29

3.4.6	Determinación de firmeza	30
3.4.7	Determinación de color	31
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1	Efecto de los tratamientos sobre la pérdida de peso	32
4.2	Efecto de los tratamientos sobre la tasa de respiración	33
4.3	Efecto de los tratamientos sobre la producción de etileno	34
4.4	Efecto de los tratamientos sobre los Solidos Solubles Totales (SST)	35
4.5	Efecto de los tratamientos sobre la acidez de frutos.....	36
4.6	Efecto de los tratamientos sobre la firmeza de frutos.....	37
4.7	Efecto de los tratamientos sobre el color de frutos.....	38
4.7.1	Parámetro L*	38
4.7.2	Parámetro a*	40
4.7.3	Parámetro b*	42
4.7.4	Índice croma (C).....	43
4.7.5	Ángulo Hue	45
V	CONCLUSIONES	47
VI	BIBLIOGRAFÍA.....	48

I INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia de la producción ecológica

Desde el punto de vista de la FAO, la agricultura orgánica o ecológica comprende todo un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema y en particular la biodiversidad, los ciclos y la actividad biológicos del suelo, por ello requiere tecnologías, basadas en información técnica-científica verificada que permita una adecuada aplicación y fomentación.

El crecimiento de la producción orgánica se ha incrementado desde la última década del siglo XX. Tanto las áreas sembradas como los volúmenes comercializados han experimentado sensibles incrementos, situación que ha sido fomentada además por un exceso en la demanda y el diferencial de precios existentes en los países industrializados, junto con el desarrollo de sistemas de soportes y sistemas regulatorios, particularmente en los principales mercados.

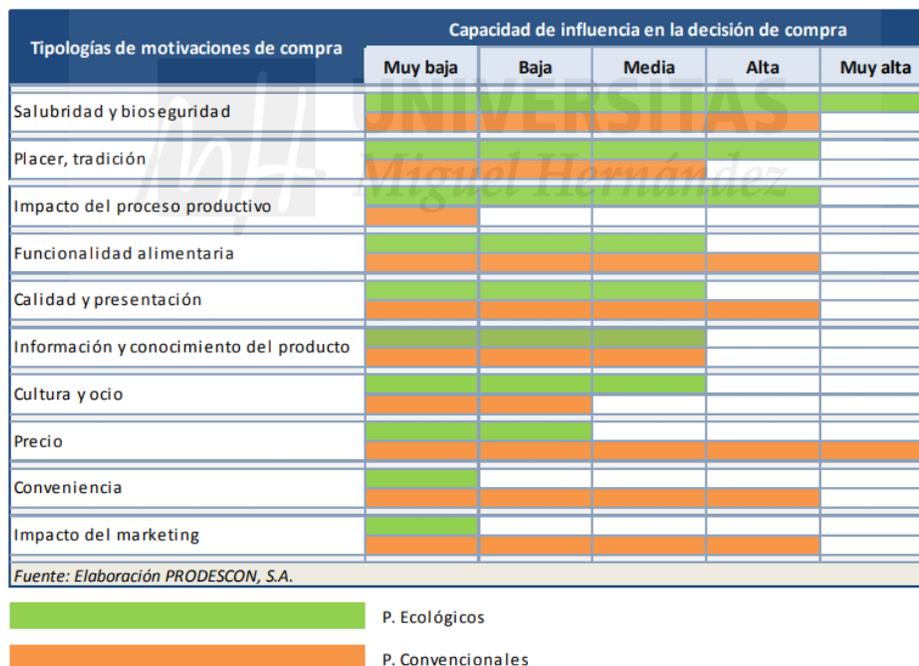


Figura 1.1 Motivaciones de compra de productos ecológicos y convencionales.

El último informe de 2018 de IFOAM ORGANICS INTERNATIONAL, indican que la producción orgánica deja una derrama económica de 90.000.000 € en todo el mundo, donde E.U.A. aporta 40.000.000 € seguido de Alemania con 10.000.000 €. La tendencia de consumo de productos orgánicos tiene una proyección positiva muy marcada en la Unión Europea, Suiza consume 288 €

per cápita, Dinamarca tiene un consumo de 278 € per cápita, seguido de Suecia con 237 € per cápita.

Actualmente existe alrededor de 69.8 millones de hectáreas bajo manejo orgánico a nivel mundial. Cerca de la mitad de esta extensión se encuentra en Oceanía, menos de una cuarta parte en Europa y un poco menos en América Latina. Australia es el país con la mayor cantidad de área bajo manejo orgánico con 35.6 millones de hectáreas, la mayor parte pastos para ganadería bovina y ovina; le siguen Argentina con 3,4 millones de hectáreas, España con 2,1 millones de hectáreas y Estados Unidos con 2 millones de hectáreas. (IFOAM-Organics international, 2018).

La fruticultura ecológica, como el resto de las orientaciones productivas en esta materia, está sujeta en Europa al Reglamento (CEE) 2092/91, que regula los métodos de producción agrícola, ganadera y de transformación de alimentos. Además de establecer los insumos (fertilizantes, productos fitosanitarios...) utilizables en la producción de fruta ecológica, es necesario tener en cuenta algunos principios o normas generales que se pueden resumir en los siguientes: ser respetuosa con el medio ambiente (tanto con los seres vivos como con el entorno), mantener la fertilidad natural de la tierra y fomentar la biodiversidad vegetal y animal (por ejemplo, con el mantenimiento de setos o evitando tener el suelo desnudo).

En España, las Autoridades competentes de las Comunidades Autónomas son las responsables de la organización y supervisión del programa de control de la producción ecológica, realizando también otras funciones asignadas en la reglamentación correspondiente.

En 2016 el consumo de productos ecológicos en España alcanzó los 1.685,5 millones de euros, significando un crecimiento del mercado interior del orden del 12,51%. La comercialización intermedia y la distribución final de productos ecológicos en el mercado español configuran una estructura atomizada y compleja en la que conviven numerosas tipologías de operadores con gran diversidad de características y enfoques comerciales y de marketing. Por otra parte, dicha estructura es, además, relativamente diferente a la que sirve de soporte a la comercialización y distribución de alimentos y bebidas convencionales (MAPA, 2016).

España ocupa el lugar número 10 en el ranking de los países productores de frutas de clima templado (manzanas, peras, ciruelas, melocotones, cerezas, etc.). En 2015 representaba el 1,66% de toda la superficie ecológica mundial dedicada a este cultivo. Esta línea de productos ecológicos

frescos tiene una creciente importancia tanto en la cesta de los consumidores ecológicos como en el conjunto de los intercambios comerciales internacionales de productos ecológicos, con cada vez mayor protagonismo de los productores norteamericanos y latinoamericanos.

1.2 El albaricoque

El albaricoquero pertenece a la familia *Rosaceae*, subfamilia *Prunoidea*, género *Prunus* y subgénero *Prunophora*. El género *Prunus* es uno de los más importantes desde el punto de vista agrícola, con más de 100 especies cultivadas (Bailey y Hough, 1975). La mayoría de los albaricoqueros cultivados pertenecen a la especie *Prunus armeniaca* (Linneo), también denominada *Armeniaca vulgaris* (Lamarck) (Forte, 1992).

El hábitat de naturalización del albaricoquero se extiende por Europa, África, América y Oceanía, entre los paralelos 50° y 35° N y 50° y 35° S (Agustí, 2004).

En la actualidad, el cultivo se localiza principalmente en las zonas costeras de clima mediterráneo, así como en determinadas áreas semi continentales templadas, con inviernos fríos y veranos cálidos y secos (Layne *et al.*, 1996). Mientras que en otras especies frutales se produce una continua renovación varietal, la poca adaptabilidad del albaricoquero, cuyos cultivares suelen ser específicos de áreas geográficas con unas condiciones ecológicas muy determinadas, ha dificultado el desplazamiento de material vegetal de unas zonas de cultivo a otras (Bailey y Hough, 1975). Esto ha provocado que la estructura varietal no haya evolucionado al mismo ritmo que en otras especies frutales.

Dado que se cultiva en continentes muy diferentes y lejanos, existe gran variabilidad de países productores que pertenecen a estos, como por ejemplo son Turquía, Túnez o España. En uno de estos países, exactamente en la provincia de Malatya, en Turquía, es el área más importante de producción de albaricoques secos en el mundo.

1.3 Importancia del albaricoquero

La producción de albaricoques está muy extendida por todo el mundo, ocupando unas 400.000 ha y cultivándose de forma comercial en más de 60 países. La producción mundial de albaricoque

supera los $3,8 \times 10^6$ t anuales, según datos de FAOSTAT del año 2017. España, actualmente, es uno de los principales productores mundiales siendo el segundo país productor europeo tras Italia y superando recientemente a Francia, y el séptimo a nivel mundial (Figura 1.2, FAOSTAT, 2019).

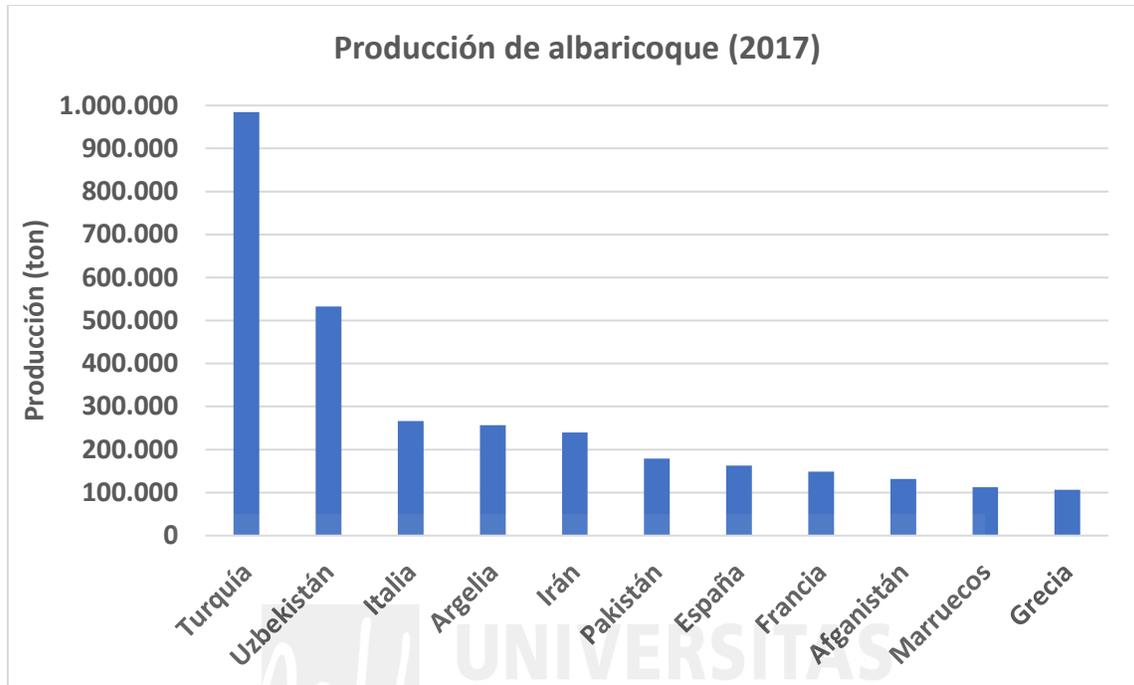


Figura 1.2 Principales países productores de albaricoque en el mundo en 2017. Fuente: FAOSTAT

La producción nacional de albaricoque convencional es de 162.972 ton en el año 2017, según datos de FAOSTAT. La superficie nacional plantada de albaricoquero es de 21.002 ha.

La producción de albaricoque de manera ecológica ha tenido altas y bajas, aunque en los últimos años va con tendencia negativa (Figura 1.3), no deja de ser un mercado muy atractivo para la Unión Europea, en especial para España, el cual cuenta con gran cantidad de producción convencional de albaricoque que podría convertirse a ecológico en los próximos años, siguiendo la tendencia de los países hacia la producción sustentable y amigable con el medio ambiente.

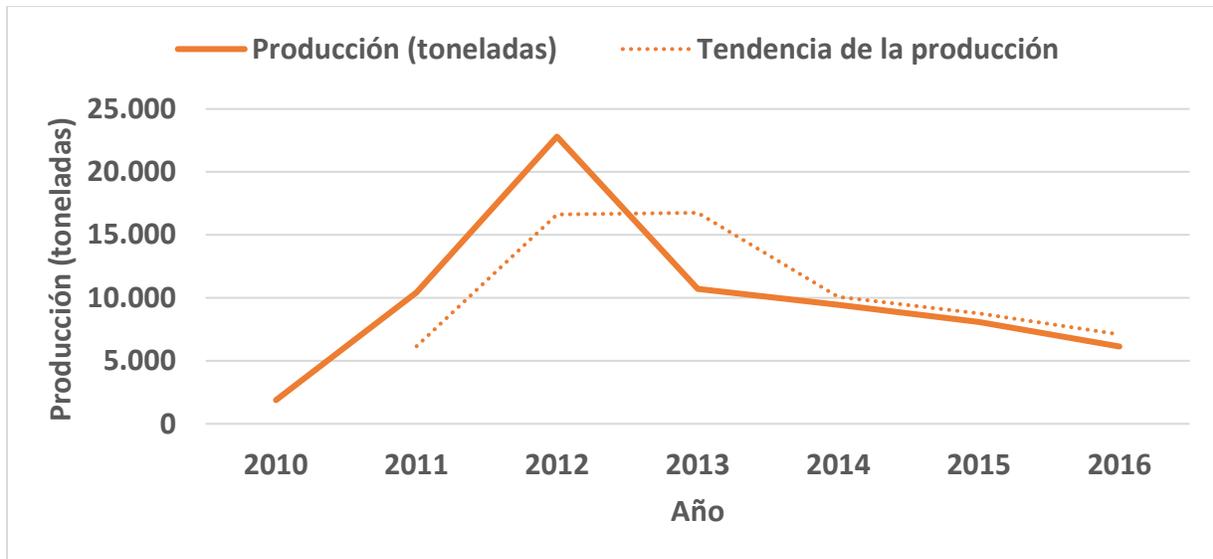


Figura 1.3 Producción histórica de albaricoque ecológico en España y tendencia de la producción. Fuente: FAOSTAT

En la figura 1.3, se observa la evolución en la producción de albaricoque producido bajo certificación ecológica en los últimos años, donde se puede observar una tendencia a la baja en la producción en España.

A nivel de Comunidades Autónomas, la Región de Murcia es, con diferencia, la principal zona productora con aproximadamente el 80% del total nacional (unas 4.800 toneladas) en 2016 (MAPA, 2019).

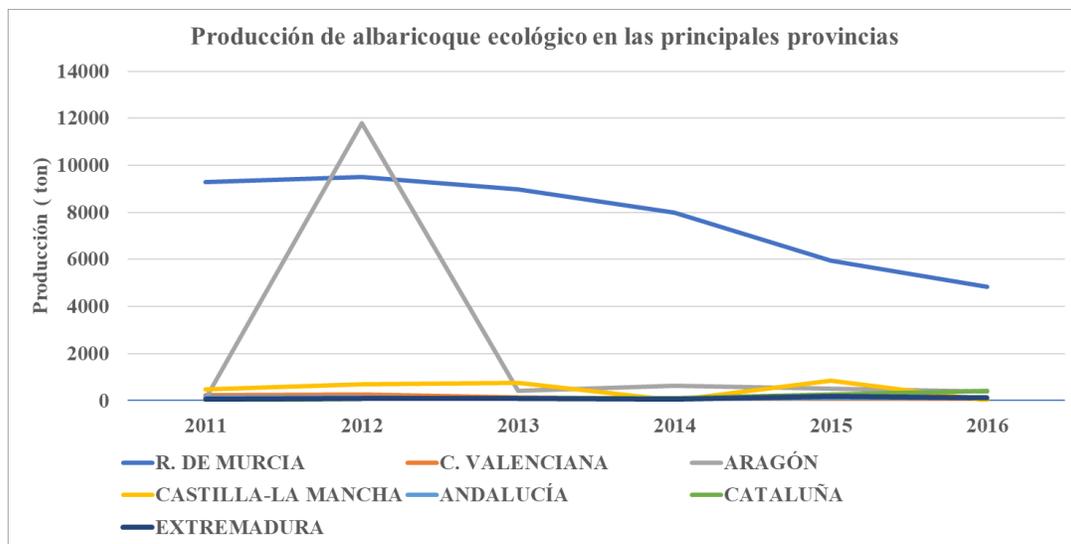


Figura 1.4 Evolución de la producción ecológica de albaricoque en principales provincias de España. Fuente: MAPA

En 2016 las exportaciones de albaricoque provenientes de huertos ecológicos podrían haber alcanzado cerca de 891 millones de euros, continuando una prolongada trayectoria de crecimiento continuo (así, respecto a 2015 las exportaciones de productos ecológicos crecieron un 14,5%; y entre 2011 y 2017 el crecimiento de las exportaciones habría sido el 73,14%). De forma que las exportaciones de productos ecológicos representaron en 2016 el 1,9% de todas las exportaciones agroalimentarias españolas.

Principales Mercados Exportadores	Exportaciones (Miles de Millones de euros)		
	2015	2014	2013
1. EEUU		2.409	1.750
2. Italia	1.650	1.600	1.260
3. Países Bajos	928	928	783
4. Vietnam	817	551	195
5. España	778	724	672
6. China		467	365
7. Francia	435	435	450
8. Alemania		410	372
9. Canadá	420	378	370
10. México	373	378	373
11. India	269	303	291
12. Perú		255	198
13. Dinamarca	266	231	206
14. Australia	248	248	248
15. Rumanía		(nd)	200
16. Bolivia		(nd)	179
17. República Dominicana		(nd)	172
18. Chile		152	134
19. Nueva Zelanda	151	136	134
20. Argentina		(nd)	122
Resto exportaciones		975	115
TOTAL EXPORTACIONES MUNDIALES (*)	12.600	10.580	8.589

Figura 1.5. Principales Mercado exportadores. Fuente: Elaboración PRODESCON, S.A.a partir de FIBL/IFOAM

El destino de la producción varía en los distintos países. Aunque la fruta destinada al consumo en fresco es la más cotizada en especial, la producción ecológica, debido a los problemas de conservación en condiciones óptimas tras la recolección, la mayor parte de la producción mundial se dedica a la obtención de frutos desecados (Faust *et al.*, 1998).

1.4 Calidad comercial del albaricoque

De acuerdo con la Real Academia Española (RAE), 2019, en su primera acepción “Calidad es la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor”. Kramer y Twigg (1966) definen la calidad como “aquellas características químicas y físicas que determinan su aceptación por el consumidor”.

En agricultura ecológica uno de los principales objetivos perseguidos es la mejora continua de la calidad de los frutos, desde calidad comercial, hasta calidad nutricional y sanitaria, al garantizar el

uso de sustancias inocuas para el ser humano, generalmente de origen natural y de poca o nula residualidad.

En la búsqueda de la calidad en todos los productos agrícolas se ha puesto mayor interés de productores, comercializadores y consumidores y para su estudio la calidad se puede dividir en cuatro principales componentes:

1.4.1 Calidad organoléptica o sensorial

Shewfelt (2000), sugirió que las características propias del producto determinan su calidad y que la percepción y respuesta de los consumidores determinarían la aceptabilidad. A pesar de ello, y debido a la subjetividad que presenta, se suelen realizar determinaciones de parámetros específicos empleando técnicas analíticas que permiten llegar a un consenso de valores objetivos que establezcan la calidad del fruto.

Para determinar las propiedades responsables de la calidad sensorial de los frutos se estudian: la apariencia, la textura, el sabor y el aroma.

Para analizar la apariencia de un fruto se pueden emplear técnicas encaminadas a determinar el balance de colores que presenta.

El brillo realza el color de la mayor parte de los productos, pero es particularmente valorado en frutas a tal punto que muchas de ellas son enceradas y lustradas para mejorar su aspecto.

Dentro de los parámetros que definen la frescura y madurez, el color, tanto en intensidad como en uniformidad, es el aspecto externo más fácilmente evaluado por el consumidor.

El valor de h es el ángulo del tono, y se expresa en grados que van de 0° (inclusive) a 360° (excluido).

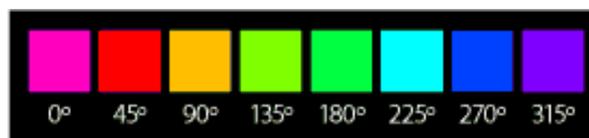


Figura 1.6. Muñoz S., G. 2007. Tonos de distintos ángulos hue (aproximadamente). Recuperado de: <http://www.gusgsm.com>.

Un valor más cercano a 45 de hue sería una tonalidad más rojiza, mientras que un valor de hue más cercano a 90 sería una tonalidad más naranja-amarilla.

La textura de un fruto se puede definir como la sensación general que se obtiene en la boca al morder y masticar un fruto y que comprende características mecánicas, como dureza, crujibilidad y viscosidad, características químicas, como contenido en jugo y en grasas (Sams, 1999).

De forma general, los consumidores prefieren frutos de textura firme, entendiendo “firme” como la capacidad de resistir a la deformación cuando se aplica una fuerza. En el mismo sentido, el sabor y el aroma del fruto vienen determinados por la composición química, como el contenido de azúcares, ácidos orgánicos y ciertos compuestos volátiles. Así mismo, la acidez es un parámetro medible muy importante, debido a que una acidez elevada disminuye la apreciación del sabor.

1.3.2 Calidad nutricional

Se refiere a la aptitud de los alimentos para satisfacer las necesidades del organismo en términos de energía y nutrientes. Este factor ha adquirido gran relevancia debido al conocimiento verificado de los efectos beneficiosos para el organismo de una dieta saludable o equilibrada.

Está compuesta por contenido de distintos grupos de compuestos químicos complejos como materia seca, agua, proteína, aminoácidos, hidratos de carbono, sales, grasa, vitaminas, etc.

Según la PRODESCON (2106) un estudio de las motivaciones de compra coloca al albaricoque ecológico como un buen incentivo su contenido de pigmentos como compuestos antioxidantes, según la percepción del consumidor.

1.3.3 Calidad postcosecha

Se refiere a que los productos se deben cosechar, cuando alcancen los indicadores de calidad que cumplan con los estándares exigidos por el mercado, con la consiguiente aplicación de métodos que minimicen su deterioro posterior, prestándole especial atención a la hora de la cosecha, la selección de los tamaños, formas, color o grado de maduración requeridos (FAO, 2001).

Los hallazgos encontrados por Quiles (2017) sobre el retraso en el índice de madurez de los frutos en almacenamiento tratados con compuestos orgánicos, demuestra que los tratamientos precosecha de origen natural tienen un efecto benéfico sobre la calidad final de los frutos en frío.

1.3.4 Calidad sanitaria

Se refiere a la ausencia o presencia confirmada en los alimentos de niveles de contaminantes biológicos, químicos y físicos en base a evidencias científicas perjudiciales a la salud de las personas que lo consumen. Este es el nivel básico imprescindible que debe satisfacer un producto alimenticio para ser comercializado y es generalmente aquel controlado según la legislación sanitaria del país, para resguardo de la salud pública de los ciudadanos de contraer enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs), entre las que se incluyen las infecciones causadas por bacterias, hongos, virus y parásitos, así como, las intoxicaciones producidas por plantas y animales venenosos, plaguicidas, metales pesados, aditivos alimentarios, antibióticos, hormonas, sustancias radioactivas y las biotoxinas presentes en plantas y animales o las elaboradas por algunos microorganismos en los alimentos (FAO, 2003).

Este tipo de calidad es el principal atractivo de la producción ecológica de albaricoque, pues garantiza frutos libres de compuestos sintéticos, además de una inocuidad llevada en todo momento de la producción comercial, valorada y pagada por consumidores preocupados por el medio ambiente y la bioseguridad.

Todos estos componentes de la calidad están determinados por diversos factores en pre y post-cosecha (Lee y Kader, 2000). Algunos ejemplos de factores precosecha son los siguientes:

- Factores genéticos (cultivar y pautas de maduración)
- Estado de madurez del fruto en el momento de cosecha (Kader, 1999).
- Otros factores extrínsecos (condiciones climáticas, fertilidad y capacidad de riego del terreno, abonado, control de plagas y enfermedades, otras prácticas culturales)

Estos factores se infieren en el momento anterior a la cosecha, la cual marca el fin del cultivo y el comienzo del periodo post-cosecha donde influye el almacenamiento, preparación para el mercado, distribución y venta, que tendrá también una influencia notable en la calidad final del producto cuando llegue al consumidor (Cantín, 2009).

1.5 Maduración del albaricoque

Valero y Serrano (2010) definen el proceso de maduración como: “proceso fisiológico genéticamente programado que comprende toda una serie de cambios bioquímicos que modifican las propiedades físicas, químicas, nutricionales y funcionales que hacen al fruto atractivo al consumidor”.

El fruto del albaricoquero y de otros frutales de hueso se caracteriza por tener un patrón de crecimiento del tipo doble sigmoideo (Connors, 1919) con una primera fase temprana de división celular (I), un período intermedio de crecimiento lento (II), y una fase final de expansión celular (III), caracterizada por un rápido crecimiento del fruto hasta que alcanza prácticamente su tamaño final (Figura 1.7).

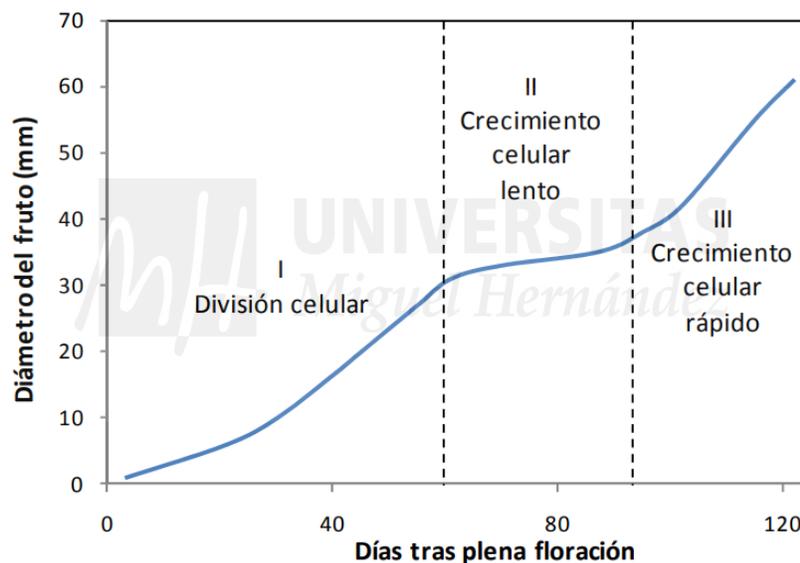


Figura 1.7 Patrón de crecimiento de frutos de hueso. Fuente: Connors, 1919.

Los frutos son definidos fisiológicamente con base a la presencia (climatéricos) o ausencia (no climatéricos) de un aumento en la respiración y en la síntesis de etileno al comienzo de la madurez de consumo (Lelièvre *et al.*, 1997).

El albaricoque presenta una elevada síntesis de etileno y un aumento de su actividad respiratoria posterior a su recolección. La capacidad de síntesis de etileno se produce a partir de cierto estado de desarrollo del fruto y está relacionada con su velocidad de maduración. De esta manera, el estado fisiológico que presenta la fruta en el momento de su cosecha influye en la evolución de su maduración.

La cosecha anticipada de albaricoques es una práctica común porque produce fruta más resistente a la manipulación y al transporte; la cosecha más tardía, en cambio, produce fruta de mejor calidad sensorial pero una vida posterior a la cosecha potencialmente más breve (Quiles, 2017).

La aplicación de compuestos “elicitores” de mejora de calidad de frutos puede alargar la vida de anaquel de estos, al acoplar esto con los objetivos de la agricultura ecológica podemos encontrar entonces, soluciones conjuntas que nos permitan una cosecha tardía con mejor calidad sensorial y al mismo tiempo fruta más resistente, en un ambiente de producción ecológica.

1.6 Problemas post-cosecha del albaricoque

Valero (2012) define el término post-cosecha como “el período en que se encuentra un producto (y las actividades que se realizan sobre él) una vez éste ha sido cosechado, hasta el momento en el que es consumido o llega a manos del consumidor”.

Además, tras la recolección, se produce una interrupción del ciclo de vida natural de la planta y la transpiración de esta de manera que conducen a la pérdida de peso del fruto, así como otro tipo de pérdidas y deterioros ligados a su manipulación, almacenamiento y distribución (Ansari y Tuteja, 2014).

El albaricoque es un fruto de corta vida post-cosecha, pues depende en gran medida de las condiciones de manipulación y almacenaje que influyen directamente e inferir en las máximas propiedades organolépticas (Kerbel, Kader y Mitchell, 1989).

Gran parte de las pérdidas por mermas de albaricoque están estrechamente relacionadas con la pérdida de peso (pérdida de agua en el fruto o podredumbres), daños por frío y alteraciones en el color del fruto que disminuyen su calidad comercial.

La pérdida de agua después de la cosecha se debe a dos sucesos importantes, la interrupción del suministro de agua por parte de la planta, y segundo, pérdida de agua del fruto por transpiración (movimiento de agua del interior del fruto al ambiente), por ello el medio juega un papel importante inmediatamente después de la cosecha (velocidad del aire, humedad relativa, temperatura, etc.).

Los problemas más frecuentes en el albaricoque son daños por frío, produciéndose una descomposición gelatinosa y ataque de hongos.

Los albaricoques, al igual que ocurre con los melocotones, sufren daños por frío que en este tipo de fruta se le llama descomposición gelatinosa.

En etapas tempranas, se caracteriza por la formación de zonas acuosas que luego se tornan pardas. A la degradación del tejido le suele acompañar un aspecto esponjoso y la formación de un gel (Agustí, 2004). Los albaricoques también sufren enfermedades dentro de las cuales las más importantes son:

- Pudrición parda: causada por *Monilinia fructicola* considerada la enfermedad post-cosecha más importante del albaricoque. La infección comienza durante la floración y se desarrolla en post-cosecha.
- Pudrición por Rhizopus: causada por *Rhizopus stolonifer*. Es un hongo que aparece en fruta madura o casi madura a temperaturas de 20 a 25°C.

Estos daños dentro de una producción con certificación ecológica son más difíciles de controlar pues las herramientas e insumos disponibles para su control son considerablemente pocas y de menor eficacia en comparación con las utilizadas en la agricultura convencional, pero compensadas con un furo de más valor comercial, y de un nicho comercial más dirigido a mercados mejor pagados.

Los daños por frío vienen determinados por la temperatura de almacenamiento y por el contenido en sólidos solubles (Couvillon y Krewer, 1991), por ello la fruta cosechada antes, que presenta menos sólidos solubles, tiene una mayor predisposición a sufrir daños por frío. El daño por frío puede generar textura seca, pardeamiento, maduración incompleta y pérdida de propiedades organolépticas (Lurie y Crisosto *et al.* 2005).

1.7 Tecnologías de conservación innovadoras

La Agricultura Ecológica (AE) ofrece una respuesta al interés social de consumir productos agrícolas saludables, pero se aplica aún a baja escala en fruticultura debido principalmente al insuficiente conocimiento de las técnicas de producción y a la escasez de trabajos de investigación que den soporte a su generalización a escala comercial (Descombres *et al.* 2006). La progresiva demanda de fruta ecológica, junto a la mayor implicación medioambiental, ha motivado que fruticultores de distintas regiones europeas se hayan interesado por los métodos ecológicos de producción (Föko 2008).

1.7.2 Posibles tratamientos ecológicos

Hoy en día el estudio de aplicaciones en el momento de recolección con impacto en la post-cosecha, está siendo fomentado, para mejorar algunos aspectos que afectan la calidad de los frutos, sin embargo, la gran mayoría de estas sustancias son de origen sintético, y hay pocas sustancias que se puede utilizar en la producción ecológica.

A pesar de que existe poca información sobre sustancias de origen natural que mejoren la calidad post-cosecha de frutos, hay trabajos de investigación que sugieren el uso de compuestos sintetizados por las propias plantas para este fin, y que representa una práctica innovadora para la agricultura ecológica.

Quiles (2017), encontró que la aplicación de ácido oxálico y ácido salicílico en precosecha tiene efectos en el almacenamiento de frutos, reduciendo el índice de madurez y tasa de producción de etileno, donde incluso las dosis a 0.5 mM de ácido oxálico mejoraba la firmeza de los frutos; estos tratamientos con compuestos naturales no afectaban la característica de color de los albaricoques y aumentaban la producción derivado de aumento de número de frutos e incremento del peso medio de los frutos evaluados.

El ácido γ -aminobutírico (GABA) es un aminoácido no proteico que se encuentra presente ampliamente en microorganismos, plantas y animales.

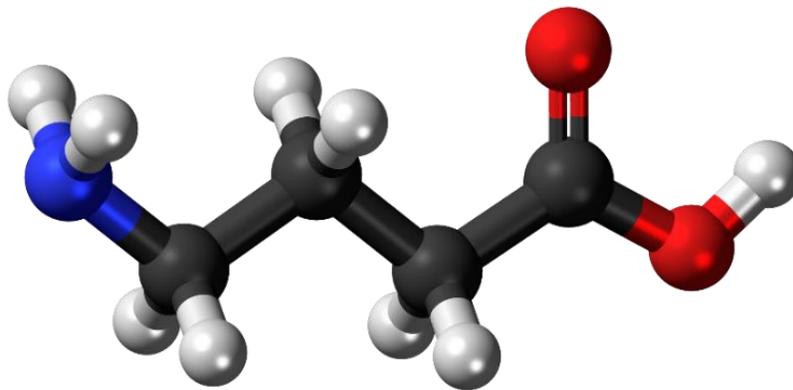


Figura 1.8 Estructura del ácido γ -aminobutírico (GABA). Fuente: anónimo

La aplicación de GABA en productos almacenados en frío coadyuva a reducir los efectos de lesiones por frío (CI), derivada por una disminución en la actividad de la enzima fenilalanina amonio liasa (PAL) resultando que el GABA aumenta la resistencia a CI (Soleimani *et al.* 2015).

Por otro lado, Mirzaei, Aelaei y Mortazavi (2016), encontraron que la aplicación de GABA en flores de corte incrementó la vida en florero de las flores cortadas en cierta medida, el contenido de clorofila, el peso fresco relativo y escape de iones, en comparación con el control, sin embargo, no hubo efecto en la acumulación de peso seco. Los experimentos preliminares demostraron que el GABA no tiene contradicciones ni efecto perjudicial sobre los atributos de las flores cortadas por lo que puede usarse como producto orgánico seguro para prolongar la vida post-cosecha de flores de corte. Esto sugiere que el GABA tiene efectos post-cosecha en especies vegetales en general y que puede ser utilizado en fruticultura.

La melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina) es una hormona secretada fundamentalmente por la glándula pineal y se encuentra tanto en vertebrados, como en invertebrados, plantas, bacterias y protozoos. Fue aislada e identificada en 1958 por el dermatólogo Aarón Lerner en su intento por buscar un tratamiento efectivo contra el vitíligo (Stevens, 1996).

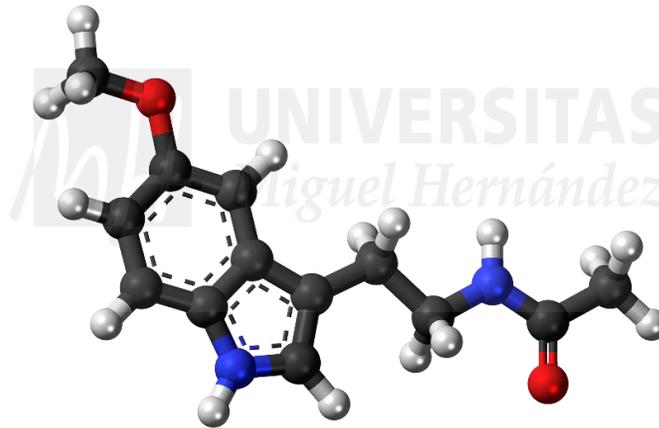


Figura 1.9 Estructura de la melatonina. Fuente: anónimo

Las funciones fisiológicas que la melatonina desempeña en plantas no son muy conocidas. La melatonina es una Indolamina con estructura relacionada con el triptófano (aminoácido esencial en humanos), la serotonina (neurotransmisor) y el ácido 3-indolacético (IIA) que pertenecen a la familia de las auxinas que actúan regulando el crecimiento y desarrollo de las plantas, por tanto, la melatonina puede desempeñar la función de fitohormona (Arnao y Hernández-Ruiz, 2006).

Datos experimentales muestran que la melatonina exógena actúa reduciendo el contenido de H_2O_2 y mejorando las actividades de la catalasa y la peroxidasa en post-cosecha de productos tuberosos (Hu *et al.* 2016).

II OBJETIVO

El Objetivo principal de este Trabajo de Fin de Máster ha sido aplicar dos compuestos naturales con probabilidad en ser aplicados en un futuro en agricultura ecológica en pre-cosecha, Melatonina y ácido γ -aminobutírico (GABA), y analizar sus efectos sobre la calidad del albaricoque ‘Colorado’ en el momento de la recolección, y su conservación refrigerada en una temperatura considerada como óptima (8°C) y a una temperatura de sufrir daños por frio (1°C).



III MATEIALES Y METODOS

3.1 Material vegetal

El experimento se llevó a cabo en una finca ecológica comercial en la localidad de Cieza (Murcia), sobre albaricoques (*Prunus armeniaca L.*) de la variedad ‘Colorado’ y. Los árboles fueron tratados con los elicitores Melatonina y ácido γ -aminobutírico (GABA) (Sigma Aldrich, Madrid).

Las condiciones de cultivo fueron el estándar para este tipo de frutal en producción ecológica certificada.



Figura 3.1: Finca comercial de albaricoques situada en Cieza (Murcia) utilizada en el ensayo

3.2 Aplicación pre-cosecha de elicitores

Las concentraciones ensayadas fueron 0.1 mM (conteniendo 1 mL L⁻¹ Tween-20) de Melatonina y 10 mM (conteniendo 1 mL L⁻¹ Tween-20) y un tratamiento control con agua destilada (conteniendo 1 mL L⁻¹ Tween-20). Se realizaron un total de tres aplicaciones, en las fechas indicadas en la Figura 3.2. Los tratamientos se aplicaron en bloques de tres árboles cada uno mediante aplicación foliar por espray de 3 L por árbol con mochila antes de la recolección.



Figura 3.2: Fechas de aplicación de los tratamientos Pre-cosecha.

3.3 Recolección y almacenamiento post-cosecha

Los frutos fueron recolectados en base al criterio comercial de color y tamaño, se desecharon los frutos con fisiopatías, daños mecánicos u otras alteraciones y empleándose para analizar la tasa de respiración, producción de etileno y los parámetros de calidad (Firmeza, Pérdida de peso, Color, Sólidos solubles totales y Acidez titulable) en el momento de la recolección y tras 7, 14, 21 y 28 días de almacenamiento.

Inmediatamente después de la recolección, frutos de cada bloque tratado fueron transportados al laboratorio del grupo de Post-recolección perteneciente a la Universidad Miguel Hernández de Elche, campus Desamparados Orihuela, se llevaron a cabo las determinaciones analíticas, donde se realizaron 9 lotes de 10 frutos homogéneos en tamaño, color y defectos visuales para cada replica y tratamiento de la variedad Colorado. Un lote fue usado para medir las propiedades en el momento de la recolección (día 0), mientras que cuatro lotes de cada tratamiento se almacenaron a 1°C y los cuatro restantes a 8°C. Estos lotes se analizaron tras 7, 14, 21 y 28 días de estar almacenados a 1 y 8°C con una humedad relativa comprendida entre 85-95% y un día de shelf-life a temperatura ambiente.



Figura 3.3: Fechas de muestreo durante el almacenamiento

Se llevaron a cabo primero las determinaciones no destructivas, como la determinación de pérdida del peso, las tasas de respiración, la producción de etileno y la firmeza. Posteriormente, se realizaron los análisis destructivos para los sólidos solubles y la acidez.

3.4 Determinación durante el almacenamiento

3.4.1 Pérdidas de peso

Se midieron los pesos de cada lote en cada uno de los muestreos realizados durante el almacenamiento, expresando estas pérdidas de peso como porcentaje con respecto al peso del día 0.

3.4.2 Tasa de respiración

El sistema estático utilizado para esta determinación, propuesto por Kader (1992), consiste en encerrar la muestra de cuatro albaricoques en un frasco de vidrio provisto de una válvula (septum) de material elastómero situada en la tapadera de cierre hermético.

La tasa de respiración y producción de etileno fue determinada introduciendo los frutos de cada réplica y lote en recipientes herméticos de 3,7 L de capacidad durante 60 minutos, como se muestra la Figura 3.4.

El gas producto de la respiración se acumula en el interior del recipiente, y la válvula permite la extracción de cinco jeringuillas de 1 mL del contenido gaseoso de cada uno de los botes. Dos jeringuillas se destinaron para la determinación de CO₂ y otras dos para la determinación de etileno, quedando una más sin utilizar por si acaso hacía falta repetir alguna de las determinaciones. Entonces, 1 mL del aire contenido en estos recipientes es extraído mediante jeringuillas. La cuantificación de etileno se cuantificó usando un cromatógrafo de gases (TMGC-2010, Shimadzu, Kyoto, Japan), equipado con un detector de ionización de llama, expresando sus resultados en nL g⁻¹ h⁻¹.

Cromatógrafo de gases, empleando para ello presentaba las siguientes condiciones de trabajo:

- Temperatura de horno: 50°C.
- Temperatura del inyector: 115°C.
- Temperatura del detector: 150°C.

- Flujo de gas portador (Helio): 16 mL/min.
- Tipo de calibración: patrón externo (aire atmosférico).
- Tiempo de retención del CO₂: entre 1,4 y 1,6 minutos.
- Tiempo de retención de O₂: 2,86 minutos.
- Detector de conductividad térmica (TCD).
- Separación y determinación del CO₂: columna CHROMOSORB 102 80/100 de 2m · 1/8”.
- Temperatura máxima: 400°C.

Finalmente, la tasa de respiración se calculó mediante la fórmula que se muestra a continuación, conociendo el peso de los frutos, el volumen de los recipientes y la concentración de CO₂, después de un determinado tiempo (30 minutos).

$$\frac{Mg\ CO_2}{Kg \cdot h} = \frac{(V\ tarro - V\ fruta) \cdot 0,687 \cdot A \cdot T}{A_{patrón} \cdot P \cdot T}$$

Donde:

- V tarro: Volumen del recipiente (mL)
- V fruta: Volumen de la muestra (mL)
- A: Área obtenida en el cromatógrafo
- T: Tiempo que permaneció cerrado el recipiente (min)



Figura 1.4: Recipientes herméticos para la determinación de la tasa de respiración y producción de etileno.

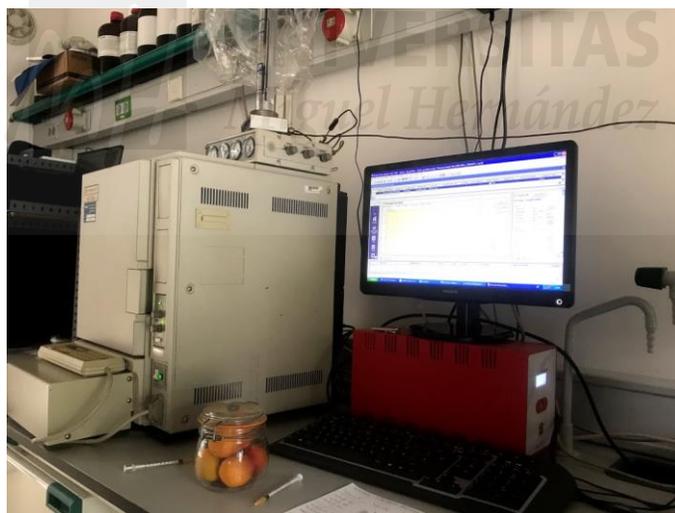


Figura 3.5 Espectrofotómetro y equipo de cómputo utilizado.

3.4.3 Producción de etileno

De igual modo, la cuantificación del CO₂ se realizó introduciendo 1 mL del aire contenido en el interior del envase en un cromatógrafo de gases Shimadzu 14B, equipado con un detector de conductividad térmica.

Para la determinación de etileno, expresando la tasa de respiración como $\text{mg CO}_2 \text{ Kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, se utilizaron las dos jeringuillas previamente mencionadas, las cuales se inyectaron en un cromatógrafo de gases Shimadzu modelo GC-2010 que disponía de un detector de ionización de llama (FID), una columna de acero inoxidable de 3 metros de longitud y un diámetro de 2 mm, rellena de alúmina de 60/80 mesh; con las siguientes condiciones de trabajo:

- Flujo del gas portador (He): 50 mL/min.
- Flujo de H₂: 40 mL/min. 18
- Flujo de aire: 400 mL/min.
- Temperatura del inyector: 100°C.
- Temperatura del detector: 150°C.
- Temperatura de la columna: 100°C

El cromatógrafo estaba conectado a un ordenador con un programa informático que registraba las mediciones y los cuantificaba. El etileno se identificó por su tiempo de retención en la columna, comparando este con una cromatografía estándar.

La emisión de etileno puede calcularse mediante la fórmula que se muestra a continuación, conociendo el peso de los frutos, el volumen del recipiente y el tiempo que ha estado cerrado.

$$\frac{nL C_2H_4}{g \cdot h} = \frac{(V - P) \cdot (600 \cdot A_{C_2H_4})}{A_{patrón} \cdot P \cdot T}$$

Donde:

- V: Volumen del recipiente (mL)
- P: Peso de la muestra (gramos)
- A: Área obtenida en el cromatógrafo
- A patrón: Área correspondiente a 10 ppm
- T: Tiempo que permaneció cerrado el recipiente (min)

3.4.4 Sólidos solubles totales

Los sólidos solubles totales (SST) fueron medidos por duplicado utilizando el zumo obtenido de los albaricoques de cada lote mediante un refractómetro digital y expresando como °Brix.

Para llevar a cabo esta determinación primero se obtuvo el zumo. Para ello se cortaron por la zona ecuatorial los 10 frutos que contenían cada lote, quedándonos únicamente con las mitades que no contenían hueso, estas mitades sin hueso se dividieron en dos grupos de quince mitades cada uno, con el fin de obtener dos medidas de sólidos solubles y se envolvieron cada grupo en una tela de algodón, para exprimirlas con la ayuda de un mortero.

La medida de sólidos solubles se obtuvo colocando unas gotas de zumo en un refractómetro Abbe-2WAJ (Atago Co. Ltd., Tokio, Japón), con una sensibilidad $\pm 0,2$ °Brix. Este aparato se calibró con agua destilada.



Figura III3.6 Refractómetro utilizado para determinación de SST.

3.4.5 Acidez total

La acidez titulable (AT) fue analizada por duplicado por titulación de 1 mL del mismo zumo utilizado en los SST, con NaOH hasta un pH de 8.1, expresando el resultado como porcentaje de ácido málico.

La acidez titulable se determinó por valoración potenciométrica mediante un pHmetro Metrohm 760 Sample Changer, de sensibilidad $\pm 0,01$ complementado con una impresora modelo DP40-24N, Se valoró con hidróxido sódico a 0,1 N hasta alcanzar un ph de 8,1 (AOAC, 1990).

El análisis se realizó en un 1 mL de zumo exprimido y se disolvió en 25 mL de agua destilada. Los resultados se expresaron en gramos del ácido mayoritario/ 100 gramos de muestra (en el

albaricoque el ácido mayoritario es el ácido málico). Las medidas se analizaron por duplicado en cada submuestra, siendo los resultados la media \pm E.S.

$$\text{gramos de ácido málico}/100 \text{ gramos de muestra} = 6,4 \cdot V_1 \cdot f \cdot N/P$$

Donde:

- N: Normalidad del hidróxido sódico
- V_1 : Volumen de hidróxido de sodio 0,1 N utilizando en la valoración
- f: factor del hidróxido de sodio
- P: Peso de la muestra tomada en gramos



Figura 3.7 pH-metro utilizado para determinar acidez.

3.4.6 Determinación de firmeza

La firmeza de los frutos fue determinada mediante análisis individual de los frutos de cada lote y tratamiento usando un analizador de textura TA-XT plus (Stable Microsystems, Godalming, UK). Se aplica un 5% de deformación del diámetro de la fruta con respecto a la base del texturómetro. Los resultados son expresados como la relación fuerza-deformación (N mm^{-1}).



Ilustración 1.8 Texturometro utilizado para determinar la textura de fruto.

3.4.7 Determinación de color

La determinación de los parámetros de color se ha realizado mediante software de imagen, utilizando las imágenes tomadas con una cámara digital Nikon D3400 dentro de una caja de luz y fondo negro de los albaricoques ensayados. La configuración de la cámara y condiciones durante la toma de imágenes fue la siguiente: la iluminación fue proporcionada por dos focos led de temperatura de color de 5600 K, velocidad de 1/5s, ISO-200, apertura focal (f) 20 y longitud 35 mm. En la determinación del color externo se tomaron imágenes frontales y traseras de las réplicas de cada tratamiento, colocando los frutos de cada replica al mismo tiempo, tal y como puede verse en la Figura 3.9. Se capturaron un total de seis imágenes, dos por réplica, por tratamiento y en cada muestreo, incluido el día de la recolección. Estas imágenes se guardaron en formato JPEG y se analizaron usando el software ImageJ v1.52a (NIH Image, National Institutes of Health, Bethesda, USA), obteniendo así los parámetros L, a* y b* que, a su vez, han permitido calcular el ángulo Hue.



Fotografía 3.9: Imágenes tomadas para el análisis de imagen del color externo.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Efecto de los tratamientos sobre la pérdida de peso

La pérdida de peso de los frutos de albaricoque expresada en porcentaje se muestra en la Figura 4.1, dicha pérdida de peso se evaluó tanto para los frutos tratados con Melatonina como para GABA a dos temperaturas de almacenamiento postcosecha (1 y 8°C). Se puede observar a la primera medición a los 7 días, que los tratamientos con melatonina a ambas temperaturas tienen una menor pérdida de peso con respecto a ambos controles, por otro lado, el tratamiento de GABA ha mostrado diferencias significativas con respecto al control de ambas temperaturas y ambos casos ha resultado tener mayores pérdidas de peso que en el caso de melatonina.

Tras 14 días de almacenamiento, el tratamiento de melatonina a 1°C destaca del resto al tener la menor pérdida de peso, mientras que el tratamiento de GABA a 8°C casi no tuvo variación en su pérdida de peso con respecto a la primera medición.

Al final de la conservación, a los 28 días, se observa que el tratamiento de melatonina a 1°C fue el que tuvo la menor pérdida de peso de todos los tratamientos, al contrario que sucede a 8°C que presenta la mayor pérdida de peso junto con el tratamiento testigo a esa misma temperatura. En el caso de los tratamientos con GABA, las pérdidas de peso a los 28 días, cuando los albaricoques se almacenaron a 1 y 8°C, fueron menores que sus respectivos controles. Los tratamientos de

Melatonina y el control a 8° C fueron los que presentaron mayor pérdida de peso con respecto al resto.

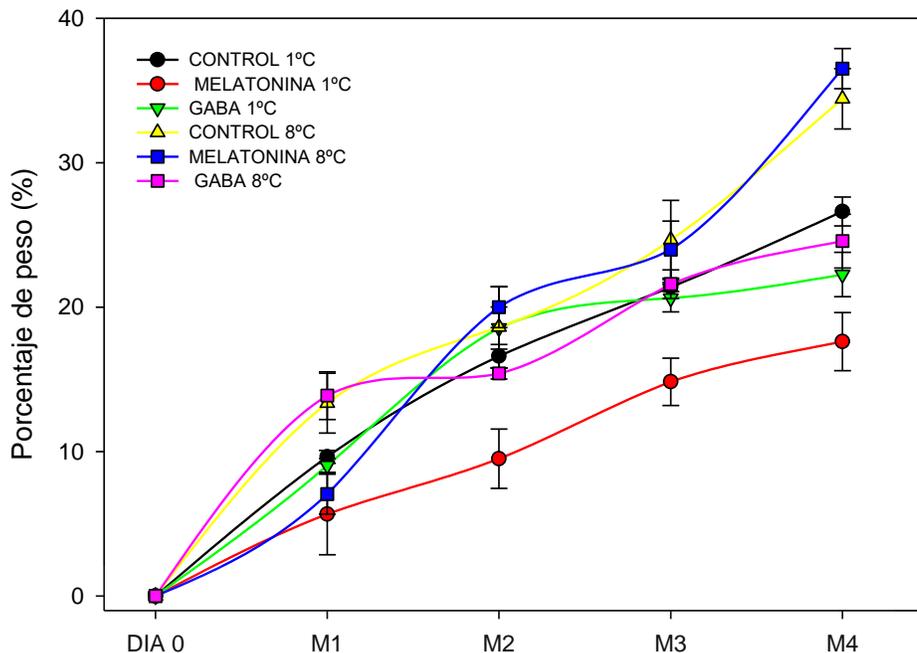


Figura 4.1 Pérdida de peso (%) según el compuesto aplicado en precosecha y la temperatura de almacenamiento

4.2 Efecto de los tratamientos sobre la tasa de respiración

En la Figura 4.2 se ilustran las tasas de respiración de los frutos de albaricoque expresada en mg de CO₂ kg⁻¹h⁻¹. En el momento de la recolección (Dia 0) se observa un incremento en la respiración de los frutos de los tratamientos con GABA y melatonina en ambas temperaturas. En la primera medición se puede observar que el tratamiento de melatonina a 1°C tiene la menor tasa de respiración de todos. Los tratamientos a 8°C tienen, en general, tienen una tasa de respiración mayor, aunque, el tratamiento de GABA a esta temperatura es significativamente menor.

Los resultados del segundo muestreo indican que el tratamiento de melatonina en ambas temperaturas tiene una menor tasa de respiración. El tratamiento testigo a 8°C incrementa notablemente su respiración, se muestran diferencias significativas entre los tres tratamientos, sin embargo, la melatonina presenta la menor tasa de respiración.

En la tercera medición puede observarse que a menor temperatura los tratamientos no son significativamente diferentes del control, en cambio, a 8°C ambos tratamientos tienen una tasa de respiración significativamente más baja que el control, siendo la melatonina la más destacable.

Para la medición 4 solo se tomó en cuenta los tratamientos a 1° C debido a que los frutos estaban deteriorados y su manipulación era complicada y ya no eran aptos para su análisis, el tratamiento de GABA presentó la menor tasa de respiración con respecto al control.

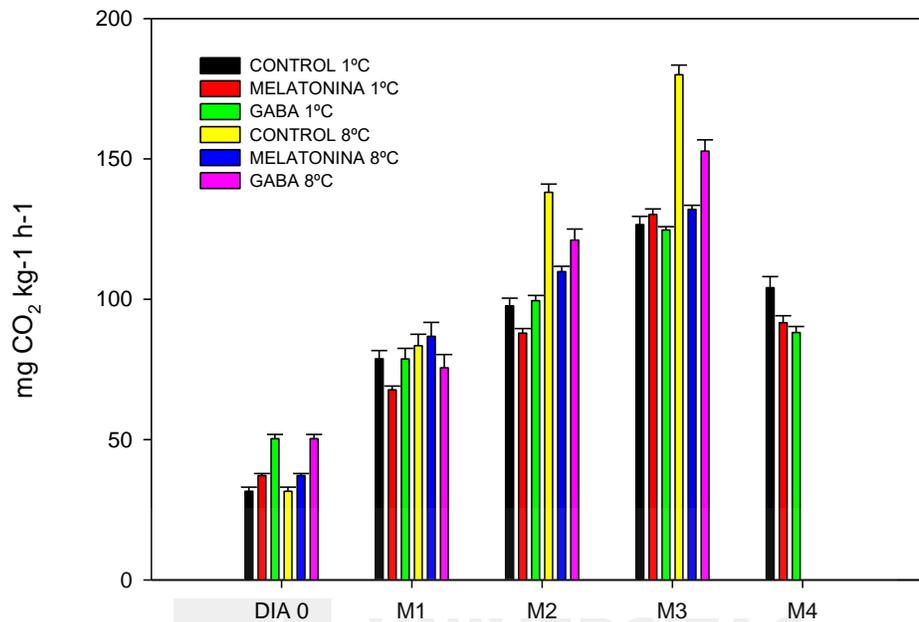


Figura 4.2. Tasa de respiración (mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹) según el compuesto aplicado en precosecha y la temperatura de almacenamiento.

4.3 Efecto de los tratamientos sobre la producción de etileno

La producción de etileno en frutos se muestra en la Figura 4.3 En la recolección solamente los tratamientos con GABA de ambas temperaturas produjeron etileno.

Durante el almacenamiento post-cosecha, la primera medición para producción de etileno en los tratamientos a menor temperatura solamente la melatonina tuvo un destacable efecto respecto al control. En cuanto a los tratamientos a 8°C la producción de etileno fue mucho mayor en el tratamiento control seguido de melatonina y por último GABA.

En la segunda medición, los tratamientos con melatonina presentaron menor producción de etileno en ambas temperaturas con respecto a los controles, la aplicación de GABA mostró mayores niveles de producción de etileno que el tratamiento control.

En el tercer muestreo se redujo de forma general la producción de etileno, siendo en ambos tratamientos con elicitores fueron significativamente menores respecto a los tratamientos control, pero sin diferencias entre ellos.

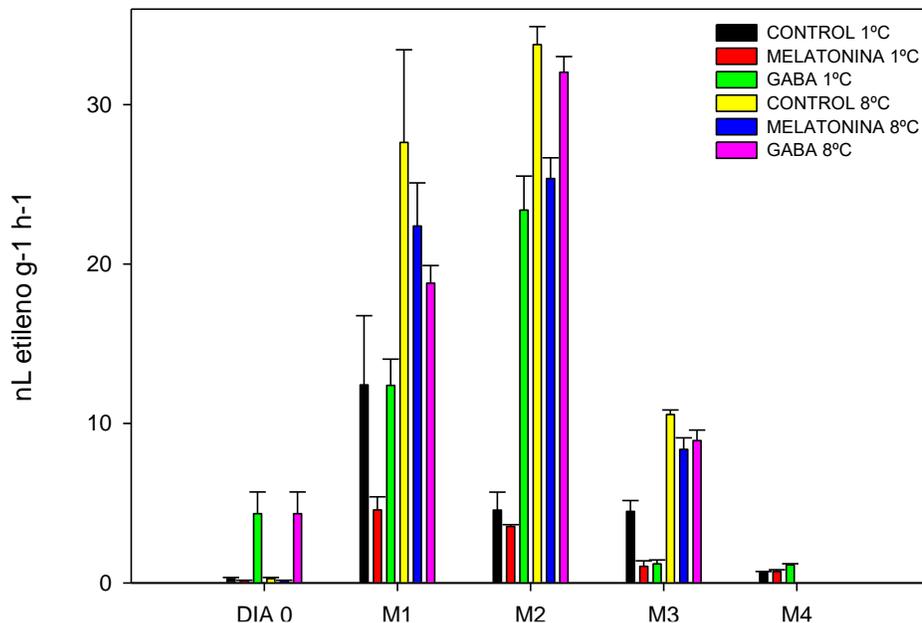


Figura 4.3 Producción de etileno (nL etileno g⁻¹ h⁻¹) según el compuesto aplicado en precosecha y la temperatura de almacenamiento.

4.4 Efecto de los tratamientos sobre los Sólidos Solubles Totales (SST)

En la Figura 4.4 se muestra el contenido de Sólidos Solubles Totales (SST), medidos en °Brix.

El día de la recolección destaca la melatonina al reducir significativamente los °Brix, caso contrario de la aplicación de GABA la cual presentó un incremento significativo de SST respecto al tratamiento control y se mantiene esta tendencia a lo largo de los muestreos.

El tratamiento de GABA en frutos almacenados a 1°C mantiene una tendencia con una diferencia significativa con respecto al tratamientos control, diferente de los frutos tratados con GABA pero a 8° C los cuales no presentan diferencias significativas respecto al control, hasta el tercer muestreo que es significativamente menor que el control.

Los tratamientos de melatonina no presentan diferencias significativas con respecto a los controles desde un punto de vista de la tendencia del gráfico.

En general el contenido de SST en los primeros días posteriores a la cosecha va en aumento, posteriormente tiene una baja que coincide con el aumento en la producción de etileno, y vuelve a aumentar conforme el etileno disminuye.

SST Albaricoque Colorado

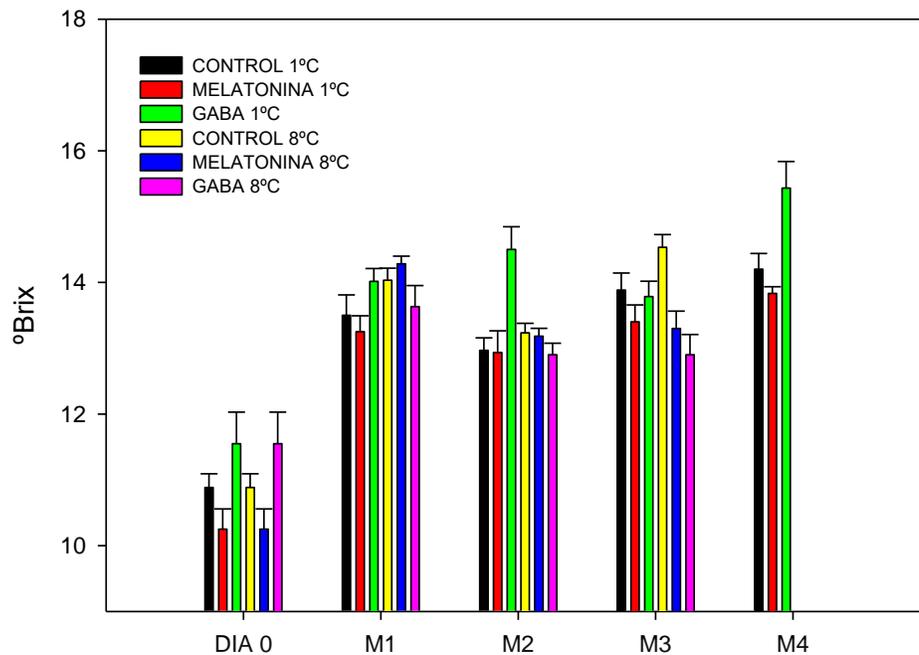


Figura 4.4 Contenido de Sólidos Solubles Totales (SST) expresado en °Brix según el compuesto aplicado en precosecha y la temperatura de almacenamiento.

4.5 Efecto de los tratamientos sobre la acidez de frutos

La Figura 4.5 ilustra la acidez de los frutos, expresado en contenido de ácido málico (g/L). En el momento de la recolección, los frutos tratados con GABA tienen la menor acidez, caso contrario de la melatonina que mantiene valores significativamente más altos que el control.

Durante los primeros 21 días de almacenamiento se evidencia que los tratamientos de melatonina tienen mayor acidez que sus respectivos tratamientos control, por lo que se puede decir que la melatonina mantiene los niveles de acidez relativamente constantes, mientras que a 28 días de almacenamiento la melatonina presenta menor acidez que el tratamiento control.

Se observa que, a lo largo del experimento, la aplicación de GABA en frutos almacenados a 1°C, presenta los niveles significativamente más bajos que el tratamiento testigo, esto está relacionado de forma inversamente proporcional con los niveles de SST, generando una relación SST/acidez mayor.

De manera general las bajas temperaturas (1° C) mantiene los niveles de acidez relativamente constantes, basado en los tratamientos testigo, esto puede deberse a que a baja temperatura los ácidos se transforman más lentamente a solidos solubles, por lo que a 8° C los ácidos pasan a ser azúcares más rápidamente y los niveles de acidez son menores.

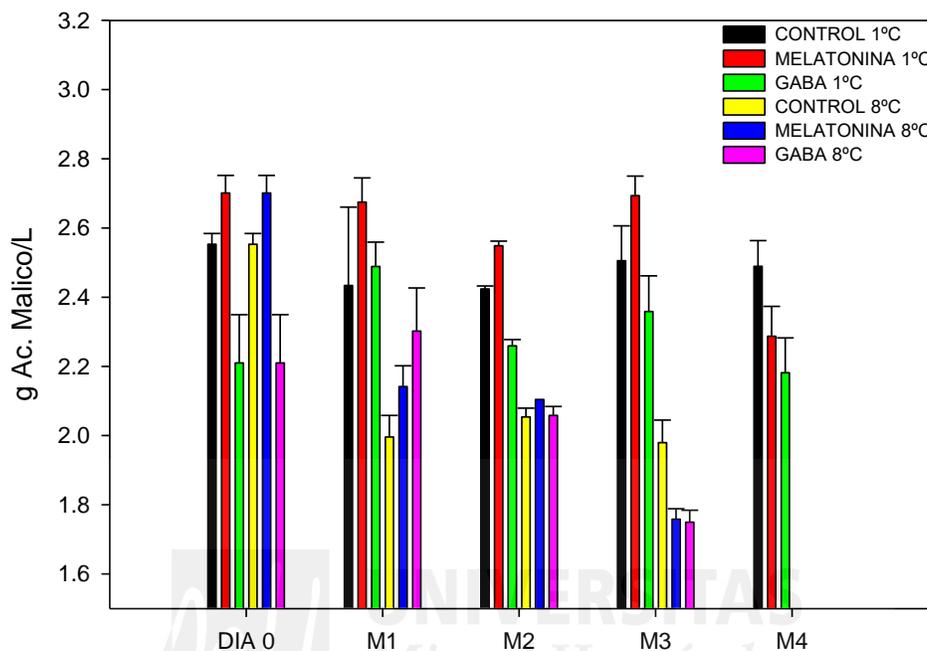


Figura 4.5. Acidez de los frutos de albaricoque expresado en contenido de ácido málico (g/L) según el compuesto aplicado en precosecha y la temperatura de almacenamiento.

4.6 Efecto de los tratamientos sobre la firmeza de frutos

La firmeza de los frutos puede observarse en la Figura 4.6.

De forma general, la melatonina conservó una mayor firmeza de fruto desde el día 0 hasta el tercer muestreo de ambas temperaturas al ser mayor que el tratamiento control, por el contrario, la aplicación de GABA fue significativamente menor al control desde el día 0 hasta el muestreo 2.

Los frutos almacenados a 1°C reducen su firmeza con una caída menos precipitada en el gráfico con respecto a los frutos almacenados a 8°C en los primeros días.

El almacenamiento a temperaturas más frías también mantiene la firmeza del fruto al menos durante los primeros 15 días, posteriormente no hay grandes diferencias de los tratamientos con respecto a los testigos.

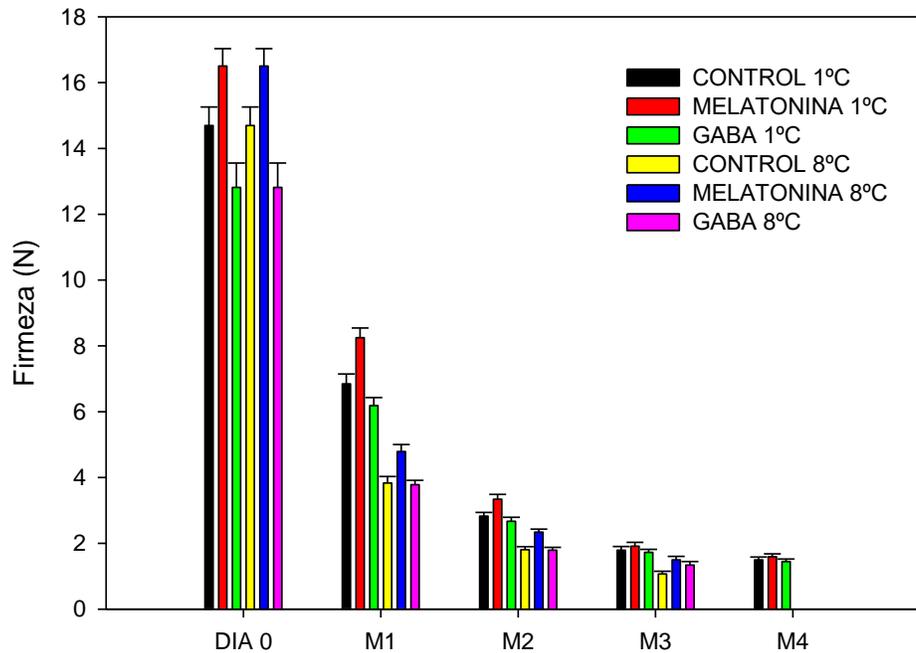


Figura 4.6 Firmeza de frutos expresada en Newtons según el compuesto aplicado en precosecha y la temperatura de almacenamiento.

4.7 Efecto de los tratamientos sobre el color de frutos

4.7.1 Parámetro L*

En las Figuras 4.7 y 4.8 se observa el factor de luminosidad (L*) del color de los frutos, es evidente que el día de la recolección no hay diferencias significativas entre el control y los dos tratamientos a evaluar en ambas temperaturas.

Los datos muestran que a 1°C, 7 días después de almacenamiento de los frutos la luminosidad en el tratamiento control es significativamente más baja que los frutos tratados con melatonina y GABA, posteriormente 14 días de almacenamiento de los frutos después, la luminosidad es significativamente mayor en el tratamiento control en comparación con los tratamientos de melatonina y GABA, 21 días posteriores a la recolección, únicamente el tratamiento de GABA presentó la luminosidad más baja a diferencia del tratamiento control y melatonina.

En general no se aprecia una tendencia homogénea de ninguno de los tratamientos a 1 °C, aunque este factor se mantiene relativamente constante en el tiempo.

Los frutos almacenados a 8°C, después de siete días de almacenamiento, muestran que el tratamiento de GABA mantuvo los frutos con un color significativamente más luminoso, no

habiendo diferencias entre el tratamiento control y la aplicación de melatonina. Al cabo de 14 días de almacenamiento, los frutos de los tratamientos evaluados no presentan diferencias significativas con respecto al control. Finalmente, después de 21 días a 8°C los frutos del tratamiento control tienen la luminosidad significativamente menor a los frutos tratados con melatonina y GABA, al mismo tiempo no hubo diferencia significativa entre estos dos. En general, la luminosidad de los frutos almacenados a 8°C muestra una disminución del factor L* en el tiempo.

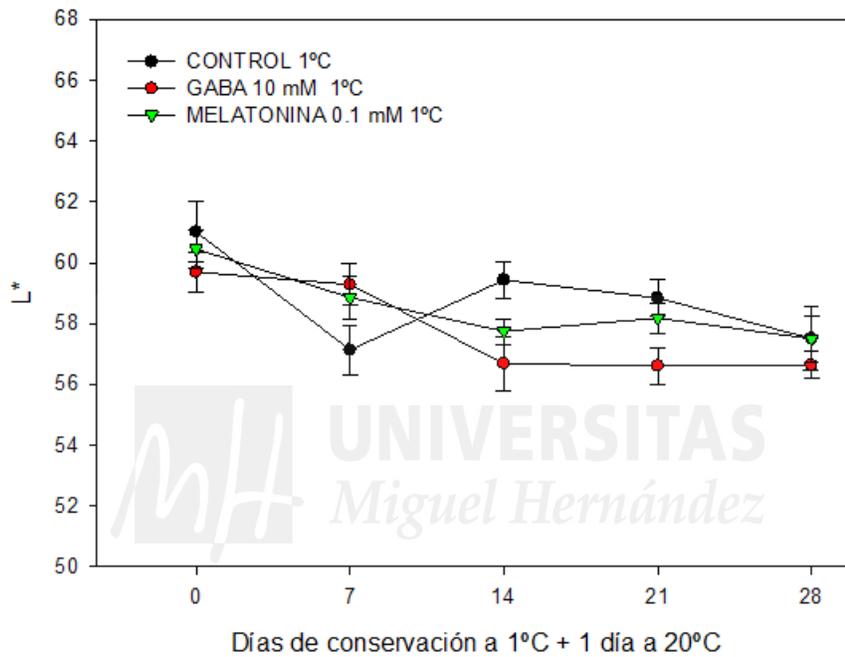


Figura 4.7. Factor Luminosidad (L.) del color de fruto de albaricoque. Dias de conservación a 1° C + 1 día a 20°C.

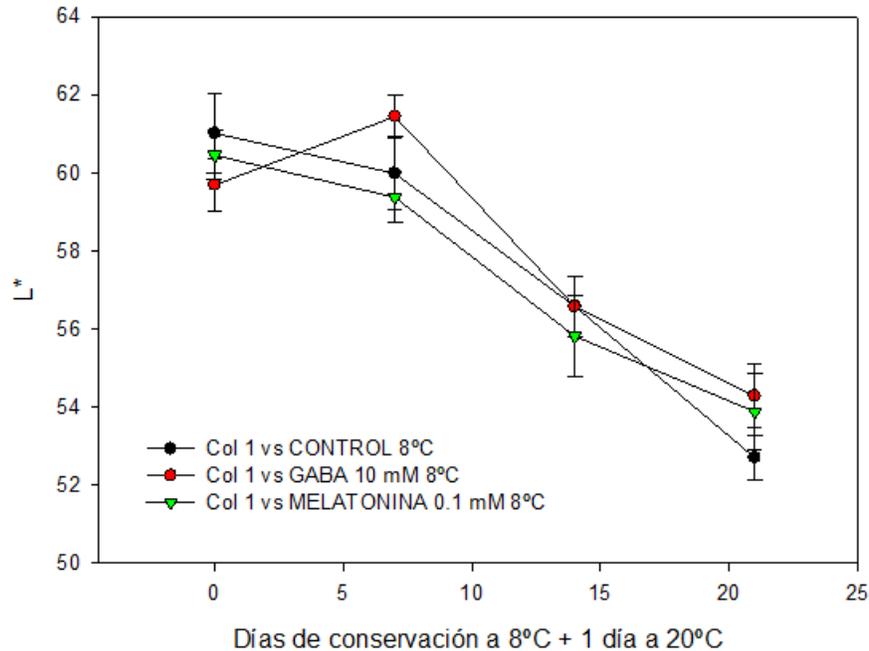


Figura 4.8. Factor Luminosidad (L.) del color de fruto de albaricoque. Días de conservación a 8° C + 1 día a 20° C

4.7.2 Parámetro a*

En las Figuras 4.9 y 4.10 se ilustra el factor a* que refiere las coordenadas cromáticas rojo-verde del color, a mayor valor de a* mayor será la tonalidad de rojo de los frutos.

Se observa que, en ambas temperaturas, al momento de la recolección no hay diferencias significativas en este factor.

Los frutos almacenados a 1°C muestran que el tratamiento control tiene un incremento casi lineal a diferencia de los tratamientos de GABA y melatonina que crecen de manera sigmoide o polinomial. En esta temperatura de almacenamiento, destaca el tratamiento de GABA puesto que en todos los muestreos posteriores a la recolección presenta niveles significativamente mayores del factor a* en comparación del tratamiento control, además en los muestreos a los 7, 21 y 28 días de almacenamiento el valor de a* en el tratamiento de GABA es significativamente mayor que los frutos tratados con melatonina.

En la figura 4.10 de los frutos almacenados a 8°C, se observa que no hay diferencias significativas de los frutos tratados con melatonina y GABA con respecto al tratamiento control, en los muestreos a los 0, 7 y 14 días de almacenamiento, sin embargo, en el tercer muestreo hay diferencia

significativa entre la aplicación de melatonina y GABA, siendo el primero significativamente mayor.

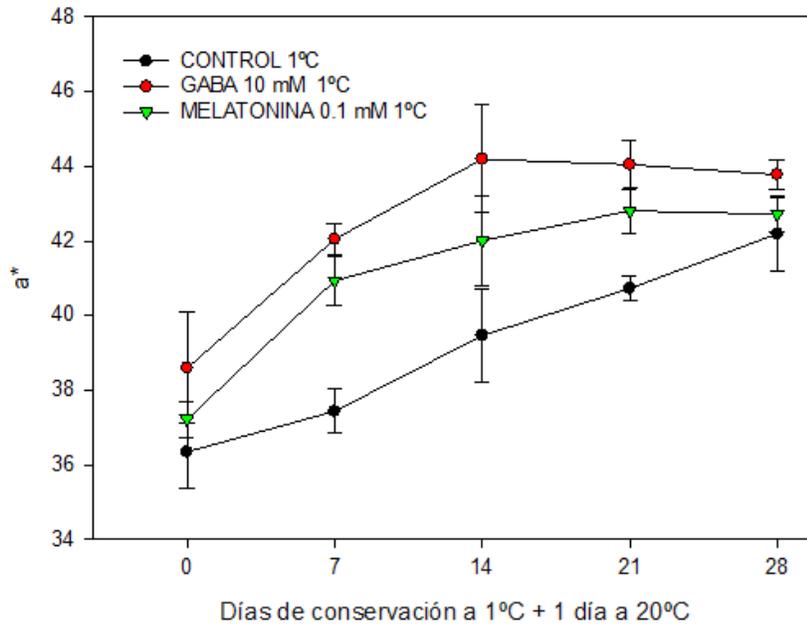


Figura 4.9 Factor a^* del color de fruto de albaricoque. Días de conservación a 1°C + 1 día a 20°C.

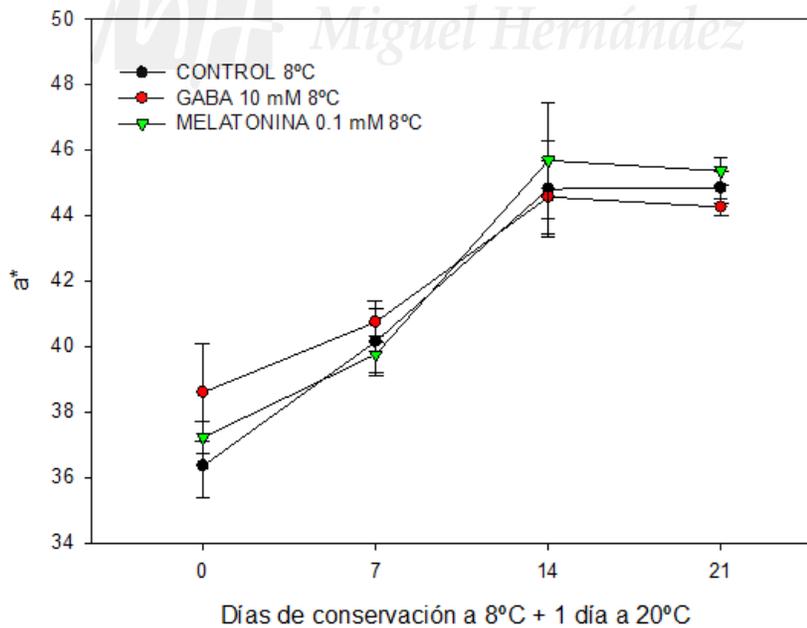


Figura 4.10 Factor a^* del color de fruto de albaricoque. Días de conservación a 8°C + 1 día a 20°C

4.7.3 Parámetro b*

En las Figuras 4.11 y 4.12 se ilustra el factor b* que refiere las coordenadas cromáticas amarillo-azul del color, a mayor valor de b* mayor será la tonalidad de amarillo de los frutos.

Se observa que, en ambas temperaturas no hay diferencias significativas en el factor b*, con respecto al tratamiento control.

Los frutos almacenados a 1°C del tratamiento control tienen un incremento del factor b* durante los primeros 14 días de almacenamiento, posteriormente decrece, en cambio los frutos tratados con GABA y melatonina tienen un pico de crecimiento a los 7 días de almacenamiento, para después decrecer, probablemente debido al incremento de pigmentos rojizos. Al primer muestreo se nota que el tratamiento testigo es significativamente menor que los frutos tratados con melatonina y GABA, después del cual, no hay diferencias significativas entre tratamientos.

Cuando los frutos son almacenados a 8°C al primer muestreo el factor b* es significativamente mayor en el tratamiento de GABA en comparación con la aplicación de melatonina, posteriormente en el segundo muestreo no se observan diferencias significativas. En el tercer muestro se observa que el tratamiento de GABA tiene el valor del factor b* significativamente mayor en comparación con el tratamiento testigo. Los tres tratamientos alcanzan un máximo del factor b* a los 7 días de almacenamiento, después decrece, esto probablemente por el incremento de pigmentos rojos.

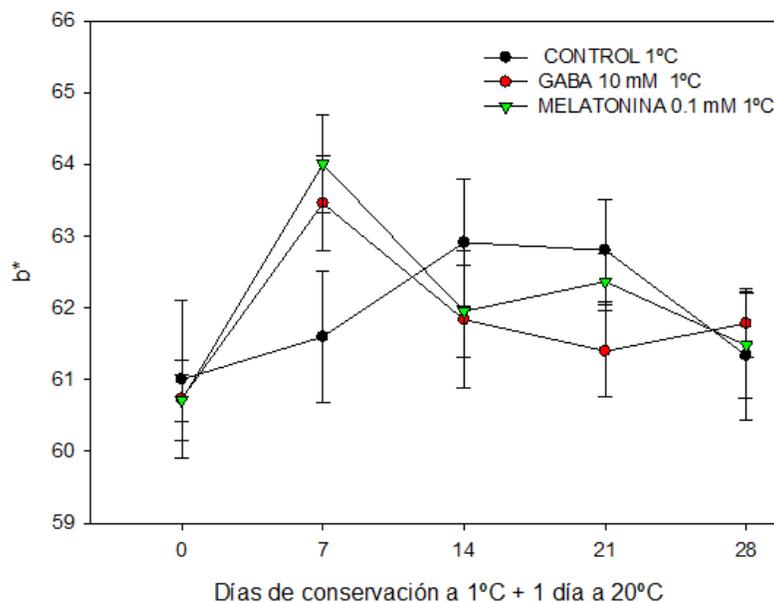


Figura 4.11 Factor b* del color de fruto de albaricoque. Dias de conservación a 1°C + 1 día a 20°C.

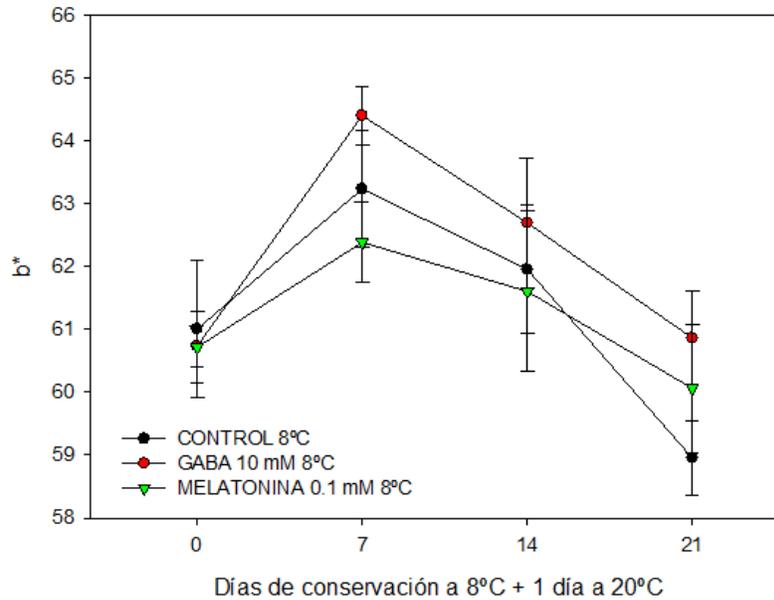


Figura 4.12 Factor b^* del color de fruto de albaricoque. Días de conservación a 8°C + 1 día a 20°C

4.7.4 Índice croma (C)

En las figuras 4.13 y 4.14 se muestra el índice Croma (C) del color, el cual indica el valor de nitidez de este con base en los parámetros a^* y b^* .

En el día de la recolección no existen diferencias significativas entre tratamientos.

Los frutos almacenados a 1°C del tratamiento de GABA tiene el valor de C significativamente mayor que el tratamiento testigo en tres de los muestreos realizados posteriores a la recolección correspondientes a los 7, 14 y 28 días.

En los frutos almacenados a 8°C el valor de croma alcanza un pico máximo del valor croma a los 14 días de almacenamiento, posteriormente decrece, además no se aprecian diferencias significativas entre tratamientos.

En el primer muestreo resalta que el valor de croma del tratamiento de GABA es significativamente mayor al tratamiento control, por otro lado, el tratamiento de melatonina es significativamente menor al control.

A los 21 días de almacenamiento tanto los frutos tratados con GABA como los tratados con melatonina son significativamente mayores al tratamiento control.

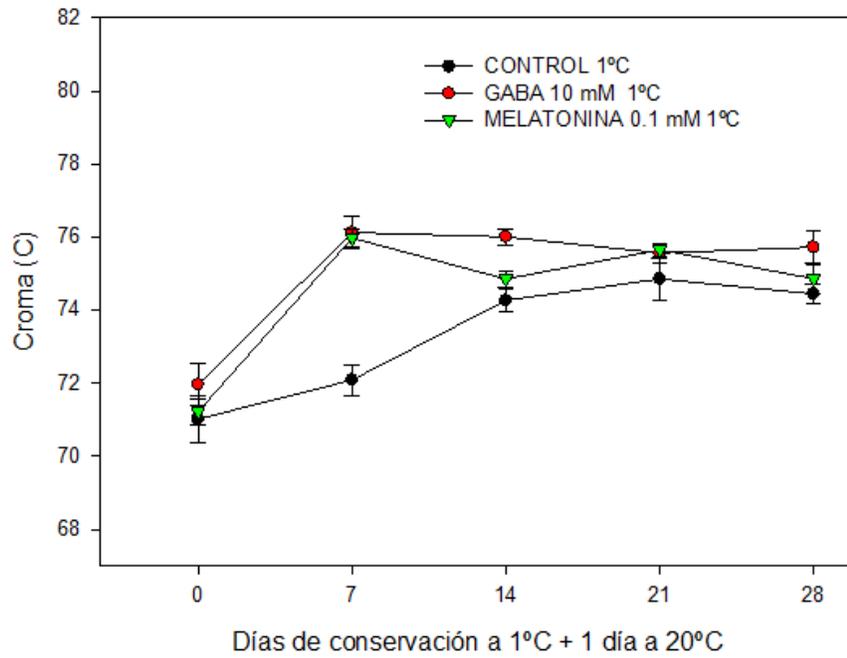


Figura 4.13. Factor Cromo (C) del color de fruto de albaricoque. Dias de conservación a 1° C + 1 día a 20°C.

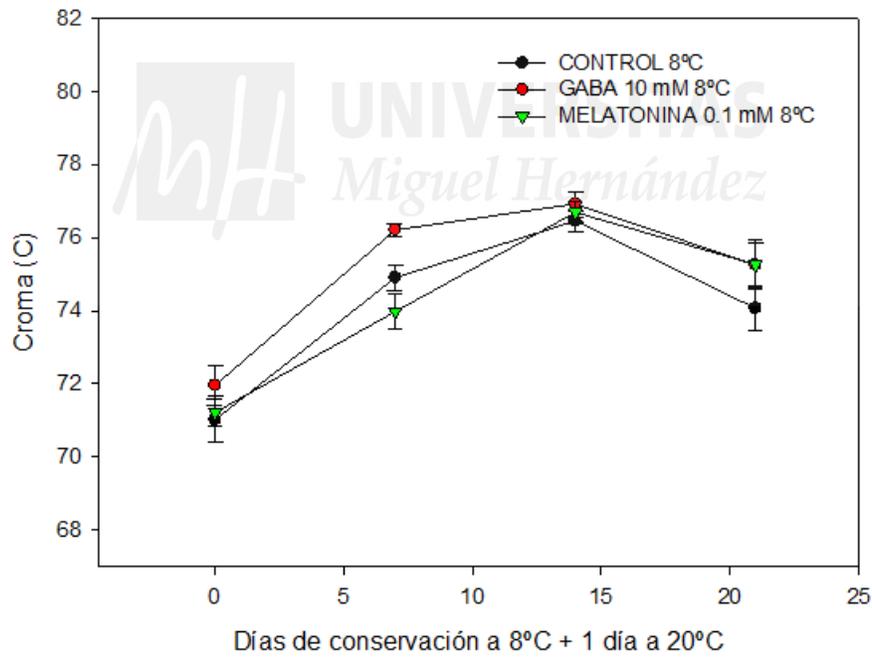


Figura 4.14 Factor Cromo (C) del color de fruto de albaricoque. Dias de conservación a 8° C + 1 día a 20°C

4.7.5 Ángulo Hue

En las Figuras 4.15 y 4.16 se muestran los valores de hue obtenidos en los muestreos realizados. Los tres tratamientos no muestran diferencias significativas en el día de la recolección.

Los frutos tratados con GABA y almacenados a 1°C tienen un valor de hue significativamente menor con respecto al tratamiento control a los 7, 14 y 21 días, mientras que la melatonina solo fue significativamente menor que el testigo a los 7 y 21 días de almacenamiento a esta misma temperatura.

Los frutos guardados a 8°C en general no tuvieron diferencias significativas entre tratamientos en los primeros 14 días de almacenamiento, y a los 21 días el tratamiento de GABA tuvo un ángulo hue significativamente mayor al tratamiento control y al de melatonina.

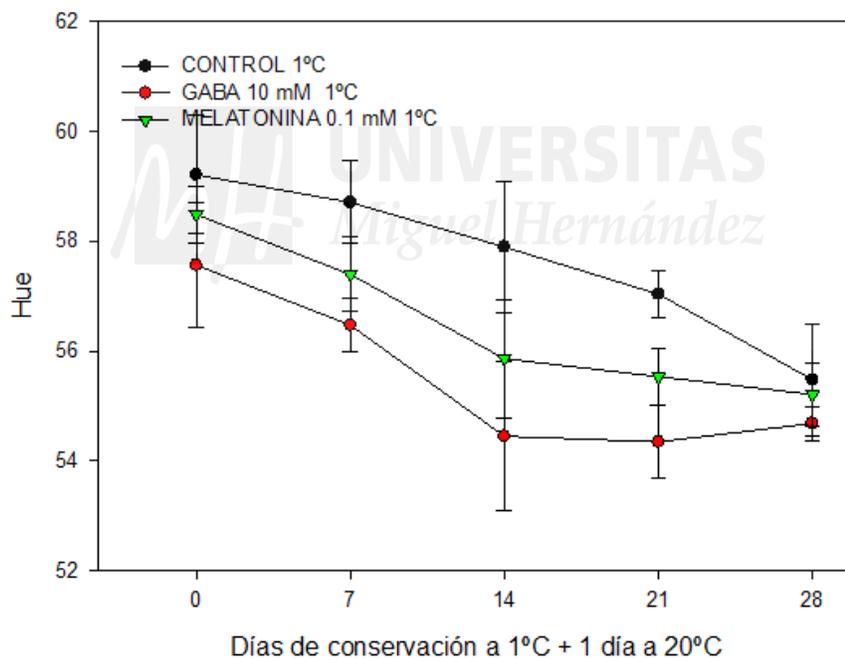


Figura 4.15. Ángulo Hue del color de fruto de albaricoque. Días de conservación a 1° C + 1 día a 20°C.

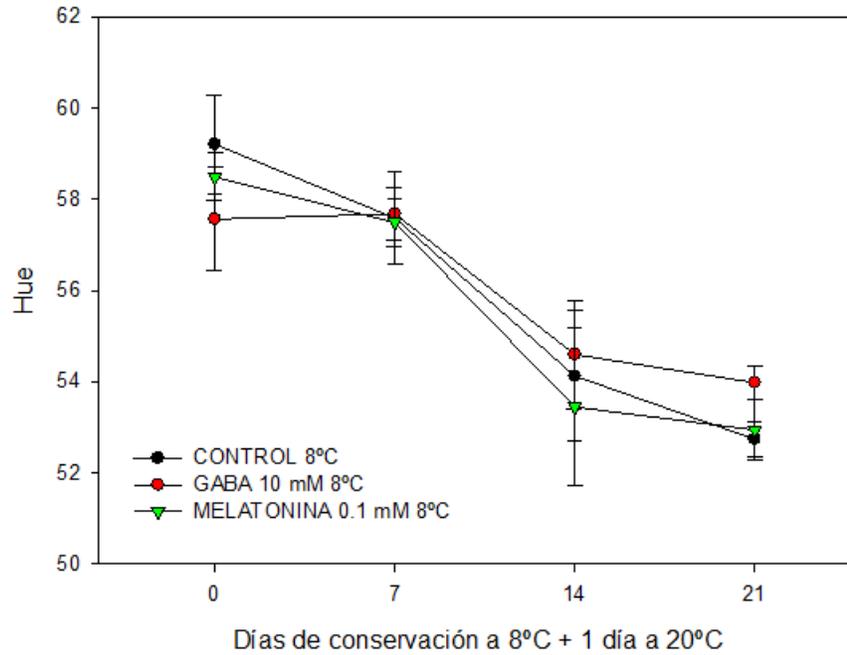


Figura 4.16. Ángulo Hue del color de fruto de albaricoque. Dias de conservación a 8° C + 1 día a 20°C

V CONCLUSIONES

Las aplicaciones de Melatonina y GABA durante la pre-cosecha de albaricoque Colorado mejoran la calidad post-cosecha, tanto a 1 °C, temperatura no aconsejada debido a la aparición de daños por frío, como a 8 °C. La aplicación de estos compuestos naturales que podrían ser usados en agricultura ecológica disminuye principalmente las pérdidas de peso debido a una disminución de la tasa de respiración, lo que mantiene a los frutos con una calidad comercial durante más tiempo.

Más trabajos en este sentido son necesarios para poder confirmar el efecto beneficioso de la aplicación de estos compuestos en albaricoque, además de trabajar en la aprobación de estos compuestos para poder dotar a los agricultores 'BIO' de unas herramientas que les ayuden a competir en calidad sensorial con la agricultura convencional.



VI BIBLIOGRAFÍA

- Agustí, M. 2004. Fruticultura. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. 493 pp.
- Ansari, M.W., Tuteja, N. 2014. Postharvest quality risks by stress/ethylene: management to mitigate. *Protoplasma: an International Journal of Cell Biology*.
- Arnao M. B., Hernández-Ruiz J. 2006. The physiological function of melatonin in plants. A review. *Plant signal Behav.* 1: 89-95
- Bailey, C. H. y Hough, L. F. 1975. Apricots; en Janick, J. y Moore, J. N., eds.: *Advances in fruit breeding*. Purdue University Press, West Lafayette, Indiana; pp. 367-383.
- Cantín M., C. M. 2009. Estudio agronómico y de la calidad del fruto del melocotonero [P. *pérsica* (L.) Batsch] en diferentes poblaciones de mejora para la selección de nuevos cultivares. Tesis doctoral en Biología. Universidad de Zaragoza. España. Pp 230.
- Connors, C. H. 1919. Growth of fruits of peach. N. *Journal of Agricultural Experimental Station Annual Reports* 40, 82-88.
- Couvillon, C.O., Krewer, G. 1991. The peach, the nectarine, and the plum. In: Eskin, N.A.M. (ed.), *Quality and Preservation of Fruits*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp. 97-123.
- Dauchet, L., Amouyel, P., and Dallongeville, J. 2009. Fruits, vegetables and coronary heart disease. *Nature Rev. Cardiol.* 6, 599–608. <https://doi.org/10.1038/nrcardio.2009.131>.
- FAO. 2001. *Manual de agricultura orgánica sostenible*. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- FAO. 2003. *Los Mercados Mundiales de Frutas y Hortalizas de Origen Orgánico*. Pág. 5-7.
- FAOSTAT. 2019: *Los datos de Faostat 2017*. <http://www.faostat.fao.org>.
- Faust M, Suranyi D, Nyujto F, 1998. Origin and dissemination of apricot. *Hort. Rev.* 22: 225- 266.
- Fernández-Trujillo, J. P.; Obando, J.; Martínez, J. A.; Alarcón, A. L.; Eduardo, I.; Arús, P. and Monforte, A. J. 2007. Mapping fruit susceptibility to postharvest physiological disorders and

- decay using a collection of near-isogenic lines of melon. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 132(5):739-748.
- Forte, V. 1992: «Origen, clasificación y caracteres botánicos ‘Habitat’»; en *El albaricoquero. Caracteres. Cultivo. Comercialización*. Ed. Mundi-Prensa, Madrid. pp. 11-21.
- Gobantes, I., Gómez, R., Choubert, G. 2001. Envasado de alimentos. Aspectos técnicos del envasado a vacío y bajo atmósfera protectora. *A.E.T.* 1, 75-80.
- Gobantes, I., Gómez, R., Choubert, G. 2001. Envasado de alimentos. Aspectos técnicos del envasado a vacío y bajo atmósfera protectora. *A.E.T.* 1, 75-80.
- Huang, J., Bachem, C., Jacobsen, E., Visser, R., 2001. Molecular analysis of differentially expressed genes during postharvest deterioration in cassava (*Manihot esculenta* Crantz) tuberous roots. *Euphytica* 120 (1), 85–93
- IFOAM-organics international. 2018. Consolidated Annual Report of IFOAM-Organics international & its Action Group. 22 pp. Disponible en línea en: www.ifoam.bio
- Kader, A. A. 1999. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. *Acta Horticulturae* 485, 203-208.
- Kader, A.A. 1992. Postharvest biology and technology: an overview. 15-20. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. (A. Kader ed.). University of California. (Publication no. 3311).
- Kramer, A., Twigg, B. A. 1966. *Fundamentals of Quality Control for the Food Industry*. Avi Publishing, Westport, CT. 512 pp.
- Layne REC, Bailey CH, Hough LF, 1996. Apricots. En: Janick J, Moore JN (Eds) *Fruit Breeding, Vol 1: Tree and Tropical Fruits*. John Wiley & Sons, New York, USA, pp. 79-111.
- Lee, S. K., Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20 (3), 207-220.
- Lelièvre, J. M.; Latché, A.; Jones, B.; Bouzayen, M. and Pech, J. C. 1997. Ethylene and fruit ripening. *Physiol. Plantarum*. 101: 727-739.

- Lester, G.E. 2006. Organic versus conventionally grown produce: qualitative differences, and guidelines for comparison studies. *HortSci.* 41, 296–300.
- Linseisen, J., Rohrmann, S., Miller, A.B., Bueno-de-Mesquita, H.B., Buchner, F.L., and Riboli, E. 2007. Fruit and vegetable consumption and lung cancer risk: Updated information from the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *Int. J. Cancer* 121, 1103–1114. <https://doi.org/10.1002/ijc.22807>
- Lurie, S., Crisosto, C.H. 2005. Chilling injury in peach and nectarine. *Postharvest Biology and Technology* 37 195–208.
- Magnusson, M.K., Arvola, A., Koivisto Hurst, U.K., Åberg, L., and Sjöden, P.O. 2003. Choice of organic foods is related to perceived consequences for human health and to environmentally friendly behaviour. *Appetite* 40, 109–117. [https://doi.org/10.1016/S0195-6663\(03\)00002-3](https://doi.org/10.1016/S0195-6663(03)00002-3).
- MAPA. 2019: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2010-2017; Anuario de estadística agraria. <http://www.mapa.gob.es>.
- Mirzaei M., M.; Aelaei, M.; Mortazavi S. N. 2016. γ -minobutyric acid (GABA) treatment improved postharvest indices and vase-life of “Red Naomi” rose cut flowers. *ISHS Acta Horticulturae* 1131: III International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1131.5
- Muñoz S., G. 2007. Tonos de distintos ángulos hue (aproximadamente). Recuperado de: <http://www.gusgsm.com>.
- Obando-Ulloa, J. M.; Moreno, E.; García-Mas, J.; Nicolai, B.; Lammertyn, J.; Monforte, A. J. and Fernández-Trujillo, J. P. 2008. Climacteric or non-climacteric behavior in melon fruit: 1. Aroma volátiles. *Postharvest Biol. Technol.* 49(1):27-37.
- Ogawa JM, Southwick SM, 1995. Apricot. En: Ogawa JM, Zehr EI, Bird GW, Ritchie DF, Uriu K, Uyemoto JK (Eds) *Compendium of Stone Fruit Diseases*. APS Press, Am Phytopathol Soc, St. Paul, MN, USA
- Omboki, R. B.; Wu, W.; Xie, X. and Mamadou, G. 2015. Ripening genetics of the tomato fruit. *Inter. J. Agric. Crop Sci.* 8(4):567- 572.

- Quiles B., R. 2017. Tratamientos pre-cosecha con elicitors para mejorar la calidad de albaricoques en el momento de la recolección. Trabajo de fin de grado en Biotecnología. Universidad Miguel Hernández del Elche. Pp 38.
- RAE. 2019. Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua. <http://www.rae.es/rae.html>
- Sams, C.E. 1999. Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology* 15: 249-254.
- Shewfelt, R., Bruckner, B. 2000. *Fruit and Vegetable Quality: An Integrated View*. CRC Press
- Soleimani A., M.; Naderi, R.; Askari S., M. A. & Babalar, M. 2015. Amelioration of postharvest chilling injury in anthurium cut flowers by γ -aminobutyric acid (GABA) treatments. *Postharvest Biology and Technology*. V. 110, 70-76.
- Sozzi, G. O. 2008. Fisiología de la maduración de los frutos de especies leñosas. En Sozzi, G. O. Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. 1ª edición. Buenos Aires, Argentina. Facultad de Agronomía pp 667-687. ISBN 950-29-0974-7.
- Stevens N. 1996. *El Milagroso Poder de la Melatonina*. Editorial Sirio, S.A. 164 p.
- Valero, D., Huertas, M.D., Zapata, P.J., Castillo, S., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Serrano, M. 2012. Postharvest Treatments with Salicylic Acid, Acetylsalicylic Acid or Oxalic Acid Delayed Ripening and Enhanced Bioactive Compounds and Antioxidant Capacity in Sweet Cherry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59 (10).
- Valero, D., Serrano, M. 2010. *Postharvest Biology and Technology for Preserving Fruit Quality*. CRC Press-Taylor & Francis, Boca Raton. USA.
- Descombres CA, Madaula F, Martínez I, Maynou M, Pérez X, Pujol M. 2006. Llibre blanc de la producció agroalimentària ecològica a Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya.
- FÖKO. 2008. Proceedings to the 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit Growing, 18-20 February, Weinsberg, Alemania, 347 pp.