

UNIVERSIDAD DE MURCIA
FACULTAD DE VETERINARIA

**Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición y
Bromatología**



**CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL MEMBRILLO
JAPONÉS (*Chaenomeles* sp. Lindl.).
DESARROLLO FISIOLÓGICO Y CONSERVACIÓN
FRIGORÍFICA.**

Memoria de Tesis presentada por Rosario Vila López , Lcda. en Tecnología de Alimentos, para optar al grado de Doctor.

Murcia, Marzo 2006

CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL MEMBRILLO JAPONES (*Chaenomeles sp.* Lindl.). DESARROLLO FISIOLÓGICO Y CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
I.1. FRUTAS Y ZUMOS	5
I.1.1. Importancia del consumo de frutas y zumos como fuente de salud.....	6
I.1.2. Caracterización de frutas y zumos.....	18
I.1.2.1. Importancia y necesidad de la caracterización.....	18
I.1.2.2. Componentes característicos principales.....	20
I.1.2.3. Evolución de los componentes característicos de frutas y zumos durante la maduración.....	40
I.1.3. Conservación de frutas.....	42
I.1.3.1. La necesidad de almacenar.....	42
I.1.3.2. Causas de la descomposición de los alimentos.....	44
I.1.3.3. Influencia de varios factores durante el crecimiento en el árbol sobre la conservación de los frutos.....	45
I.1.3.4. Efecto de la temperatura, humedad relativa y tiempo de almacenamiento sobre la composición.....	49
I.1.4. Valoración de la calidad de frutas y zumos de frutas.....	52
I.1.4.1. Calidad de las frutas.....	52
I.1.4.2. Índices de madurez en frutas. Indicadores de calidad.....	55
I.2. EL GÉNERO CHAENOMELES.....	66
I.2.1. Descripción botánica y taxonomía.....	66
I.2.2. Distribución y ecología.....	69
I.2.3. Aspectos agrobiológicos.....	70
I.2.4. Características del fruto.....	75
I.2.5. Producción: Antecedentes y actualidad.....	81
I.2.6. Aprovechamiento del fruto.....	84

II. OBJETIVOS.....	87
III. MATERIAL Y MÉTODOS.....	95
III.1. MATERIAL VEGETAL.....	97
III.2. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	103
III.2.1. Estudio 1: Caracterización del fruto durante su desarrollo fisiológico.....	103
III.2.2. Estudio 2: Caracterización del fruto maduro.....	103
III.2.3. Estudio 3: Evolución durante la conservación frigorífica a 5°C.....	104
III.2.4. Estudio 4: Evolución durante la conservación frigorífica a 1°C.....	104
III.3. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS.....	106
III.4. MÉTODOS ANALÍTICOS.....	106
III.4.1. Técnicas analíticas de caracterización física del fruto.....	107
III.4.1.1. Determinación del color.....	107
III.4.1.2. Determinación del peso medio.....	108
III.4.1.3. Determinación de porcentaje de pulpa, zumo, sólidos insolubles y semillas	109
III.4.2. Técnicas analíticas de caracterización físico-química del zumo.....	109
III.4.2.1. Determinación del pH.....	109
III.4.2.2. Determinación de la densidad.....	109
III.4.2.3. Determinación de la viscosidad.....	110
III.4.2.4. Determinación del contenido en vitamina C.....	110
III.4.2.5. Determinación de la acidez valorable.....	111
III. 4.2.6. Determinación de los sólidos solubles.....	111
III. 4.2.7. Determinación de compuestos fenólicos.....	112
III. 4.2.8. Determinación de la turbidez.....	112
III. 4.2.9. Determinación de los azúcares.....	113
III. 4.2.10. Determinación de los ácidos orgánicos.....	113
III. 4.2.11. Determinación de los aniones y cationes.....	113
III.4.3. Técnicas analíticas para caracterización de las semillas.....	114
III.4.3.1. Determinación de la humedad.....	114
III.4.3.2. Determinación del porcentaje de aceite.....	114
III.4.3.3. Determinación de los ácidos grasos del aceite.....	115

III.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	117
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	119
IV.1. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL FRUTO DURANTE SU DESARROLLO FISIOLÓGICO (Estudio 1)	122
IV.1.1. Evolución de las características del fruto	123
IV.1.1.1. Peso unitario.....	123
IV.1.1.2. Fracciones del fruto.....	125
IV.1.2. Modificaciones físico-químicas del zumo	128
IV.1.2.1. Ph, sólidos solubles, sólidos insolubles.....	128
IV.1.2.2. Turbidez, densidad, viscosidad.....	131
IV.1.2.3. Vitamina C, acidez valorable, compuestos fenólicos...	132
IV.1.3. Análisis de las semillas	135
IV.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL <i>Chaenomeles</i> EN ESTADO DE MADUREZ TÉCNICA (Estudio 2)	137
IV.2.1. Características físicas del fruto	139
IV.2.1.1. Peso unitario y fracciones del fruto.....	139
IV.2.1.2. Color.....	141
IV.2.2. Características físico-químicas del zumo	145
IV.2.2.1. pH, sólidos solubles, sólidos insolubles, densidad, viscosidad, turbidez.....	145
IV.2.2.2. Vitamina C, acidez valorable, compuestos fenólicos...	147
IV.2.2.3. Ácidos orgánicos.....	151
IV.2.2.4. Azúcares libres.....	154
IV.2.2.5. Aniones y cationes.....	158
IV.2.3. Características de las semillas	160
IV.3. CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE LOS FRUTOS DE <i>Chaenomeles</i> (Estudios 3 y 4)	163
IV.3.1. Conservación frigorífica a 5°C (Estudio 3)	165
IV.3.1.1. Evolución de las características del fruto.....	165
IV.3.1.2. Modificaciones físico-químicas del zumo durante el almacenamiento.....	173
IV.3.1.3. Análisis de las semillas.....	196

IV.3.2. Conservación frigorífica a 1°C (Estudio 4)	198
IV.3.2.1. Evolución de las características del fruto.....	198
IV.3.2.2. Modificaciones físico-químicas del zumo.....	203
IV.3.2.3. Análisis de las semillas.....	217
V. CONCLUSIONES	221
VI. ANEXOS	227
VII. BIBLIOGRAFIA	259
VIII. RESUMEN	295
IX. SUMMARY	299

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Uno de los temas actuales en el marco de la Política Agraria Europea es el desarrollo de nuevos productos económicamente viables y que respeten el medio ambiente. En este contexto se desarrolla un proyecto financiado por la Unión Europea (FAIR-CT97-3894) con el que, gracias a la colaboración de distintos centros de investigación, universidades e industrias agroalimentarias de siete países europeos, se persigue el objetivo de estudiar con profundidad y desarrollar el *Chaenomeles* como un nuevo producto.

Hay una gran cantidad de especies vegetales que apenas eran cultivadas en la antigüedad, y actualmente están siendo investigadas para su posible cultivo y desarrollo como cosecha en el Norte de Europa. Entre estas encontramos dentro de la familia de las Rosaceae, el género *Chaenomeles* que presenta una especial atención debido al alto rendimiento en frutos, los cuales a su vez son ricos en zumo, aromas y fibra dietética. Ofrece también como característica interesante la posibilidad de ser cultivado con métodos orgánicos de producción, que últimamente están siendo incentivados por los países nórdicos de Europa (Rumpunen y Göranson, 2003).

El *Chaenomeles japonica*, es un arbusto caducifolio originario del Este de Asia que presenta un elevado interés como nueva y potencial cosecha, adaptada al clima del Norte de Europa y que ya ha sido introducida como cultivo minoritario, a nivel doméstico, en Letonia y Lituania (Tiits, 1989; Tics, 1992; Rumpunen, 2002).

Además de la especie *japonica*, dentro del genero *Chaenomeles* se encuentran al menos otras tres, *C. cathayensis*, *C. speciosa* y *C. thibetica* (Weber, 1964); pero estas últimas están menos adaptadas al clima del Norte Europeo.

Los frutos de color amarillo del *Chaenomeles*, son muy aromáticos, y con un alto contenido en zumo y en fibra (Lesinska *et al.*, 1988; Thomas *et al.*, 2000, 2002); presentan una textura muy firme y aunque son muy ácidos para ser consumidos en fresco (Rumpunen, 2002), sí se pueden consumir una vez procesados (Rumpunen y Göranson, 2003).

La propagación de plantas, especialmente en el caso de las leñosas, es caro y largo en el tiempo, por lo que es interesante, antes de empezar a hacerlo, estimar el potencial de esta nueva cosecha, comprobar previamente que será eficiente y producirá beneficios. Para esto es necesario un estudio profundo de la especie, de su respuesta a una serie de factores como son la climatología y edafología, obtener datos de rendimientos, composición, etc. Es también de elevada importancia el contar con un estudio previo de la proyección comercial de este nuevo producto a nivel industrial, que justifique la inversión. Esto muestra una relevancia particular ya que de otra forma no sería posible que una nueva cosecha se introdujera con éxito en el mercado si productores, consumidores e industriales no fueran conscientes del potencial del mismo (Hellín *et al.*, 2003a). Todo esto forma parte del trabajo de colaboración materializado en el proyecto europeo antes citado; y una parte del mismo -la caracterización físico-química y bioquímica completa del fruto y el estudio de su comportamiento durante el almacenamiento- es lo que aborda esta memoria de Tesis.

A continuación se hace una descripción general acerca de los frutos y zumos en las que se incluyen aspectos muy generales como, sus características beneficiosas para la salud, los compuestos químicos característicos, la determinación de su calidad, etc.; para más tarde detenernos con más profundidad en los conocimientos previos de lo que al género *Chaenomeles* en concreto se refiere.

I.1. FRUTAS Y ZUMOS

El Código Alimentario Español (1991) define las frutas como: “Frutos, infrutescencias o partes carnosas de órganos florales que han alcanzado un grado adecuado de madurez y son propias para el consumo humano”.

Las frutas han sido utilizadas desde el principio, entre los productos alimenticios que el hombre consume para obtener la energía y los nutrientes necesarios para subsistir. El ser humano fue adquiriendo y asentando poco a poco determinadas costumbres o hábitos alimentarios. Estas costumbres dependen de la disponibilidad de productos alimenticios al alcance de la mano y de normas culturales, entre otros factores. En los citados hábitos alimentarios se incluye, no sólo la elección del producto, sino también la forma de prepararlo, el método de conservación e incluso el modo de transformarlo en muy diversos elaborados.

El hombre, al seleccionar los alimentos, además de por los nutrientes que aportan, está influido por los atractivos colores y sabores que presentan.

Actualmente, junto a otros grupos de alimentos, las frutas constituyen parte fundamental de nuestra alimentación. Su riqueza en vitaminas, elementos minerales, fibra, etc., hacen que su consumo sea imprescindible para conseguir una alimentación sana y equilibrada, con unos beneficios sobre la salud que cada día resultan más evidentes. En nuestra dieta, además de ser fuente de vitaminas y minerales, son una excelente fuente de otros compuestos -fitoquímicos-, con potencial importancia biológica en el hombre, y que pueden ser aportados mediante el consumo de estos alimentos tanto en fresco, como tras sufrir procesos culinarios, tanto caseros como industriales. Dependiendo de las condiciones, pueden incluso facilitar o provocar una mejor absorción de estos componentes imprescindibles para nuestro organismo.

Se consumen una gran diversidad de especies vegetales con una composición bastante diferente entre ellas. Somogyi *et al.* (1996), clasifican las frutas según su origen, agrupándolas en: fruta de zona templada (en pomo, como la manzana; en drupa, como el albaricoque, o pequeños frutos, como los arándanos); fruta de zona subtropical

(cítricos, como naranja o limón y no cítricos, como chirimoya o aguacate) y fruta de zona tropical (mayores, plátano o mango y menores, guayaba o carambola).

En la Tabla I.1.1. quedan agrupadas, en función del tipo de fruto, algunas de las especies más conocidas y consumidas en España (Torija y Cámara, 1999).

I.1.1. Importancia del consumo de frutas y zumos como fuente de salud

El papel de la nutrición en relación con la salud a lo largo de este último siglo, ha pasado por distintas etapas, desde la prevención de las llamadas enfermedades carenciales y el establecimiento de recomendaciones dietéticas, hasta más recientemente, su potencial papel en la consecución de una salud “óptima”.

Hoy en día, mientras que para tres cuartas partes de la población mundial, la nutrición sigue en su primera etapa -es decir, la prevención de enfermedades carenciales por déficit de ingesta (ej. desnutrición proteico-calórica, carencias de vitamina A, hierro, yodo, etc.)-, en los países desarrollados la nutrición y, consecuentemente la dieta, se empieza a considerar como un medio eficaz, barato y sostenible para prevenir enfermedades crónicas y envejecer de modo “saludable”.

Uno de los objetivos clave de la investigación en nutrición se centra en establecer relaciones evidentes entre los componentes de la dieta y las enfermedades crónicas, considerando que determinados nutrientes podrían proporcionar resultados beneficiosos para la salud (Brown, 1990; WHO, 1990; Coultate y Davies, 1997; Cámara, 2002).

Tabla I.1.1. Frutas de consumo común en España

Tipo de fruto	Nombre vulgar	Especie botánica
Pomo		
	Manzana	<i>Pomo Malus sylvestris L.</i>
	Pera	<i>Pyrus comunis L.</i>
	Membrillo	<i>Cydonia oblonga L.</i>
Drupa		
	Albaricoque	<i>Prunus armeniaca L.</i>
	Melocotón	<i>Prunus persica L.</i>
	Ciruela	<i>Prunus domestica L.</i>
	Cereza	<i>Prunus avium L.</i>
	Aguacate	<i>Persea americana L.</i>
	Mango	<i>Mangifera indica L.</i>
Baya		
	Uva	<i>Vitis vinifera L.</i>
	Arándano azul	<i>Vaccinium myrtillus L.</i>
	Grosella roja	<i>Ribes rubrum L.</i>
	Plátano	<i>Musa ssp L.</i>
	Kiwi	<i>Actinidia chinensis L.</i>
	Melón	<i>Cucumis melo L.</i>
	Sandía	<i>Citrullus lanatus L.</i>
	Papaya	<i>Carica papaya L.</i>
Hesperidio		
	Naranja	<i>Hesperidio Citrus sinensis L.</i>
	Mandarina	<i>Citrus reticulata L.</i>
	Limón	<i>Citrus limon L.</i>
	Pomelo	<i>Citrus maxima L.</i>

Todavía no se conocen todos los mecanismos bioquímicos por los cuales los componentes de un alimento afectan a las funciones fisiológicas del individuo. Aún se trabaja mucho sobre observaciones e hipótesis, y se necesita disponer de datos evidentes que se obtengan a través de ensayos clínicos con protocolos adecuados para cada caso (Childs, 1997; Lampe, 1999). Pero lo que sí está ya comprobado, es el efecto beneficioso que tienen sobre la salud humana, un elevado consumo de frutas y hortalizas.

Al igual que las frutas, sus derivados -en forma de zumos principalmente- se han convertido actualmente en un componente imprescindible en cualquier dieta sana y equilibrada y aunque éstos en un principio se desarrollaron como consecuencia del exceso de producción de frutas, actualmente, la práctica totalidad de zumos se elabora a partir de frutas cultivadas para este fin.

Es comúnmente aceptado que las frutas y por ende los zumos, contienen cantidades de vitaminas y provitaminas antioxidantes, fenoles y polifenoles antioxidantes (ácido ascórbico, tocoferoles, carotenoides, flavonoides...) que son beneficiosas para la salud.

El aumento de consumo de frutas se ha asociado con una disminución del riesgo de enfermedades degenerativas como cáncer, cataratas, disfunciones del cerebro... (Ames *et al.*, 1993). Así, por ejemplo, a través de infinidad de estudios epidemiológicos se ha observado una menor incidencia de diversas enfermedades en los grupos de personas que consumían elevadas cantidades de frutas y verduras. En cambio, por otra parte, se han realizado estudios de intervención en humanos a través de suplementos, es decir, a través de un aporte extra a la dieta de compuestos aislados (ej. β -caroteno en cápsulas), y de éstos se han obtenido tanto resultados beneficiosos, como perjudiciales o indiferentes según el tipo de estudio.

Debido a lo anterior, las últimas recomendaciones en EEUU sobre ingestas de nutrientes hacen hincapié en el consumo de estos alimentos como fuente de los

nutrientes necesarios, y en concreto respecto a nutrientes antioxidantes insisten en la importancia de aumentar su ingesta mediante el consumo de diferentes vegetales.

Según Lampe (1999), los efectos potencialmente beneficiosos del consumo de frutas y hortalizas, demostrados hasta el momento son:

- Actividad antioxidante.
- Modulación de enzimas detoxificantes.
- Estimulación del sistema inmune.
- Disminución de la agregación plaquetaria.
- Alteración del metabolismo del colesterol.
- Modulación de la concentración de hormonas esteroideas y del metabolismo hormonal.
- Disminución de la presión sanguínea.
- Actividad antiviral y antibacteriana.

A continuación se detallan las principales enfermedades, que debido a los efectos positivos y beneficiosos del consumo de zumos y frutas, pueden prevenirse con una dieta adecuada en la que se incluya la cantidad necesaria de estos productos:

Alteraciones cardiovasculares.- Según la Fundación Británica del Corazón se producen 276.000 muertes por enfermedad cardiovascular al año, de las cuales se estima que un 30% podrían haberse previsto mediante una dieta adecuada, ya que una reducción en la ingesta de alimentos animales en beneficio de los vegetales se traduce en una reducción en la incidencia de los fallos coronarios y una regresión de la aterosclerosis (Cotte, 1999; Tirilly y Bourgeois, 2002).

La agregación plaquetaria interviene en distintos procesos fisiológicos (Lampe, 1999):

- Coagulación normal de la sangre.
- Trombosis.
- Aterosclerosis.
- Formación de tumores y metástasis.

El metabolismo del colesterol parece poder ser regulado con la presencia de fibra y pectinas en la dieta (manzanas, ciruelas,...). El control de la presión sanguínea también es importante para la prevención de alteraciones cardíacas, hepáticas e infartos. Para ello es necesario mantener un peso corporal adecuado y aumentar la ingesta en la dieta de Ca, P y Mg. Las frutas y hortalizas proporcionan fibra y minerales beneficiosos para el control de estos procesos.

Los compuestos antioxidantes previenen los efectos negativos de los radicales libres sobre tejidos y grasas, disminuyendo el riesgo de alteraciones cardíacas al evitar la oxidación y citotoxicidad de las LDL in vitro, disminuyendo la aterogenicidad (Seelert, 1992; Bello, 1997). Las vitaminas C, E y el β -caroteno, que previenen la oxidación de la fracción LDL del colesterol, reducen el riesgo de alteraciones coronarias, además de poseer propiedades anticancerígenas. La medida de protección principal consiste en el aumento de la ingestión de frutas y verduras, así como de alimentos que contengan nutrientes antioxidantes para proteger de la oxidación al LDL mencionado, y evitar así su modificación oxidativa y la formación aterogénica (Seelert, 1992).

Así pues por poner un ejemplo, se está estudiando el establecimiento de la recomendación de la ingesta de zumo de uva y otros productos vegetales, como factor preventivo de las alteraciones cardiovasculares (Lampe, 1999).

En la actualidad está bastante reconocido el efecto de las sustancias pécticas en la reducción del nivel de colesterol en sangre, siendo especialmente efectiva la pectina de los frutos cítricos (Vélez-Rodríguez, 2000a).

Cáncer.- Un informe de la Fundación Mundial para la Investigación del Cáncer y el Instituto Americano para la Investigación del Cáncer (AICR) concluyeron en 1997 que se producen 130.000 muertes de cáncer al año, de las cuales se estima que un 30-40% podrían haberse previsto mediante una dieta adecuada (Cotte, 1999), ya que las dietas que contuvieran cantidades sustanciales y variadas de frutas y verduras podrían prevenir el 20 por ciento, o más, de todos los casos del cáncer.

La evidencia más fuerte está relacionada con el cáncer de estómago y pulmón. En otros casos se ofrecen resultados convincentes como el cáncer de boca, faringe, esófago, colon y recto.

Se han publicado numerosos estudios sobre este tema y la mayoría de ellos concluyen que una ingesta elevada de frutas y hortalizas es un factor preventivo contra diversos tipos de cáncer, y que este efecto favorable no se explica directamente por la disminución de la ingesta de carnes, sino por el efecto favorable de diversos componentes de los vegetales, junto a una menor ingesta de grasas saturadas y ciertos hábitos de vida saludables (Block *et al.*, 1992).

El daño oxidativo del ADN está considerado como un importante factor causante de diversos tipos de cáncer. Así, las frutas y hortalizas, por su alto contenido en vitamina C, E y β -caroteno además de selenio, pueden ser consideradas como importante agentes quimiopreventivos (Clark *et al.*, 1996; Martínez *et al.*, 2001; Laso *et al.*, 2002).

Por otra parte, las investigaciones más recientes concluyen que los suplementos dietéticos no tienen los mismos efectos positivos que quizás contienen el consumo de frutas y verduras. Estudios que involucran a pacientes que estaban tomando

suplementos dietéticos en lugar de frutas y verduras, terminan concluyendo que en cortos espacios de tiempo hay una tasa de mortalidad mayor entre las personas que tomaban solo suplementos.

Estos resultados epidemiológicos positivos han supuesto que, en EEUU, el Instituto Nacional del Cáncer (1991) comenzara un programa de información recomendando el consumo de cinco raciones de frutas y verduras al día, como forma de prevención del cáncer.

Sistema inmune.- El sistema inmune tiene como función principal la protección frente a factores externos y células malignas, promotores de alteraciones o diversas enfermedades en el hombre (Lampe, 1999).

El estudio de las relaciones entre la alimentación y la alteración del sistema inmune es un tema de gran actualidad. La dieta ejerce influencia en la calidad y en la potencia inmunológica, actuando sobre el componente linfoide y sobre la función de la célula inmunitaria, o sobre los factores relacionados con ellos. Se sabe que las vitaminas en general- más específicamente las del complejo B y vitamina C- ejercen unas acciones muy positivas en las respuestas inmunes, pues son esenciales en muchos aspectos del metabolismo celular. Por lo que se reconoce que una nutrición correcta posee un efecto positivo en el sistema inmune, además de en otros sistemas y órganos.

Así, los compuestos presentes en frutas y hortalizas frescas, como son la vitamina C, el β -caroteno y el α -tocoferol hacen más eficaz el funcionamiento del sistema inmunitario responsable de neutralizar a los distintos agentes externos perjudiciales (Lampe, 1999).

Prevención de la obesidad.- Frecuentemente, la Organización Mundial de la Salud se ha manifestado preocupada porque el índice de masa corporal media en la población del mundo avanzado - especialmente en el occidental-, aumentaba cada año.

La sociedad del pasado, de un modo equivocado, consideraba que el exceso de peso constituía una característica típica de la buena salud y del bienestar. Actualmente, se considera que la obesidad es un factor de riesgo para determinadas enfermedades metabólicas, enfermedades cardiovasculares, complicaciones del aparato locomotor... La experiencia demuestra que la obesidad tiene difícil tratamiento. Por ello, es conveniente que se conceda más importancia a su prevención mediante una nutrición adecuada, que se encuadre dentro de los buenos hábitos alimentarios y de vida, incluyendo la práctica regular de ejercicio físico desde las primeras edades del individuo y el aumento del consumo de productos vegetales, por su bajo aporte calórico.

Deterioro por la edad.- Numerosas observaciones parecen probar que existe relación entre la alimentación adecuada desde la niñez y el ritmo de retraso de la aparición de los deterioros funcionales más importantes que se pueden encontrar durante el envejecimiento del individuo.

El envejecimiento por la edad corresponde a la resultante del conjunto de errores genéticos repetitivos, en la replicación del ADN celular en el transcurso de la vida del ser. Warner *et al.* (1990), comentan que cualquier intervención que reduzca los procesos degenerativos retrasará los fenómenos de envejecimiento. Entre ellas se encuentran la reducción de la ingesta calórica y la prevención y/o reparación del daño oxidativo, por la ingesta de antioxidantes. Ya que el daño oxidativo es considerado como el factor de envejecimiento más importante, se admite que los nutrientes antioxidantes intervienen de una forma importante en la prevención del mencionado deterioro.

Diverticulosis.- Las dietas altas en fibra insoluble pueden ofrecer la mejor protección contra esta enfermedad. Las frutas y verduras son altas en celulosa - un tipo de fibra insoluble- pero también en fibras dietéticas de alto valor biológico.

Apoplejía.- Cinco estudios dirigidos en este sentido han concluido, que un alto consumo de frutas y verduras puede reducir el riesgo de la apoplejía en hasta un veinticinco por ciento.

Hipertensión.- Un estudio realizado en 1997, en el que participaron 459 hombres y mujeres descubrió que un alto consumo de frutas y verduras podría bajar la tensión arterial en individuos con la tensión alta o normal. La dieta en el experimento incluía de 8 a 10 porciones de una combinación de frutas y verduras junto con productos lácteos bajos en grasa.

Defectos congénitos.- El ácido fólico ayuda a prevenir los defectos congénitos como la espina bífida. Las frutas, como las naranjas, son una buena fuente del ácido fólico. Aunque ningún estudio específico ha analizado el consumo de frutas y verduras y defectos del tubo neural, los científicos estiman que la mitad de todos los defectos del tubo neural se podrían prevenir si las mujeres estuvieran consumiendo la cantidad suficiente de ácido fólico.

Cataratas.- El atraso en el desarrollo de las cataratas es otro efecto benéfico de las frutas y verduras como se ha indicado en algunos informes epidemiológicos.

Una reducción en cinco partes en el riesgo de cataratas fue encontrado en personas que consumieron un mínimo de una y media porciones de frutas y verduras diariamente. Fue comprobado que las frutas y verduras ricas en carotenos que contenían zeaxantina y luteína fueron las más benéficas, porque no todos los carotenos ofrecen el mismo nivel de protección. Los suplementos de β -caroteno no redujeron el riesgo de las cataratas.

Diabetes.- Las dietas que son altas en fibra pueden ayudar en el manejo de la diabetes. La fibra soluble atrasa la absorción de glucosa del intestino delgado y así puede prevenir el aumento súbito en los niveles de glucosa sanguínea que sigue después de una comida o bocadillo. Sin embargo, el efecto a largo plazo puede resultar insignificante debido a los otros factores que afectan la glucosa sanguínea.

Enfermedad pulmonar obstructiva crónica (asma y bronquitis).- En un estudio de investigación, niños asmáticos en el Reino Unido que consumieron frutas más de una vez al día tuvieron mejor función pulmonar. El consumo mayor de frutas y verduras incrementó la función de ventilación de los pulmones.

La mayoría de los compuestos fitoquímicos tienen acción complementaria, por lo que la obtención del efecto beneficioso para la salud dependerá de la cantidad de la ingesta y de su variedad, de manera que aporte el mayor número de compuestos diferentes y activos.

Además de que como se acaba de citar, los zumos de frutas están repletos de vitaminas, minerales, etc., éstos han encajado en el placer de los consumidores, ya que son una fuente de salud muy fácil de preparar y de ingerir.

Actualmente se dispone en el mercado de una amplia oferta de estos productos con infinidad de sabores, propiedades y beneficios para el organismo.

Los zumos constituyen hoy día una fuente interesante de nutrientes, ya que los avances conseguidos en sus procesos de elaboración permiten conservar casi todas las sustancias nutritivas de la fruta fresca en unas proporciones semejantes, a la vez que, mediante diversos métodos de conservación, se alcanza un buen estado higiénico-sanitario.

El aporte de energía de un vaso de un zumo medio (200 ml) es de unas 100 calorías. Su nutriente más significativo son los hidratos de carbono (10% del producto), que se presentan principalmente en forma de azúcares como sacarosa, glucosa y fructosa.

Si bien acabamos de considerar la importancia de las frutas como aporte de gran cantidad de vitaminas, minerales y otros compuestos potencialmente beneficiosos para nuestra salud, hay que tener en cuenta que, algunos de estos compuestos no llegan en cantidades óptimas a las células, bien porque no están presentes en cantidades suficientes o porque su biodisponibilidad -cantidad de un nutriente que se absorbe y puede ser utilizado por las células-, sea baja debido a otros factores asociados al alimento como por ejemplo, la acción de estructuras celulares que dificultan su liberación e interacción con otros nutrientes que puede potenciar o inhibir su absorción y/o captación por los tejidos (Granado y Olmedilla, 2003).

Es decir, que aunque continúan realizándose esfuerzos por descubrir nuevos compuestos con propiedades saludables, y en el futuro se elaborarán dietas más sanas, todavía hay preguntas sin respuesta en cuanto a la funcionalidad de ciertos alimentos. Por ejemplo, como se acaba de exponer, se sabe muy poco sobre la acción de varios fitoquímicos en lo concerniente a su biodisponibilidad, en que medida las sustancias acceden al lugar de acción en el organismo y ejercen sus efectos positivos, al metabolismo y a los posibles efectos adversos en función de las dosis.

Estas cuestiones son de gran trascendencia y requieren un estudio detallado. Incluso puede que algunos efectos no se produzcan por la intervención de un solo componente, sino que se deban a la sinergia de varios.

A medida que se dilucide el papel de los fitonutrientes, se podrán corroborar las recomendaciones actuales a favor de un estilo de vida sano, que conceden una especial importancia a una dieta variada, una ingesta de energía equilibrada y el ejercicio a diario.

Actualmente, tanto la biotecnología como la industria alimentaria juegan un papel fundamental en la optimización del contenido y biodisponibilidad de nutrientes y compuestos biológicamente activos de los alimentos (por ejemplo con nuevas variedades vegetales), tanto por técnicas convencionales como biotecnológicas, así como también mediante la conservación en condiciones adecuadas para procurar una estabilidad durante el almacenamiento.

La industria agroalimentaria es consciente de la relación dieta-salud y, hoy día, asistimos a la inundación del mercado con alimentos de “diseño”, donde componentes potencialmente activos (nutrientes y no-nutrientes) han sido añadidos, enriquecidos, hidrolizados, inactivados y/o eliminados, todo a la vez o incluso mezclados en distintas proporciones para hacer algo, no necesariamente un alimento “nuevo”. Sin embargo, no es nuevo, el cruce y selección de variedades de frutas para conseguir características nutritivas, estéticas y organolépticas determinadas; y la aplicación de la biotecnología al desarrollo de nuevas variedades no ha hecho más que empezar.

Los beneficios potenciales sobre la salud pueden ser enormes aunque desconocemos los posibles riesgos, ya que el desarrollo y comercialización de estos “nuevos” alimentos va a un ritmo muy rápido y todavía no ha transcurrido tiempo suficiente para evaluar el efecto a medio y largo plazo de estas modificaciones sobre la salud humana.

Tras haber detallado la importancia del consumo de las frutas y sus derivados los zumos como una fuente excelente de salud, en esta memoria se quiere resaltar la necesidad de la caracterización de las mismas para así, de este modo, poder sacar el máximo partido posible de las mismas.

Incluida entre las frutas, aunque no sea consumida en España y a un nivel no muy alto en los países bálticos, ya que está producida a nivel experimental, se encuentra el género *Chaenomeles*. Dentro de éste género, la especie *japonica* es la más adecuada para la producción industrial debido a su alto contenido en ácidos orgánicos en el zumo, su aroma y su elevada cantidad de fibra dietética. Además, es un fruto no sensible al pardeamiento oxidativo durante su procesado, y con altos contenidos en vitamina C y

compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes, por lo que a continuación se abordará el estudio detallado - composición, maduración y almacenamiento- del género *Chaenomeles* haciendo mayor hincapié en la mencionada especie *C. japonica*.

I.1.2. Caracterización de frutas y zumos

I.1.2.1. Importancia y necesidad de la caracterización

La caracterización de frutas y zumos -productos que nos ocupan en esta Memoria- presenta numerosos motivos de interés que a continuación se van enumerando y que justifican de algún modo la realización de esta investigación.

En primer lugar, como se ha mencionado en el epígrafe anterior, son muchos los efectos beneficiosos del consumo de zumos y frutas sobre la prevención de múltiples enfermedades y las recomendaciones tienden a un mayor consumo de este tipo de alimento; así pues el conocimiento concreto de la composición de cada fruta y zumo tendría muchas aplicaciones prácticas concretas como por ejemplo, el poder ser utilizado como ingrediente natural.

También, el aumento de los conocimientos sobre la importancia de los diversos nutrientes y el conocimiento de la existencia y concentración de los mismos en frutas y zumo, pueden facilitar el establecer dietas para satisfacer distintas necesidades.

La gama de productos alimentarios específicos para cubrir las exigencias nutritivas de grupos determinados tales como ancianos, mujeres embarazadas o en periodo de lactancia, recién nacidos, niños y deportistas, no deja de aumentar. Esos alimentos se caracterizan por su composición equilibrada de complementos energéticos, en forma de lípidos, carbohidratos y proteínas, vitaminas y minerales, elaborados de acuerdo con los conocimientos científicos actuales. Por ejemplo, como apunta Versari *et al.* (2002), sería de gran ayuda el conocimiento de los azúcares individuales que podrían ayudar a los dietistas en sus planificaciones.

En el caso del *Chaenomeles*, la información existente acerca de su composición química y sus características físico-químicas es muy escasa. Esta especie está en fase de investigación y por tanto lo primero que conviene hacer es tipificarla, conocer su composición básica y los rasgos que la definen.

En otro sentido, es muy conocido el fenómeno del fraude por adulteración en la fabricación de zumos, mermeladas y en general productos derivados de las frutas, a los que en algunas ocasiones se les añade agua, azúcares, colorantes o se utilizan frutas de menor valor, productos más económicos... Por ejemplo, Silva *et al.* (1999), apuntan que debido al menor coste y a las similares textura y propiedades reológicas de la manzana y la pera respecto del membrillo, los productos derivados de éste, son fácilmente adulterados con las citadas frutas, y el fuerte olor del membrillo enmascara y no deja descubrir en un análisis sensorial los sabores dulces de manzana y pera.

En este sentido es muy útil el conocimiento de la composición química de las distintas especies, ya que al realizar los pertinentes análisis podrían detectarse las adulteraciones no percibidas sensorialmente.

En concreto es de gran ayuda en la determinación de la autenticidad de los productos derivados de las frutas el conocimiento de la composición fenólica, ya que cada especie tiene unos compuestos fenólicos concretos y en una cantidad determinada. Existe una amplia bibliografía referente a la caracterización fenólica de diferentes frutos; entre otras se puede encontrar Lee y Wrolstad (1988), Simón *et al.* (1992), Spanos y Wrolstad (1992).

Otro punto que merece la pena destacar, es la importancia que tiene el que una fruta alcance la adecuada “madurez” en función del destino que vaya a sufrir (conservación frigorífica, producción de zumo, consumo directo...) de forma que lleguen con las mejores condiciones organolépticas posibles al usuario final.

Como apuntan numerosos investigadores, la composición de frutas y zumos en determinados componentes contribuyen a la calidad nutricional de los mismos (Bengoechea *et al.*, 1997; Rodríguez *et al.*, 1999). Entre los constituyentes mayoritarios

en los zumos se encuentran los carbohidratos, ácidos orgánicos y determinados compuestos fenólicos que contribuyen a la calidad nutricional de la fruta fresca y los zumos. El análisis de los mismos se utiliza para el control de la maduración y almacenamiento de las frutas. Por ejemplo, los ácidos málico y cítrico están relacionados con la percepción sensorial de aspereza y acidez (Esti *et al.*, 1997). Para el conocimiento de todo esto, es necesario disponer por tanto de unos índices que permitan determinar el momento óptimo de recolección, como parámetros para una adecuada conservación. Parámetros como peso, pH, acidez valorable, sólidos solubles (°Brix), vitamina C, entre otros, ayudan en el estudio del efecto de variables como son la temperatura de almacenamiento y el tiempo del mismo sobre la composición química de los zumos. Por ejemplo, el estudio del almacenamiento de melocotones a 10-12 °C revela diferencias significativas en algunos de los parámetros estudiados (pH, acidez valorable...) en función de la conservación de los frutos (Rodríguez *et al.*, 1999).

Otro motivo que lleva al estudio de la caracterización de los frutos en general, y en este caso concreto del *Chaenomeles*, es la ayuda que los resultados obtenidos pueden aportar a otros grupos de investigación acerca de los efectos que producen la variación durante su producción, de distintos factores (como especie genética utilizada, momento óptimo de recolección, zona de cultivo más adecuada...) sobre el producto final. Esto les puede facilitar la toma de decisiones en orden a su mejora.

Por todo esto es de gran interés científico cualquier información acerca de la caracterización y conservación de los frutos de distintos cultivares o variedades de *Chaenomeles*.

I.1.2.2. Componentes característicos principales

Desde el punto de vista químico, la parte comestible de las frutas está compuesta aparte de agua, por azúcares, ácidos orgánicos, polisacáridos de diferente naturaleza, y por otros compuestos como proteínas, lípidos, vitaminas...

Entre los constituyentes mayoritarios en los zumos, se encuentran los carbohidratos, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos. (Bengoechea *et al.*, 1997; Rodríguez *et al.*, 1999).

En lo que a carbohidratos se refiere suelen encontrarse entre el 1 y el 8 %, aunque existen excepciones, con valores superiores al 10 % de azúcares totales (carbohidratos disponibles).

La cantidad de proteína de las frutas es baja (inferior al 1-4 %); destacan aguacate, chirimoya (entorno a 1 %), frambuesa y mora (alrededor de 0.9 %) o cereza (0.8 %) (Mataix *et al.*, 1998).

El contenido de lípidos generalmente es menor del 0,5-0,6 %, no suele superar 1 % en frutas; excepcionalmente pueden citarse algunas frutas grasas de alto valor lipídico y energético como el aguacate (16% de grasa, rico en ácido oleico) (Vaclavik, 2002).

Por todo esto se trata de alimentos de escasa importancia desde el punto de vista plástico. Sin embargo, y como ya se ha comentado ampliamente, tienen gran interés por su contenido en micronutrientes: con papel esencial o regulador sobresaliendo la vitamina C, la provitamina A (carotenoides) (Pattee, 1985; Rangana, 1986; Belitz *et al.*, 1997; Torija *et al.*, 1999), vitaminas en general y algunos elementos minerales, siendo mayoritario el potasio.

Entre las vitaminas, predominan las hidrosolubles, particularmente la vitamina C; en este grupo se incluyen algunas vitaminas del grupo B. El ácido ascórbico, junto a la vitamina E, liposoluble, que se encuentra en pequeña proporción, son compuestos antioxidantes, de gran importancia para la salud. La presencia de antocianos es en algunas especies significativa por su característico valor biológico.

La media del contenido de estos constituyentes es variable y depende no sólo de la variedad, sino también de factores como el clima y la situación geográfica de las plantaciones. Incluso dentro de la misma fruta la distribución de estos componentes tampoco es homogénea.

En la Tabla I.1.2.2.1. se recopilan datos de algunos componentes de las frutas más consumidas en España (Mataix *et al.*, 1998).

Se repasan a continuación uno a uno los principales componentes de las frutas y zumos:

Hidratos de carbono.- Dentro de este grupo, se encuentran nutricionalmente hablando, por una parte los hidratos de carbono disponibles, que proporcionan energía para el funcionamiento del organismo y, por otra, los no absorbibles, que incluyen a su vez determinados oligosacáridos y fibra.

Para este gran grupo, a diferencia de lo que sucede con las proteínas, vitaminas y minerales, no hay establecidas ingestas recomendadas. Sin embargo, ya que su presencia o no en la dieta puede incidir en la salud, se han establecido unas pautas orientativas de ingestas, con el fin de reducir la probabilidad de desarrollar enfermedades degenerativas y/o crónicas.

Requejo y Ortega (2000), indican que el 50-60% de la energía obtenida a partir de la ingesta de alimentos debería provenir de los hidratos de carbono, y menos del 10% debería corresponder a los hidratos de carbono sencillos (mono y disacáridos).

-Los carbohidratos son, con frecuencia, el grupo de principios inmediatos que sigue cuantitativamente al agua. Pueden hallarse presentes en forma de azúcares de bajo peso molecular o en la de polímeros macromoleculares. Pueden dar cuenta de un 2-40% del peso total de la fruta y su contenido aumenta con la maduración. El contenido de azúcares y ácidos tienen una marcada influencia en la calidad sensorial de las frutas.

Los azúcares sencillos se encuentran principalmente en las frutas maduras y el almidón en las que aún no han madurado. Como muestra la Tabla I.1.2.2.2., las frutas contienen azúcares como sacarosa, glucosa, fructosa..., que constituyen la principal fuente de energía. El nivel de glucosa en sangre depende del tipo de azúcares consumidos, siendo este mayor para la glucosa y después sacarosa y fructosa (Miller *et al.*, 1986).

Tabla Tabla I.1.2.2.1. Composición de zumos de frutas naturales

	<u>Cantidad en 100 gramos de zumo</u>								
	Naranja	Pomelo	Manzana	Pera	Uva	Piña	Papaya	Maracuya	Melocotón
Agua (%)	88,4	90,1	88,0	86,2	88,0	85,5	86,8	85,6	87,2
Kcal	40,80	34,08	45,43	51	62,26	47,80	46	51	61,42
Proteínas (g)	0,60	0,40	0,07	0,3	0,38	0,40	0,36	0,39	1,07
Grasa (g)	0,10	0,15	0,10		0,04	0,08	0,06	0,05	0,14
Hidratos de carbono(g)	10,00	7,30	11,80	13,20	16,10	12,08	12,18	13,60	14,90
Glucosa (g)	3,18	3,60	3,10	2,3	7,57	3,34			
Fructosa (g)	3,29	3,40	7,51	6,40	8,53	3,34			
Sacarosa (g)	3,52	0,30	1,51	0,90	tr	5,41			
Sorbitol (g)			0,4	2,0	0				
Ácido ascórbico (mg)	40,0	31,0	1,4		1,5	10,0	84,0	29,8	7,0
Sodio (mg)	1,0	2,0	2,1	4,0	3,0	1,0			8,0
Potasio (mg)	166	120	116	33	140	140			241
Calcio (mg)	15,5	9,3	6,9	5,0	11,0	12,0	29,9	4,0	6,0
Hierro (mg)	0,2	0,2	2,6	0,3	0,3	0,7	0,2	0,2	0,8

La fructosa es el azúcar mayoritario en el caso de Manzana (*cv* Glockenapfel) con valores entre 3.9-5.7%, le sigue la sacarosa y la glucosa con valores entre 3.5-4.6% y 0.8-1.0% respectivamente (Ackermann *et al.*, 1992). También según los estudios realizados por Ayaz *et al.* (2000), es la fructosa el mayoritario en la fresa, al que le siguen en cantidad glucosa y sacarosa.

Tabla I.1.2.2.2. Contenido de los azúcares principales en algunas frutas

Fruta	Azúcar (g/100 g peso fresco)		
	Glucosa	Fructosa	Sacarosa
Manzana	2	6	4
Melocotón	1	1	7
Pera	2	7	1
Naranja (jugo)	2	2	5

Adaptada de Widdowson y McCnace (1935)

La composición en azúcares, aunque es característica de cada fruto varía en función de muchos factores. Por ejemplo, citando a Hudina e Ytampar (2000), el contenido de azúcares estudiado para peras, varía entre los distintos cultivares europeos, y es distinto también entre cultivares europeos y asiáticos presentado los asiáticos más azúcares totales que los europeos. A otro nivel, como indica Primo-Yúfera (1982) para el caso de naranjas, existe variación en la composición de frutos de un mismo árbol. El contenido más alto en sólidos solubles se encuentra en los frutos situados en lo alto del árbol y en la parte externa más soleada, y el más bajo en los frutos interiores.

La mayoría de los zumos, son ricos en azúcares, contienen grandes cantidades de glucosa, fructosa y en muchos casos, sacarosa. Esto es importante porque son digeridos y utilizados como una importante fuente de energía.

-Los oligosacáridos son hidratos de carbono no digeribles, ya que en el intestino humano no existen enzimas que rompan los enlaces glicosídicos. Dentro de los oligosacáridos, en los productos vegetales tienen importancia los fructooligosacáridos (FOS). Son cadenas cortas de fructosa unidas por enlaces 2-1 β -glucosídicos con una unidad D-glucosil en el extremo no reductor en unión alfa-1-2 (como en la sacarosa).

Las características funcionales de los oligosacáridos son (Spiegel *et al.*, 1994; Tomomatsu, 1994; Campbell *et al.*, 1997; López-Alegret, 1997; Roberfroid, 1997):

- Bajo valor calórico (pero sabor dulce).
- Prevención de caries dental.
- Efectos similares a la fibra alimentaria.
- Son también considerados como prebióticos por favorecer el crecimiento de bacterias probióticas en el colon.
- Estimulan la absorción de Ca y Mg en el tracto intestinal.

- Por último, dentro de los hidratos de carbono se encuentra la fibra alimentaria, denominada actualmente “polisacáridos no amiláceos (PNA)”. Eastwood y Morris (1992), apuntan que los efectos fisiológicos beneficiosos asociados a la ingesta de fibra son, entre otros:

- Reducción de los niveles de colesterol por efecto de los componentes hidrosolubles.
- Regulación de la función gastrointestinal.
- Modificación de la absorción de grasas.

- Disminución de la incidencia de cáncer de colon.

Aunque Ahmad (1995), añade que estos efectos son variables, dependiendo de la dieta global, estilo de vida y de la respuesta de cada individuo.

También hay que tener en cuenta que algunos de los componentes de la fibra pueden unirse a elementos minerales y causar desequilibrios, especialmente en personas de más edad, si sus dietas no son equilibradas.

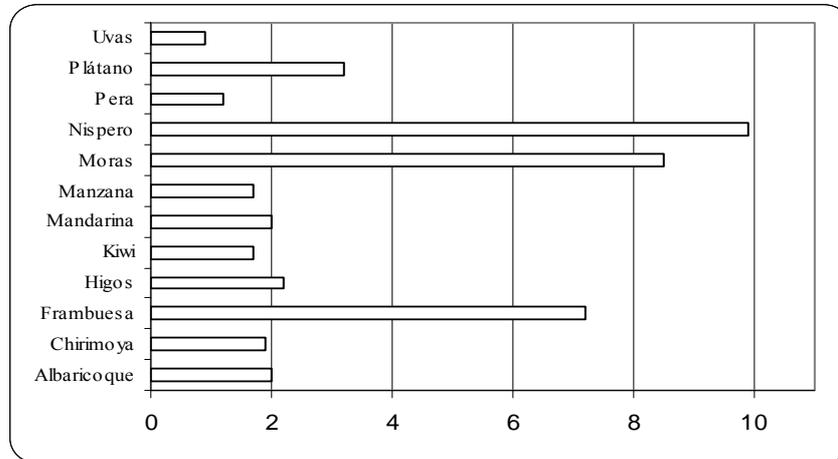
De las distintas fracciones de la fibra hay que considerar las propiedades funcionales de la fracción soluble (sustancias pécticas), que está frecuentemente localizada en la parte comestible y es responsable de la consistencia y estructura física de las frutas. La piel de algunas frutas tales como la manzana, la pera y el melocotón, contiene mayores concentraciones de fibra (Yamada, 1996).

Entre las propiedades beneficiosas de la fibra soluble se puede citar (Craig *et al.*, 1998; Vélez-Rodríguez, 2000a; 2000b):

- No tienen valor calórico (control de la obesidad y disminución de la respuesta glicémica).
- Preventivo de alteraciones cardiovasculares porque disminuye los niveles de LDL y colesterol total.
- Facilitar la eliminación de toxinas, propiedades purificadoras.

La carencia de fibra se asocia a enfermedades conocidas como “de la civilización”, tales como diabetes, cáncer, enfermedades cardiovasculares, obesidad, estreñimiento, etc.

Como se aprecia en la Figura I.1.2.2.1., en las frutas se encuentran valores altos de fibra en níspero (10,2%), mora o frambuesa (9,0 y 7,4% respectivamente); relativamente altos en plátanos o higos (3,4 y 2,5%), frente a valores iguales o inferiores al 2% en la mayoría (Mataix *et al.*, 1998).

Figura I.1.2.2.1. Contenido medio de fibra (g/100 g) en frutas

La fibra dietética se ha convertido en un tema familiar para las personas interesadas en la alimentación y la salud, y actualmente aparece en muchas etiquetas de productos alimenticios. Las nuevas recomendaciones dietéticas señalan los beneficios de los alimentos ricos en fibra y bajos en grasas, tales como las frutas, los vegetales, los cereales y las leguminosas. Muchas organizaciones de salud recomiendan aumentar el consumo diario de fibra a 20 – 35 gramos, por encima del consumo diario actual de 10 – 15 gramos.

En general se recomienda una ingesta diaria media de 18 gramos de PNA y que ésta se realice mediante el consumo lo más variado posible de alimentos vegetales (Ahmad, 1995).

Ácidos orgánicos.- Los ácidos que normalmente predominan en las frutas son los ácidos cítrico y málico (Tabla I.1.2.2.3.). En las uvas el que predomina es el ácido tartárico.

Tabla I.1.2.2.3. Distribución de los frutos según predomine el ácido cítrico o el ácido málico.

Ácido cítrico	Ácido málico
Cítricos	Manzana
Pera	Plátano
Piña	Melón
Frutos de Baya	Cereza
	Ciruela

Adaptado de Wills *et al.* (1990)

En manzanas *cv.* Glockenapfel, el 90% del contenido de los ácidos corresponde a ácido málico (Hulme y Rhodes, 1971). Estudios realizados por van Gorsel *et al.* (1992), apuntan valores de ácidos para varias frutas. Entre ellas se determinó que en pera, a diferencia de lo apuntado por Wills *et al.* (1990), predomina el ácido málico con unos valores de 371 mg/100 ml de zumo y le sigue el ácido quínico con 220 mg/100 ml de zumo; en manzana el ácido málico es del orden de 518 mg/100 ml de zumo. En uva destaca el ácido tartárico con alrededor de 162 mg/100 ml de zumo.

Para los cítricos, como su nombre indica y como describe Primo-Yúfera (1982), el ácido más característico y predominante es el cítrico. En segundo lugar se encuentra el ácido málico y luego otros en pequeñas cantidades (ácido fosfórico, ácido quínico, ácido succínico, ácido oxálico...). Los ácidos orgánicos son componentes importantes de los sólidos solubles, siendo en limones y limas los componentes más abundantes.

La acidez de los zumos varía en función de factores como variedad, zona y tipo de cultivo, maduración, etc., entre límites muy amplios.

En los zumos los ácidos pueden encontrarse tanto en forma libre como en forma de sales con cationes inorgánicos. Por ejemplo, en el zumo de limón el 97% del ácido está en forma libre mientras en las naranjas sólo está el 80%, y el resto en su mayor parte, como citrato ácido de potasio, ya que éste es el principal de los cationes (Primo-Yúfera, 1982).

La mayoría de las frutas contienen ácidos orgánicos en tasas que exceden de las necesarias para el funcionamiento del ciclo de los ácidos tricarbónicos y otras rutas metabólicas.

Los estudios previos de la composición en ácidos del *Chaenomeles* no son muy numerosos, además de ser incompletos e incluso en algunos casos, contradictorios. Según Lesinska (1987), entre los ácidos orgánicos, que representan una media del 3.7% del fruto, se encuentran como mayoritarios el ácido málico, el ácido quínico y el ácido cítrico en un porcentaje respectivo de 82, 11 y 4% contando el total de los ácidos. El ácido málico y el ácido quínico representan entre el 2.3-5.9% y 0.9-2.3% del zumo, respectivamente.

Otras sustancias fitoquímicas con efectos beneficiosos para la salud.- Se agrupan en este apartado compuestos químicos de las plantas, no nutritivos, que pueden tener importancia en la prevención y control de enfermedades (Bello, 1997).

Casi siempre se han considerado los nutrientes como los únicos constituyentes a tener en cuenta, pero en la actualidad se conoce la importancia de otros tipos de componentes denominados “no nutrientes” cuyo papel en relación con la salud es de enorme interés. En algunos casos tienen propiedades fisiológicas importantes, lo que ha dado lugar a que se consideren sustancias bioactivas, y se denominan “fitoquímicos” cuando se trata de compuestos de origen vegetal. La Tabla I.1.2.2.4. recoge algunos de los productos fitoquímicos y las frutas en las que son mayoritarios.

Tabla I.1.2.2.4. Principales compuestos fitoquímicos en frutas

Acido ascórbico	Folatos	Carotenos	Compuestos fenólicos
Cítricos	Fresas	Albaricoque	Albaricoque
Fresas	Naranja	Cerezas	Cerezas
Kiwi	Plátano	Kaki	Ciruela
Melón		Mandarina	Fresa
		Melón	Limón
		Níspero	Mandarina
		Pomelo rojo	Manzana
		Sandía	Melocotón
			Moras
			Naranjas
			Pera
			Pomelo
			Uvas

Vitaminas.- Son compuestos orgánicos que el organismo necesita en pequeñas cantidades y no las produce en cantidad suficiente para cubrir sus necesidades, por lo que necesitan ser aportadas de forma externa, sobre todo a través de la dieta. Las vitaminas participan en los procesos metabólicos actuando en las células como cofactores enzimáticos, como coenzimas, o como metabolitos esenciales.

Las distintas vitaminas no se correlacionan entre sí, ni química, ni funcionalmente. Cada vitamina desempeña en el organismo su propia función y no puede ser sustituida por ninguna otra sustancia. Las vitaminas son nutrientes acalóricos, es decir no generan energía. Cabe la posibilidad de que un determinado compuesto orgánico sea una vitamina para una especie animal determinada y carezca de importancia para otras. Tal es el caso de la vitamina C, que es una vitamina para el hombre, que no puede sintetizarla y no lo es para otras muchas especies animales que sí la sintetizan (Tolonen, 1995).

Algunas vitaminas son antioxidantes, protegen a las células frente a los procesos oxidativos. Las vitaminas refuerzan y hacen más eficaz el funcionamiento del sistema inmunitario, que es responsable de neutralizar los microorganismos invasores (como virus y bacterias) y cancerígenos. Se piensa ahora que también retrasan el proceso de envejecimiento e inhiben la decadencia senil. Aunque éstas son las funciones principales de las vitaminas, cada una desempeña un papel particular en el organismo. Por ejemplo el β -caroteno y las vitaminas A y E, parecen ejercer una acción preventiva frente al cáncer y posiblemente se emplearán como tratamiento suplementario en esta enfermedad. Las vitaminas ejercen además un efecto preventivo frente a las lesiones del sistema nervioso central del embrión y del niño.

Respecto a su papel como antioxidantes, la oxidación supone transferencia de electrones, es decir, pérdidas de cargas negativas. Se produce mediante la participación de enzimas (catalasas y deshidrogenasas) que se encuentran en las mitocondrias y actúan en varias etapas de la cadena respiratoria. Los antioxidantes son sustancias químicas con acciones preventivas frente al estrés oxidativo. Los radicales libres que se producen normalmente como consecuencia de la actividad aeróbica celular, poseen un

electrón impar muy reactivo, con potencialidad de dañar a un gran número de moléculas biológicas.

Los nutrientes antioxidantes presentes en la dieta, además de los flavonoides, son las provitaminas A (carotenoides), vitamina C (ácido ascórbico) y vitamina E (α -tocoferol), que previenen la oxidación del colesterol-LDL, reduciendo el riesgo de alteraciones coronarias, además de tener efecto anticancerígeno al inhibir la formación de sustancias carcinogénicas (Williamson, 1996; Strain y Benzie, 1998; Cotte, 1999).

De entre las vitaminas que aportan las frutas en la nutrición humana, la vitamina C (ácido ascórbico) es la más importante. Presenta numerosas actividades fisiológicas: previene el escorbuto, facilita la absorción del hierro, inhibe la formación de nitrosamina, contribuye en la formación del colágeno, reacciona con radicales libres evitando así la oxidación, estimula la actividad de enzimas detoxificadoras de hepatocitos, estimula la función inmune (Gardner *et al.*, 2000; Martínez *et al.*, 2001; Gil *et al.*, 2002).

Como antioxidante, la vitamina C, según Harris (1996), reduce el riesgo de arteriosclerosis, enfermedades cardiovasculares y algún tipo de cáncer. Por todo esto, el contenido en vitamina C, incluyendo los ácidos ascórbico y dehidroascórbico, es uno de los factores de calidad nutricional más importante en muchas frutas.

A diferencia de otros ácidos orgánicos, la vitamina C es bastante inestable, debido especialmente a su carácter reductor sobre todo en presencia de oxígeno, de luz y de iones de metales pesados (Angberg *et al.*, 1993) y a la actividad enzimática ácido ascórbico oxidasa, por lo que la medida de la vitamina C es un indicador de la “frescura” de los frutos (Pérez *et al.*, 1997) y de la conservación de los productos elaborados.

Prácticamente, de la totalidad de la vitamina C en la dieta humana, aproximadamente el 90% procede de frutas y hortalizas. La ingesta de vitamina C recomendada actualmente es de 50-60 mg/día, aunque los expertos recomiendan que debería aumentarse (Williamson, 1996) y muchos productos de este grupo contienen

una cifra de este orden en sólo 100 g. En los frutos cítricos: naranja, mandarina, limón, pomelo, además del kiwi, abunda el ácido ascórbico, al igual que en el melón y en las fresas (Tabla I.1.2.2.4.).

Los factores que influyen sobre su contenido final en frutas son innumerables, entre ellos se puede nombrar, factores genéticos, condiciones climáticas precosecha, métodos de recolección, prácticas culturales agronómicas, tratamientos postcosecha... (Mozafar, 1994; Weston y Barth, 1997; Lee y Kader, 2000), por lo que resulta difícil comparar la composición de los distintos frutos.

Como se puede ver en la Tabla I.1.2.2.5., la vitamina C en frutas supera los 80 mg/100 g en kiwi. En sandía se superan los 40 mg/100 g, pero en algunas frutas no se llegan a alcanzar 10 mg/100 g.

Estudios previos del *Chaenomeles*, indican que la vitamina C se encuentra en forma de ácido dehidroascórbico (Rummpunen *et al.*, 2000) en una cantidad de unos 100 mg /100 g (Golubev *et al.*, 1990). Por tanto es mayor que en el limón, e incluso que en el kiwi.

Las frutas también pueden ser excelentes fuentes de vitamina A y ácido fólico (B₉), suministrando alrededor de un 40% de las necesidades dietéticas diarias. En las frutas se hallan presentes también otras vitaminas y minerales, pero su contribución a las necesidades dietéticas es generalmente inferior.

Las vitaminas B₁(tiamina) y B₂(riboflavina) están presente en los vegetales por debajo de 0,1 mg/100 g. La vitamina B₁ es algo superior en dátiles y mandarina (0,07 mg/100 g) y la B₂ en ciruelas, níspero y piña (0,05-0,07mg/100 g).

El ácido nicotínico (B₃) se encuentra en mayor cantidad en guayaba y nectarina (alrededor de 1 mg/100 g) y en el plátano (0,8 mg/100 g). La vitamina B₆ (piridoxina) en higos y plátanos.

Tabla I.1.2.2.5. Algunas vitaminas en frutas (100 g)

	Vitamina A (Eq retinol, μg)	Vitamina E (mg)	Ac. Fólico (μg)	Vitamina C (mg)
Albaricoque	218	0,7	5	7
Cereza	20	0,1	8	8
Ciruelas	25	0,7	3	3
Dátiles	1,4	-	21	3
Frambuesa	-	0,2	45	25
Kiwi	16	-	35	89
Limón	42	-	-	46
Mandarina	44	0,2	21	35
Manzana	9	0,5	1	4
Membrillo	12	-	-	15
Melocotón	105	0,5	3	8
Melón	223	0,1	30	25
Naranja	60	-	-	50
Níspero	53,5	-	18	13
Papaya	0.52	-	-	56
Pera	2	1,5	11	3
Plátano	33	0,2	22	10
Sandía	26	0,3	12	40
Uvas	Trazas	0,7	6	4

Watt y Merrill, (1963); Somogyi *et al.*, (1996); Mataix *et al.*, (1998)

Las vitaminas liposolubles son escasas, siendo las más importantes las vitaminas de los grupos E (tocoferoles y tocotrienoles) y A (retinoides y carotenoides).

Entre los tocoferoles el más activo es el α -tocoferol. Está presente en semillas, aceites de semillas, aceites vegetales, granos de cereales y frutas y hortalizas. Algunos efectos beneficiosos de la vitamina E son:

- Quimiopreventivo, al ser antioxidante de los lípidos de la membrana celular, impidiendo la iniciación y promoción de la carcinogénesis.

- Estimulador de la función inmune, al aumentar la producción de anticuerpos humorales y células mediadoras de la respuesta inmune (Martínez *et al.*, 2001).

Entre los carotenoides destaca sobre todo β -caroteno.

Las sustancias incluidas bajo la denominación de carotenoides sólo pueden ser sintetizadas en las plantas y llegan a los tejidos de los animales a través de los alimentos. Allí pueden ser modificadas o acumuladas. Entre los carotenoides comunes se encuentran el α -caroteno, β -caroteno, δ -caroteno, y criptoxantina, a los que se les denomina provitaminas A (dado que en el organismo se transforman en esta vitamina) y son responsables del color amarillo-anaranjado de algunas frutas y verduras. No todos los colorantes alimenticios amarillos o rojos son β -caroteno (por ejemplo el licopeno es un carotenoide rojo del tomate y la sandía), ni todos se transforman en vitamina A.

El β -caroteno es el más importante como provitamina A. La vitamina A, como tal, no es un antioxidante potente como su precursor el β -caroteno, pero posee otras muchas actividades vitales (actúa sobre la vista, la fertilidad...). La vitamina A mantiene un equilibrio fisiológico con la vitamina D y con la E, que puede romperse por una ingesta excesiva de alguna de ellas, desencadenando acciones antagónicas. La razón principal del extendido interés por el β -caroteno son las evidencias que relacionan esta vitamina con la prevención y tratamiento del cáncer, aunque todavía sus mecanismos de acción no son bien conocidos, además de prevenir la oxidación de la fracción LDL-colesterol (Martínez *et al.*, 2001). La mayoría de estos estudios sugieren que una ingesta

de β -caroteno superior a la media tiene un efecto protector. La OMS recomienda una ingesta de β -caroteno de 4-6 mg por persona y día (Williamson, 1996).

Hay resultados epidemiológicos que relacionan la ingesta de este carotenoide con una reducción de cánceres del sistema digestivo y próstata, además de una menor incidencia de las enfermedades coronarias, una de las principales causas de mortalidad en países desarrollados.

La principal fuente de licopeno en nuestra dieta es el tomate. Entre las frutas de mayor contenido es la sandía, aunque también está presente en el pomelo rojo y cerezas (Olmedilla, 1999; AMITOM, 2000). Albaricoque, melocotón y algunas variedades de melón, son también una buena fuente de licopeno.

Es necesario hacer una mención especial relativa a la importancia del *ácido fólico*, ya que se ha demostrado que es efectivo frente a anemias megaloblásticas y en la prevención de alteraciones del tubo neural en el recién nacido (esпина bífida), dado que el ácido fólico es requerido para la síntesis de DNA durante la división celular, siendo ambas situaciones de riesgo para mujeres embarazadas. De ahí la importancia, en este periodo tan crítico, de ingerir alimentos con altos niveles de ácido fólico como son, dentro de las frutas, los cítricos (Hoffpauer y Bonnette, 1998).

Según el Center for Disease Control and Prevention (1992), las recomendaciones del Ministerio de Salud Pública americano son de 400 mg folato/día para mujeres gestantes.

En cualquier caso, es necesario seguir investigando acerca de la biodisponibilidad de todos estos compuestos, para poder establecer adecuadamente las recomendaciones dietéticas (Farré y Frasquet, 2002).

Compuestos fenólicos.- Estudios recientes sobre varios compuestos fitoquímicos de los alimentos, indican que además de las vitaminas y los carotenoides, existen otras sustancias, como los compuesto fenólicos, que tienen efectos positivos sobre la salud.

Los compuestos polifenólicos están cobrando cada vez mayor protagonismo como agentes bioactivos. Son metabolitos secundarios en las plantas y se presentan en éstas con estructuras químicas muy variadas (se han descrito más de 4.000 diferentes) que incluyen los flavonoles, catequinas y antocianinas, y pueden encontrarse en los vegetales de forma aislada o, más generalmente, unidos a azúcares (glicósidos), aunque no todos tienen importancia nutricional. Los más significativos son, las antocianinas presentes en uvas negras, fresas, granadas, moras y arándanos, la quercetina presente en frutas y cebollas, el resveratrol, presente en uvas y el ácido elágico (Ravai, 1996; Sánchez-Moreno, 2002). Según Hertog *et al.* (1993), Ravai (1996), Williamson (1996), Jang *et al.* (1997) y Arai *et al.* (2000), entre otros, algunos de sus efectos beneficiosos son:

- Tienen propiedades antioxidantes, siendo efectivas en la prevención de la oxidación de la fracción LDL del colesterol, con lo cual previenen la aterosclerosis y otras enfermedades cardiovasculares.
- Previenen procesos cancerosos al inhibir la formación de nitrosaminas e incluso disminuir su efectividad, cuando éstas se han formado.
- Son capaces de bloquear la respuesta alérgica del organismo al inhibir la histamina.
- Tienen acción antiinflamatoria.
- Acción diurética.

Sin embargo, como indican Rivas y García (2002), la capacidad antioxidante de las frutas no puede atribuirse a un grupo particular de flavonoides sino al conjunto de los mismos, y todavía hay que realizar más estudios de investigación para evaluar las sinergias o antagonismos entre los diferentes compuestos, ya que como afirman Kähkönen *et al.* (1999), tras realizar un amplio estudio con extractos de muy diversas plantas, no se puede decir que haya una relación directa entre la cantidad total de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante. Todos estos compuestos son objeto

de numerosas investigaciones encaminadas a establecer su relación con la salud humana.

Las frutas son una fuente importante de sustancias fenólicas en nuestra dieta, aunque también son fuentes comerciales importantes otras partes de las plantas. La determinación de los fenoles en piel y semillas ha ido asumiendo cada vez mayor importancia, ya que se ha ido descubriendo que estas partes de la fruta son a veces fuentes de compuestos fenólicos que solo están en ellas y además las concentraciones son mayores que en la pulpa comestible. También va en aumento el interés del conocimiento del contenido fenólico en las hojas de las plantas.

Además de las múltiples aplicaciones de los compuestos fenólicos sobre la salud, éstos tienen interés por otros motivos que a continuación se exponen:

-Los compuestos fenólicos, como explican Lattanzio *et al.* (1996), se pueden utilizar como un método alternativo antifúngico y de control de enfermedades. Aunque todavía no está muy bien documentado el mecanismo de control de las enfermedades, hay bastantes evidencias (Elad, 1992; Lattanzio *et al.*, 1996).

-Los compuestos fenólicos en las plantas, por sus propiedades antioxidantes son interesantes como alternativa al uso de antioxidantes sintéticos en la industria alimentaria como componentes de nuestras dietas. Esto se potencia por la actual tendencia de los consumidores que son más conscientes y demandan más alimentos funcionales o alimentos que tengan propiedades beneficiosas para la salud.

-La cuantificación de los compuestos fenólicos es también importante en el área de la detección de adulteraciones alimentarias, sobre todos de mermeladas y zumos de frutas (Andrade *et al.*, 1998). El perfil de compuestos fenólicos es característico de cada fruta, y aunque hay variaciones varietales, éstas son secundarias. Lo que sí puede alterar profundamente la composición en antioxidantes en las frutas es el procesado, almacenamiento y cocinado (Arnao *et al.*, 1996).

Son fuente de estos compuestos frutas como bayas, cerezas, arándanos, ciruela, frambuesas, fresas, uvas, pomelo, naranja, limón, melocotón y manzana (Sánchez-Moreno, 2002).

La composición en compuestos fenólicos en manzana, pera y otras frutas de elevado consumo, es muy conocida, hay muchos estudios científicos sobre las misma (Burda *et al.*, 1990; Oleszek *et al.*, 1994; Vallés *et al.*, 1994). En concreto, sobre la composición fenólica del membrillo hay alguna investigación realizada (Luzt y Winterhalter, 1992; Andrade *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 2002b; 2004b), pero en el caso del *Chaenomeles* apenas hay algunos datos obtenidos por nuestro grupo de investigación (Vila *et al.*, 2003).

Elementos minerales.- Las frutas aportan minerales y aunque en cantidades no muy elevadas, su papel es importante para el mantenimiento de la salud, en especial aportan calcio, magnesio y hierro.

Algunos elementos minerales contenidos también en las frutas tales como el cobre, zinc y selenio funcionan así mismo como cofactores enzimáticos (Clark *et al.*, 1996; Lampe, 1999; Martínez *et al.*, 2001).

El hierro previene anemias causadas por malnutrición o mala absorción. El calcio está directamente relacionado con la aparición de osteoporosis. El zinc se conoce como estimulador de la respuesta inmune. El selenio, micronutriente antioxidante, es necesario para la actividad del enzima glutatión peroxidasa. El magnesio, micronutriente antioxidante, es necesario para la actividad del enzima superoxidodismutasa.

La absorción de estos minerales está influida por diversas sustancias orgánicas. La absorción del hierro está favorecida por la vitamina C. La del calcio por la vitamina D, aunque también hay que considerar que la absorción de algunos minerales, como son el calcio, fósforo y magnesio, está disminuida por la fibra, fitatos y oxalatos presentes en algunas hortalizas (Claye *et al.*, 1998).

Dentro de los elementos minerales, también se ha de destacar el potasio. En general, en las frutas, es más elevado el contenido de potasio que el de sodio y el de magnesio que el de calcio, aunque estos dos últimos, en algunos casos, se encuentran en proporción similar.

En las frutas destaca el plátano por su contenido de potasio superior a 450 mg/100 g, la granada con unos 400 mg/100 g, el kiwi con unos 300 mg/100 g, o la papaya y las uvas con cerca de 200 mg/100 g (Somogyi *et al.*, 1996; Mataix *et al.*, 1998; Rizza *et al.*, 2002).

El sodio, en algunas frutas como la ciruela, aparece únicamente a nivel de trazas. El contenido de hierro en frutas y hortalizas es bajo, inferior a 1 %.

I.1.2.3. Evolución de los componentes característicos de frutas y zumos durante la maduración

Como se cita en el epígrafe anterior, hay muchos y diferentes estudios dirigidos al conocimiento de la composición de las frutas en su momento de recolección o en su punto de madurez óptimo para el consumo. Por el contrario, se dispone de poca información a cerca de los cambios durante el desarrollo vegetativo de los frutos y su maduración. En general, se puede decir que la información disponible sobre los cambios sufridos se refiere a azúcares, y también a los ácidos orgánicos, componentes básicos del equilibrio de sabor entre dulce y agrio.

Los cambios más palpables durante el proceso de maduración son el color, sabor, olor, textura, etc. Estos cambios son el resultado de la profunda reestructuración metabólica y química que se desencadena dentro del fruto.

Cuantitativamente el cambio más importante asociado a la maduración de las frutas es la degradación de los carbohidratos poliméricos; particularmente frecuente es la casi total conversión del almidón en azúcares. Estas transformaciones tienen el doble efecto de alterar tanto el gusto como la textura del producto. El aumento del contenido

de azúcares los hace más dulces e incrementa su aceptabilidad.

Normalmente, durante la maduración, los ácidos orgánicos son respirados y convertidos en azúcares. Los ácidos pueden ser considerados como una reserva más de la fruta, siendo, por consiguiente, de esperar que su contenido decline en el período de actividad metabólica, máxima durante el curso de la maduración (aunque hay alguna excepción).

En la maduración de los cítricos, el contenido de azúcares aumenta y el de ácidos disminuye (Primo-Yúfera, 1982). Por ejemplo, en las naranjas y pomelos el contenido en ácido cítrico disminuye notablemente, las concentraciones minoritarias de ácido málico y otros ácidos varían menos. El pH del zumo aumenta a medida que el fruto madura aunque, por el efecto tampón cítrico-citrato las variaciones son pequeñas.

Ocurre lo contrario en los limones, en los cuales, la acidez libre valorable aumenta al final de la maduración, por lo que disminuye el pH, aunque también lo hace en pequeña escala. Chaves *et al.* (2001), al estudiar el zumo de lima encuentran en el jugo de los frutos después de madurar, un contenido en azúcares reductores totales más bajos, y un incremento del ácido ascórbico.

Según indican Arthey y Ashurs (1997), los azúcares aumentan en las cerezas y en las ciruelas; en el melocotón disminuyen vitamina C y carotenoides y éstos últimos aumentan en la pera, aunque el cambio de color hacia el amarillo se debe al desenmascaramiento de estos pigmentos al disminuir la clorofila.

De acuerdo con la literatura científica (Moing *et al.*, 1998), habría varias teorías sobre la evolución de los ácidos málico y cítrico en melocotón, éstas están relacionadas con la síntesis y catabolismo del malato y citrato. Meredith *et al.* (1989) y Chapman y Hovart (1990), coinciden en que el ácido málico aumenta mientras que el ácido cítrico disminuye.

Ackerman *et al.* (1992), realizan un estudio de la maduración de la manzana (cv Glockenapfel) y observan que la fructosa, sacarosa y glucosa mantienen unos niveles

constantes después de la cosecha, hasta que se inicia una caída de los mismos. El contenido en sorbitol no varía y los ácidos málico y cítrico disminuyen.

I.1.3. Conservación de frutas

Desde una visión que podríamos llamar panorámica, actualmente se observa una creciente atención en aspectos de la horticultura relacionados con la vida de los frutos en etapas posteriores a la cosecha, y esto, entre otros motivos, es debido a la constatación de que manipulaciones defectuosas en estado fresco pueden acarrear pérdidas cuantiosas de productos cuya obtención ha requerido importantes inversiones de capital. Hoy se piensa que es preferible esforzarse en mejorar la conservación tras la cosecha que perseguir incrementos en el volumen de la misma, porque es así como se conseguirán mayores beneficios de los recursos disponibles.

Esta mayor atención postcosecha fundamentalmente va dirigida a una óptima conservación fundamentalmente frigorífica, que es la que más ventajas presenta. La aplicación del frío en sus dos importantes vertientes -refrigeración y congelación- permite alargar la vida útil de los alimentos, ya sean frescos o procesados, durante períodos de tiempo relativamente largos con una mínima repercusión en sus características nutritivas y sensoriales.

I.1.3.1. La necesidad de almacenar

El cometido de la agricultura consiste en la producción de los comestibles necesarios para la alimentación de hombres y animales. Gran parte de éstos son limitadamente conservables. Una de las tareas de la industria alimentaria es aumentar el tiempo de conservación mediante tratamientos adecuados y permitir así la planificación del suministro de alimentos. Además de la transformación de las zonas desérticas en fértiles, la mejora de procedimientos agrícolas..., es necesario impedir la

descomposición de los alimentos producidos, conservando su sabor y su valor alimenticio.

En los países con clima templado, gran parte de la producción de frutas y hortalizas está confinada a períodos de crecimiento relativamente cortos, por lo que el almacenamiento de productos frescos, una vez pasada la época de cosecha, es esencial para abastecer a la población. En los países tropicales el periodo de producción puede extenderse pero, aún así, el almacenamiento siempre es necesario para prolongar el abastecimiento al consumidor. A medida que mejora el poder de compra del consumidor, las razones del almacenamiento pueden dejar de ser aquéllas consideradas como tradicionales, para tratar, en cambio, de satisfacer sus demandas. Es probable que estas demandas incluyan mejoras en la calidad y en la disponibilidad y, a medida que la presión aumente, se exigirán mejoras en las técnicas de almacenamiento.

Para conservar los alimentos, se han desarrollado diversos procedimientos, algunos de los cuales datan de muchos siglos e incluso milenios.

En la actualidad, la mayoría de los cultivos de raíz y algunas frutas y hortalizas se almacenan por períodos hasta de doce meses, como parte de la cadena normal de mercadeo, y todo tipo de productos son a veces almacenados por unos cuantos días o semanas: porque no hay un comprador inmediato, porque no existe disponibilidad de transporte u otras facilidades esenciales, para prolongar el periodo de mercadeo e incrementar el volumen de ventas...

También, cada vez mayores distancias entre los lugares de producción y los de consumo hacen necesario el desarrollo de técnicas que permitan disminuir las pérdidas. Una forma de incrementar el periodo de conservación y vida del los frutos es manipulando las condiciones ambientales a las que van a estar sometidas, sin causarles daños fisiológicos. De entre los factores ambientales a controlar, la temperatura sigue siendo el más importante. La utilización de temperaturas bajas, pero superiores al punto de congelación de los tejidos vegetales constituye todavía el método fundamental para conservar los productos de consumo en fresco. A diferencia de otros procedimientos, la conservación por el frío es la única capaz de conseguir que el sabor natural, el olor y el

aspecto de los productos apenas se diferencien del género fresco. Ciertamente su conservación es limitada en la cámara frigorífica y una vez sacados de la cámara frigorífica, por lo que deben ser consumidos rápidamente.

I.1.3.2. Causas de la descomposición de los alimentos

Durante el almacenamiento se producen modificaciones de los alimentos, que disminuyen su valor y conducen finalmente a su descomposición. Se pueden distinguir los siguientes procesos:

Procesos puramente físicos.- El agua es un componente mayoritario en la mayor parte de los alimentos -el principal en el tipo de alimentos del que estamos tratando-. La evaporación del agua tiene como consecuencia no sólo una pérdida de peso, con el consiguiente perjuicio económico, sino que produce también la desecación y contracción de la superficie, junto con coloraciones que perjudican el aspecto de los géneros, disminuyendo su valor comercial. Con la desecación progresiva los géneros se tornan pajizos y fibrosos. Muchas veces se altera también el aroma, ya que con el agua se volatilizan componentes aromáticos que, en cantidades casi imponderables, condicionan el sabor y el olor específicos.

Procesos químicos y bioquímicos.- En la conservación de alimentos se producen complicados procesos químicos, con intervención de enzimas. Las primeras fases de tales procesos pueden incluso aumentar la palatabilidad; los frutos se cosechan muchas veces antes de su completa maduración y al madurar durante el almacenamiento se completa la formación de azúcar, ácidos y componentes del aroma. Con un almacenamiento prolongado los frutos expelen sus valiosos componentes alimenticios y aromáticos, presentándose en muchos casos fenómenos patológicos. Las modificaciones deseables se enmascaran con el tiempo con las perjudiciales.

Acción de los microorganismos.- Otra causa adicional de la descomposición de los alimentos durante el almacenamiento, son los microorganismos. Los frutos son atacados preferentemente por los mohos. Los componentes principales de nuestra alimentación -hidratos de carbono, grasas, proteínas- son también alimentos para los microorganismos, los cuales, a través de reacciones metabólicas producen en los alimentos desagradables modificaciones que hacen disminuir su valor.

I.1.3.3. Influencia de varios factores durante el crecimiento en el árbol sobre la conservación de los frutos

La vida máxima de almacenamiento de un producto cosechado depende del historial de su producción, calidad y madurez en el momento de la cosecha.

El momento de la cosecha significa una pausa muy importante en la vida de los frutos, porque en este mismo momento termina la acumulación de materias y del suministro de agua a los tejidos que, hasta ese momento, habían crecido continuamente. Esto no quiere decir que se corte el hilo de la vida, ya que siguen teniendo vida propia como organismo que respira, que consume sus reservas y en cuyo interior se sigue realizando un complicado proceso metabólico, hasta que finalmente se llega a un envejecimiento que se manifiesta, sobre todo cuando el fruto es víctima del ataque por mohos que producen su putrefacción.

Esta continuidad, que se hace evidente por el desarrollo de procesos fisiológicos semejantes durante las dos fases de existencia, se demuestra también por la interdependencia entre la duración de la conservación y los incidentes que tuvieron lugar durante el período de crecimiento en el árbol. Los efectos de muchos de los factores que tienen una influencia decisiva sobre el crecimiento y desarrollo de los frutos, se pueden observar hasta en los últimos días del período de almacén. Por eso, los métodos y recursos técnicos empleados durante el almacenamiento, sólo son realmente eficaces si los frutos que se almacenan cumplen todas las condiciones que garanticen una buena conservabilidad y no están predispuestos desde el principio a alguna

enfermedad. Por consiguiente, es preciso conocer también todos los antecedentes de los frutos destinados al almacén y sus repercusiones en la conservación.

- Influencia de las condiciones del suelo, lugar de crecimiento y diferentes factores climáticos

Como es sabido, la fruticultura tiene lugar en muy diferentes terrenos, a distintas alturas y en condiciones climáticas muy diversas. Por eso, no es de extrañar que la influencia de estos factores sobre la conservación de los frutos haya sido objeto de múltiples trabajos.

Por ejemplo, en manzana reineta variedad cox Orangen se estudió la diferencia del suelo, obteniendo diferencias entre las recolectadas en suelos pesados y barrosos respecto de las cultivadas en tierras ligeras arenosas o pedregosas. Se observó que las primeras son superiores a las últimas tanto en sabor como en conservabilidad; además, tienen un alto contenido total en nitrógeno, un contenido superior en proteínas y una menor velocidad de respiración.

Respecto a las condiciones climáticas, son de especial importancia -en relación con estas cuestiones- las precipitaciones atmosféricas, su distribución en los diferentes períodos vegetativos y los promedios de temperatura durante el período de vegetación.

Muchas veces, se mantiene la opinión de que las frutas que proceden de sitios montañosos se conservan mejor que las que han crecido en el fondo de un valle o en sitio llano. La importancia decisiva debe corresponder en este caso al estado de madurez en el momento de la cosecha, porque generalmente la fruta que crece en lugares más altos se cosecha en estado menos maduro que la que crece en el fondo del valle.

- Propiedades del árbol y las medidas en el cuidado de los árboles

Las bases del injerto.- La base no sólo influencia el crecimiento del injerto y se manifiesta en la manera de crecimiento sino que su influencia se extiende también a la conservabilidad de los frutos, por lo que incluso dentro de la misma especie, los frutos de distintos árboles pueden presentar frecuentemente ciertas diferencias en cuanto a conservabilidad.

El abonado.- Con frecuencia resulta extraordinariamente difícil establecer, de manera clara, la acción de los ensayos de abonado sobre el crecimiento de los árboles, aunque todavía es más difícil intentar relacionar el abonado con la conservabilidad de los frutos. La capacidad de las plantas para la absorción de productos minerales depende preponderantemente de la estructura de las raíces, por lo que todos los ensayos de abonado que se realicen con el fin de estudiar la conservabilidad de los frutos producidos deben valorarse con frutos de árboles cuidadosamente seleccionados; es preciso ser muy cauto al valorar los resultados y tener siempre en cuenta el tipo de suelo sobre el que ha crecido el fruto.

Cantidad de fruto en el árbol y su regulación artificial.- La cantidad de fruto en el árbol es un factor de gran importancia en relación con la conservabilidad de los frutos, pues según que el árbol dé una cosecha grande o pequeña, transcurre de manera diferente el proceso de maduración, y su tamaño y estado de maduración es también diferente en el momento de la recolección. Los frutos de árboles con escasa cantidad de fruta, son en general más receptivos para las enfermedades parasitarias y no parasitarias. Por lo tanto, en el caso de una cosecha pequeña se puede pasar el momento más favorable para la recolección con mucha facilidad, mientras que con un buen contenido en fruta se hace mayor el intervalo de tiempo dentro del cual se puede recolectar sin temor a un efecto perjudicial en relación con la conservabilidad. Por tanto, frutos de árboles poco productivos no son adecuados para el almacenamiento y deben emplearse para otros usos.

En las plantaciones es práctica general eliminar una parte de los frutos en los árboles demasiados cargados (aclarado), pero no se debe extremar la medida, pues de lo

contrario aumenta mucho la tendencia -en los frutos almacenados- a la formación de manchas pardas. En general, la conservabilidad de los frutos resulta perjudicada por todas aquellas operaciones que provocan un fuerte desplazamiento de la relación de la superficie asimiladora de las hojas a la superficie de los frutos acumuladores de reservas alimenticias a favor de la primera.

Por lo tanto, para aprovechar la conservabilidad característica de cada especie es preciso evitar todo lo que puede reducir a la larga la cosecha dada por el árbol y de lugar a cosechas alternantes. Los frutos conservables durante más tiempo proceden de árboles adecuadamente podados desde jóvenes, que se mantiene sanos mediante tratamientos reguladores contra las plagas y que son abonados armónicamente y dan todos los años cantidades medias de fruto.

Estado de maduración en el momento de la cosecha.- Los factores mencionados en los párrafos anteriores tienen un efecto bastante considerable sobre la conservabilidad de los frutos, en parte porque modifican el proceso de maduración de los frutos en el árbol, acelerándolo o haciéndolo más lento. Sin duda alguna, el estado de maduración en el momento de la cosecha y del almacenamiento es de una importancia decisiva.

Si se recolecta demasiado pronto se corre peligro de que aparezcan manchas pardas en la piel durante el período de almacén y los frutos tienen una gran tendencia a contraerse. Por otro lado, si se pasa el momento correcto para cosechas los frutos, debe contarse con un elevado porcentaje de frutos en putrefacción incipiente. Por eso supone una gran ventaja el disponer de un método que permita la determinación exacta del estado de maduración de los frutos, para poder establecer así el momento óptimo de la recolección.

Influencia de la variedad.- Es conocido que las distintas variedades son muy diferentes entre sí a este respecto, por lo que se necesita un conocimiento de las variedades apoyado sobre una dilatada experiencia para poder valorar correctamente cada una de las clases, con objeto de poder decidir si por sus propiedades son adecuadas para el almacenamiento en frío o si debe prescindirse de ello.

I.1.3.4. Efecto de la temperatura, humedad relativa y tiempo de almacenamiento sobre la composición

Temperatura.- El periodo de almacenamiento depende en gran medida de la temperatura a la cual se mantienen los frutos. La Tabla I.1.3.4.1. recoge las recomendaciones de las condiciones de conservación (temperatura, humedad relativa y plazo de conservación) de algunas frutas.

Cuando se separan de la planta madre, las frutas son aún tejidos vivos que continúan respirando y transpirando. Existe una relación inversa entre la actividad respiratoria y el periodo de almacenamiento. Así, frutos que ofrecen menor actividad respiratoria permitirán conservar sus cualidades un mayor periodo de almacenamiento, pudiéndose prolongar. Este efecto se comprueba en los resultados analíticos obtenidos en esta Memoria para los distintos genotipos de *Chaenomeles*.

En la respiración se consumen sustancias de reserva, hay desprendimiento de CO₂ y calor, que no pueden ser repuestos como sucede cuando el fruto está ligado al árbol y realiza la función clorofílica. A mayor intensidad respiratoria (mg CO₂/ Kg•h) corresponde mayor calor de respiración (Kcal / Tm•h), se avanza más rápidamente hacia la senescencia y es menor la vida potencial. El calor de respiración disminuye con la temperatura, por tanto a bajas temperaturas, la senescencia se retrasa y aumenta la vida útil del fruto.

Del estudio de las reacciones químicas, se conoce que toda reducción de la temperatura se traduce en un descenso de la velocidad a la que cambia cualquier parámetro, respiración, vitamina C, textura. Sin embargo, los efectos de la reducción de la temperatura sobre los distintos factores fisiológicos no son uniformes. Pequeñas reducciones en el rango superior de temperatura considerado sólo consiguen incrementar muy ligeramente la vida útil; en cambio, reducciones de temperatura también pequeñas, en las proximidades de 0 °C, consiguen mejorarla de un modo más acusado, incluso el descenso de solo 1 °C en esta zona ejerce un efecto significativo (Wills *et al.*, 1990).

Tabla I.1.3.4.1. Guía general de exigencias almacenamiento para frutas

Frutas	Temp °C	Humedad relativa %	Tiempo de almacén
Manzana	-1 a 0	85-90	2-4 meses
	-1 a 4	90-95	1-12 meses
Plátanos	6 a 12	85-90	1-3 semanas
Cerezas	-1 a 0	85-90	1-4 semanas
	-1 a -0.5	90-95	2-3 semanas
Limón (verde)	11 a 15	85-90	1-4 meses
	10 a 13	85-90	1-6 meses
Limón (amarillo)	0 a 5	85-90	3-6 semanas
Naranja	2 a 7	85-90	1-4 meses
Melocotón	-1 a 1	85-90	1-4 semanas
Kiwi	0	90-95	3-5 meses
Pera	-1	90	2-4 meses
	-1.5 a 0.5	90-95	2-7 meses
Membrillo	0	90	2-3 meses
	-0.5 a 0	90	2-3 meses
Fresa	0	85-90	1-3 semanas
	0	90-95	5-7 días

Adaptado de Holdsworth (1988); McGregor (1989)

Los productos frutícolas son susceptibles a las alteraciones patológicas principalmente por hongos -en especial *Penicillium expansum* en frutos de pepita-, y en menor medida por levaduras. A bajas temperaturas se ralentiza el crecimiento microbiano y en algunos casos puede llegar a detenerse, como ocurre con *Rhizopus*. El estado de madurez del fruto también influye en la contaminación fúngica, pues cuando el fruto está verde contiene sustancias antifúngicas, que al avanzar la maduración disminuyen en concentración, como por ejemplo la cumarina. Por tanto, la refrigeración hace descender la temperatura de los productos recolectados, descendiendo la intensidad respiratoria, las pérdidas de agua del producto y el crecimiento microbiano.

Con la transpiración se pierde agua que no puede suministrarse, lo que lleva al arrugado, deformación y marchitez. Cuanto menor sea la temperatura y mayor la humedad relativa de almacenamiento, menor será la transpiración. La evaporación del agua y la pérdida de peso ligada con ella disminuyen con la disminución de la tensión de vapor, que es a su vez más baja cuanto más baja es la temperatura. Igualmente ocurre con la presión de vapor en la conservación de los componentes aromáticos.

Por tanto, la refrigeración hace descender la temperatura de los productos recolectados, descendiendo a su vez la intensidad respiratoria, las pérdidas de agua del producto y el crecimiento microbiano.

Rodríguez *et al.* (1999) demuestran cómo, en el caso de melocotones, el almacenamiento a 10-12 °C revela diferencias significativas en algunos de los parámetros estudiados (pH, acidez valorable...) en función de la duración del mismo.

Efecto de la humedad relativa.- Cuando existe diferencia entre la tensión de vapor del agua de la atmósfera circundante al fruto y la matriz interna del fruto, próxima a saturación, se produce el fenómeno de transpiración del fruto y con ella una pérdida de agua (Durán, 1983), lo que motiva el interés de mantener una humedad relativa elevada y constante durante el periodo de conservación entorno al fruto para prevenir las pérdidas de peso.

Esto ha de ser compatible con una buena conservación del fruto, pues

humedades relativas excesivas pueden favorecer alteraciones indeseables debidas a fenómenos de condensación de agua sobre los frutos. Ya que la disminución de la temperatura supone también reducir la pérdida de peso en los frutos como consecuencia de la transpiración, la pérdida de agua crea en el fruto un envejecimiento que produce el arrugado de la piel y la pérdida de firmeza en la textura. Para evitar este problema, junto con el empleo de bajas temperaturas se utilizan humidades relativas elevadas. En general, la humedad relativa puede ser tanto más elevada cuanto más baja es la temperatura.

Los frutos del género *Chaenomeles* presentan en su superficie un recubrimiento céreo similar al del género *Malus*, lo que permite controlar la evapotranspiración propia del fruto, las pérdidas de peso por deshidratación, así como alteraciones de la textura y evolución durante la senescencia.

I.1.4. Valoración de la calidad de frutas y zumos de frutas

I.1.4.1. Calidad de las frutas

La calidad de un producto alimenticio, se refiere a un conjunto de propiedades que se aprecian de forma diferente según quien lo contemple:

- Para el productor, la calidad va unida a productividad.
- Para el almacenista y transportista viene condicionada por su estabilidad, aspecto, presentación y resistencia a manipulaciones.
- Para el industrial, la calidad depende de la aptitud tecnológica del producto y de la buena aceptabilidad por parte de los consumidores.
- Para los responsables comerciales depende, en un primer momento, del aspecto externo, esto es, de los caracteres organolépticos.

- Para los servicios de inspección está en relación con su composición química, bioquímica y sus características microbiológicas.

Y por último;

- Para el consumidor, el concepto de calidad es algo claramente subjetivo, ya que no dispone de medios que le permitan evaluar la calidad nutritiva e higiénica y el valor comercial de los alimentos (Adrián y Fragüe, 1990; Torija, 2002).

El concepto de calidad en fruta ha ido evolucionando a lo largo del tiempo. Al principio, como se acaba de explicar, la percepción de la calidad era diferente según el interés particular de cada uno de los agentes que intervenían en el proceso de producción (productor, comerciante o consumidor); sin embargo, cada vez hay más coincidencia entre los sectores implicados ya que todos ellos tienden a acercarse sus criterios hacia los que impone el consumidor, en los que el estado de maduración de la fruta que compra juega un papel fundamental (Monin, 1970).

El precio de la fruta cada vez está más ligado a la calidad del producto final y, por ese motivo, las explotaciones frutícolas planifican su proceso productivo con miras a satisfacer al máximo las exigencias del sector comercial.

Normalmente se entiende por calidad, la calidad global, pero ésta incluye diferentes tipos o aspectos de la calidad (Charley, 1987; Board, 1989; Maroto, 1990; Shibamoto y Bjeldanes, 1996; Schreimer *et al.*, 2000; Sánchez-Mata, 2002), entre los que podríamos destacar:

Calidad organoléptica o sensorial, aquella que capta el consumidor directamente con sus sentidos, y se refiere al color, sabor, aroma, textura (consistencia).

Calidad nutritiva, que está relacionada con la capacidad de los alimentos de proporcionar todos los nutrientes que favorezcan una buena salud y eviten la aparición de enfermedades.

Calidad sanitaria, que tiene en cuenta la presencia o ausencia de tóxicos naturales, contaminantes y/o microorganismos patógenos, que pueden dar lugar a una acción tóxica.

Las distintas fases de la producción en la obtención de las frutas, son de gran importancia, ya que inciden en su composición. Hay que tener en cuenta las semillas utilizadas (factores genéticos), las condiciones de cultivo, -como tipo de suelo, características del agua de riego, uso de fertilizantes, productos fitosanitarios, etc.- y tratamientos postcosecha, factores que inciden en la calidad del producto obtenido. A este respecto, en la actualidad, existen diferentes formas de producción agrícola, entre las que se encuentran la Agricultura ecológica, la Agricultura sostenible, o la Producción integrada, alguno de cuyos objetivos son el obtener alimentos más nutritivos y saludables, a la vez que se preserva el medio ambiente; en todo caso se intenta optimizar la calidad extrínseca e intrínseca del producto: calidad organoléptica, contenido de nutrientes o calidad nutritiva, presencia de residuos, etc. (Somogyi *et al.*, 1996; Torija, 2002).

Respecto a la calidad nutritiva, el propio consumidor juzga la calidad en función de determinadas circunstancias ya mencionadas, como son la satisfacción del gusto personal, en lo que a caracteres sensoriales se refiere, y el pensamiento de que el alimento le aporta nutrientes para su buen estado de salud. Actualmente se observa un creciente interés por los compuestos “bioactivos” de los alimentos, de gran valor, asimismo, para el buen funcionamiento del organismo. La calidad nutritiva de los alimentos viene dada por los nutrientes que nos proporcionan. Existen los denominados macronutrientes y los micronutrientes; los primeros se requieren en mayor proporción y son: proteínas, carbohidratos y lípidos; entre los segundos se incluyen otros componentes que se necesitan en menor cantidad, aunque son fundamentales para el organismo, por intervenir en los más variados procesos; son las vitaminas y los elementos minerales, ácidos grasos y aminoácidos esenciales. Hoy en día se da gran importancia a compuestos bioactivos denominados “fitoquímicos” que no son nutritivos, pero sí de importancia para la salud.

En lo que se refiere a la gestión de la calidad, se han establecido distintos sistemas, entre los que actualmente se hace referencia a la “trazabilidad” que es la capacidad de reconstruir la historia de un producto a partir de un sistema documentado de registros. Este sistema no está totalmente implantado en el sector hortofrutícola, aunque ofrece la ventaja de conocer el origen del producto y de dar a los consumidores una mayor seguridad, ya que es el sistema de identificación y control de todo el proceso recorrido por el producto desde su producción hasta su venta (Giambanco de Ena, 1999). El control de calidad durante el almacenamiento, especialmente del almacenamiento refrigerado, es muy importante porque se ha invertido más capital y los riesgos son mayores.

Estandarización.- En la actualidad casi todos los productos agrícolas de los países desarrollados son comercializados basándose en estándares oficiales establecidos por leyes nacionales o internacionales. La estandarización puede comenzar como un proceso informal en virtud del cual un cliente o comprador, que trata con un proveedor o productor, requiere el abastecimiento regular de un tamaño, color o madurez particulares. La evolución de la estandarización en los países desarrollados ha sido un proceso continuo de muchos años y aun no está completa. A medida que cambian las preferencias del mercado y las exigencias del consumidor, también cambian los estándares y grados de calidad establecidos.

I.1.4.2. Índices de madurez en frutas. Indicadores de calidad

Determinar el momento adecuado para comenzar a cosechar la fruta -como se ha comentado en el epígrafe I.1.3.-, es uno de los aspectos más importante en su producción, ya que de él depende la calidad de la fruta que obtengamos y el comportamiento que tendrá después de ser cosechada y almacenada. En gran parte, en función de lo acertado que sea el momento de cosecha, mejores serán los rendimientos en calidad que se obtengan y, por consiguiente, en sus posteriores utilidades.

En los últimos años los esfuerzos en cuanto al manejo postcosecha se han orientado a mejorar las condiciones de conservación después de la recolección, habiendo tenido muy en cuenta un momento óptimo para la misma. En este aspecto, dependiendo de la especie frutícola de que se trate (Kader *et al.*, 1989), los atributos de forma, tamaño, color, textura, contenido de agua, cantidad de fibra y brillantez, son indicadores del grado de madurez y/o calidad organoléptica de los frutos (Floros, 1993). Además, es determinante en el precio, en algunos casos de manera extraordinaria, como lo es por ejemplo en el níspero, que en regiones de Australia y de Europa se le ha considerado como un producto de lujo.

El fruto pasa a lo largo de su vida por una serie de etapas caracterizadas por una secuencia de continuos cambios metabólicos. La etapa más importante y compleja en el desarrollo de la fruta es el proceso de maduración, que puede dividirse, a su vez, en dos fases: la fase de maduración fisiológica y la de maduración organoléptica.

La madurez fisiológica o de consumo (*ripe*), es aquella en la que la fruta presenta sus mejores condiciones de consumo, y la madurez comercial, organoléptica o de cosecha (*mature*), es el estado de desarrollo del fruto que asegura la continuación del proceso de madurez, una vez separado del árbol, para obtener las óptimas condiciones de palatabilidad en la época de consumo. La maduración organoléptica hace referencia al proceso por el cual las frutas adquieren las características sensoriales que las definen como comestibles. Por lo tanto, se trata de un proceso que transforma un tejido fisiológicamente maduro pero no comestible en otro visual, olfatorio y gustativamente atractivo (Leopold y Kriedemann, 1975).

El grado de madurez de la fruta al momento de la cosecha es un factor de primera importancia, debido a que de él depende principalmente la palatabilidad y aceptación del producto por el consumidor, además de la duración de almacenamiento. Cuando la fruta se cosecha inmadura, aunque reciba los más adecuados manejos de postcosecha, la calidad comestible y de presentación será inferior que la que se cosecha con la madurez óptima y es, además, muy susceptible a desordenes fisiológicos que disminuyen considerablemente el periodo de almacenamiento y la aptitud comercial,

debido a que son frutos con escaso desarrollo de color, serán ácidos, más duros y más propensos a deshidrataciones durante el almacenamiento. También una cosecha prematura implicará pérdidas de kilogramos de fruta, pues éstas son más pequeñas. Así como también la fruta que se cosecha muy madura no resistirá un almacenamiento prolongado, debido a la rápida merma de sus cualidades organolépticas, como también de la predisposición a ciertas alteraciones fisiológicas, y se hace más susceptible al ataque de microorganismos patógenos causantes de su pudrición.

Por todo lo dicho, debido a la importancia de obtener frutos con unas características de madurez óptimas, tanto para el consumo, como para su frigoconservación, de forma que lleguen con las mejores condiciones organolépticas posibles al consumidor, es conveniente disponer de índices para determinar el momento óptimo de recolección. También son útiles y existen, algunos índices que sirven o para seguir la maduración en el árbol o la evolución de la calidad organoléptica durante la frigoconservación y posterior maduración a temperatura ambiente (Knee *et al.*, 1989).

Un índice de madurez, para ser de valor y cumplir con su objetivo, debe experimentar cambios notorios al aproximarse la misma, para así determinar el comienzo del periodo de cosecha y asegurar la obtención de fruta con óptima calidad en cuanto a sabor y comportamiento en almacenaje. Los índices de madurez deben ser consistentes a través de los años, representar una madurez producida en diversas situaciones, su determinación debe ser hecha por métodos simples y de fácil realización en el campo.

Estos índices son distintos para las distintas frutas (Tabla I.1.4.2.1), por ejemplo Yommi *et al.* (2002) sugieren que para cerezas el índice de madurez adecuado es el contenido en sólidos solubles totales. Otros autores indican que para limones es el rendimiento en zumo, para naranja y mandarina, contenido en jugo y la relación sólidos solubles/ácidos, para manzana y pera, presión máxima y mínima de la pulpa.

En general, se pueden englobar en dos tipos los métodos para determinar la época más adecuada de cosecha:

Tabla I.1.4.2.I. Distintos índices de madurez para frutas

Índice de madurez	Frutas
Días transcurridos desde la floración hasta la cosecha	Manzanas, peras
Desarrollo de la capa de abscisión	Algunos melones, manzanas
Morfología y estructura de la superficie	Formación de la cutícula en uvas Malla en algunos melones. Brillo de algunos frutos (desarrollo de cera)
Tamaño	Todas las frutas
Gravedad específica	Cerezas, sandías
Propiedades de textura: Firmeza	Manzanas, peras, frutos de hueso
Color externo	Todas las frutas
Color y estructuras internas	Color de la pulpa en frutas
Factores composicionales	
Contenido en almidón	Manzanas y peras
Contenido en azúcares	Manzanas, peras, frutos de hueso, uvas
Contenido en ácidos, proporción azúcar/ácido	Granada, cítricos, papaya, melones, kiwi
Contenido en zumo (jugo)	Cítricos
Contenido en aceites	Aguacate
Astringencia (contenido en taninos)	Caqui, dátiles
Concentración interna de etileno	Manzanas, peras

Kader (1983)

Métodos prácticos, que requieren una gran experiencia y conocimiento de una zona determinada, de un huerto en particular y de una variedad.

Métodos técnicos, los cuales requieren de instrumentos especiales para determinar la época de cosecha.

Se usa una combinación de ambos tipos de índices, debido a que no es una buena práctica tomar como referencia de cosecha un sólo índice, ya que se puede tener, por ejemplo, una temporada con mucha radiación o tener buen color para cosechar, pero puede que los sólidos solubles no sean todavía los adecuados.

Como métodos prácticos, entre otros se pueden citar:

Días desde plena flor: es para algunas especies uno de los métodos prácticos más fiables, por ser un periodo más o menos constante, pero no hay antecedentes completos.

Oscurecimiento de la semilla: para algunas frutas, cuando las semillas toman un color café oscuro, indica que es el momento aproximado de cosechar.

Cambio de color de la fruta: cuando se va acercando a la madurez, ésta va cambiando el color de fondo o el color de cubrimiento. Se usa una tabla de colores para cada variedad.

Fácil desprendimiento de la fruta: cuando se acerca la madurez, el pedúnculo va perdiendo resistencia. Si al tomar el fruto suavemente hacia arriba se separa del dardo, es el momento de entrar a cosechar.

Entre los métodos técnicos se encuentran:

Firmeza de la pulpa: el principal objetivo de esta prueba es controlar la maduración de los frutos después de cosecha. Para realizar esta prueba deben usarse entre 15 y 20 frutos, con dos determinaciones por fruto. Se realiza con un presionómetro (Figura I.1.4.2.1.).



Figura I.1.4.2.1. Presionómetro

Contenido de sólidos solubles: los azúcares van aumentando a medida que la fruta se desarrolla. La cantidad de azúcar (grados Brix) se mide con un refractómetro (Figura I.1.4.2.2.) y la cantidad de almidón por el test de yodo.



Figura I.1.4.2.2. Refractómetro

Combinación de contenido de sólidos solubles y firmeza de la pulpa como índice de madurez: la combinación de ambos puede predecir con bastante precisión el momento de cosecha, pero en especial para peras y manzanas hay algunas variaciones de los valores óptimos para cada lugar.

Pectinas: el ablandamiento de la fruta, en algunos casos, está asociado con la hidrólisis de la protopectina o material cementante insoluble de la pared celular, a pectina soluble en melocotones, peras y manzanas. Hay un incremento de pectina soluble y menos insoluble, pero el total de pectinas permanece constante.

Acidez: puede expresarse como acidez titulable y como pH o concentración de iones. Es característico en algunas especies, por ejemplo en manzanas la acumulación de ácidos (málico y cítrico como mayoritarios) aumenta con el desarrollo del fruto y declina luego de la cosecha.

Los indicadores de calidad catalogados como técnicos o físico-químicos pueden ser considerados como tradicionales en el mundo de la fruta. Su aplicación suele ser sencilla y los resultados se obtienen en poco tiempo, aunque su correlación con el grado de maduración y con la calidad según el criterio del consumidor rara vez es completamente satisfactoria. De hecho, suele ser necesario utilizar varios de ellos conjuntamente para poder garantizar un control adecuado de la calidad de la fruta analizada. Los más utilizados son el color, la firmeza, el contenido en sólidos solubles y la acidez valorable, siendo todos ellos de empleo muy práctico. Los métodos prácticos, como el número de días desde plena floración, la intensidad de respiración y la producción de etileno son más indicados para estudiar las características fisiológicas (Knee, 1993).

A medida que ha ido pasando el tiempo ha surgido la necesidad de contar con nuevos métodos para determinar la calidad de la fruta. A pesar de existir una gran cantidad de formas de determinar el estado de madurez del fruto, casi todos son métodos destructivos.

Debido a este último motivo, han surgido unos pocos métodos no destructivos para determinar la madurez, basados en características que ya antes se medían con métodos tradicionales, como son el color, la firmeza, etc.

Colorímetro- Uno de los nuevos avances en determinar el estado de madurez de las frutas es mediante un colorímetro. El colorímetro usa sensores que simulan el modo en que el ojo humano ve el color. El colorímetro expresa el color en forma numérica y cuantifican la diferencia de color entre un estándar y una muestra de producción. La determinación del color por parte de este instrumento se basa en los tres elementos primarios de los colores, que son:

- a) Color (Hue)
- b) Luminosidad (Value)
- c) Saturación (Chroma)

Con los cuales, se forma un sistema asignándole a cada elemento un valor numérico correspondiente a L^* , a^* , b^* respectivamente, donde L^* es la luminosidad y a^* y b^* son la saturación.



Figura I.1.4.2.3. Colorímetro (Minolta CR-300)

Las mediciones se realizan a un número de frutos para determinar su estado de madurez según el color que presenta. El colorímetro analiza estas mediciones y proporciona un informe en el cual da los valores máximos, mínimos y medios de L^* , a^* y b^* , y con estos últimos son con los que se trabaja.

Los valores medios se integran a una fórmula y se obtiene un valor que corresponde a un determinado color según una tabla de colores.

Firmeza.- La firmeza en muchas frutas es uno de los más importantes factores de calidad, por lo cual se han estado evaluando diversos sensores de firmeza que tienen la particularidad de no ser destructivos; pero son sistemas que todavía se encuentran en una etapa embrionaria y que hasta el momento no han dado buenos resultados, siendo todavía el presionómetro más exacto que estos sensores.

El motivo de buscar un sensor que pueda determinar la firmeza de la fruta, se debe a que con el método tradicional se siguen produciendo pérdidas en embarque que llegan hasta un 10% por fruta muy blanda.

Aromas.- Las características fundamentales que determinan la calidad organoléptica del fruto son la ausencia de defectos, la textura, el “flavor” y el aspecto externo (incluyendo el tamaño, color y forma). Todas ellas se pueden correlacionar con un determinado grado de maduración.

A diferencia de los dos primeros, el “flavor” es un atributo muy complejo, ya que está determinado por el equilibrio entre los ácidos, los azúcares y los componentes volátiles principalmente (Monin, 1970). En definitiva, el “flavor” es el resultado de combinar tres propiedades sensoriales diferentes pero complementarias -gusto, el olor y aroma-, siendo esta última su principal componente (Panasiuk *et al.*, 1980). De las tres, el gusto es la menos importante. El olor es, después del color, la propiedad que nos afecta más significativamente a la hora de aceptar un alimento. El olor es la percepción, por medio del olfato, de las sustancias volátiles liberadas desde los alimentos de forma espontánea a temperatura ambiente.

Aunque se han desarrollado muchas teorías que intentan explicar como se genera la percepción del olor a nivel molecular, la teoría más aceptada es la del encaje o acoplamiento (Amore, 1970). El olor debe diferenciarse claramente del aroma, que es la percepción de las sustancias aromáticas después de introducirse los alimentos en la boca y trocearlos, llegando al sistema olfativo por vía retronasal. El olor y el aroma

característico de cualquier fruta es debido a la existencia de sustancias aromáticas presentes en la piel y en la pulpa (Buttery, 1981; Fellman *et al.*, 1993) formando una compleja mezcla de componentes orgánicos muy relacionados con el proceso de maduración, ya que la mayoría se sintetizan durante la fase climatérica (Tressl y Drawert, 1973).

Para interpretar el aroma de un fruto es necesario conocer la naturaleza, cualidad, cantidad e intensidad aromática de cada componente (Medina *et al.*, 1994). También es importante conocer a lo largo del desarrollo del fruto, como se modifica su composición en cantidad y en tipo de sustancias (Nursten, 1970).

Recientemente se han empezado a investigar técnicas de valoración de calidad basadas en la medición de los compuestos aromáticos. La ventaja de estas técnicas es su buena correlación con las características organolépticas de la fruta (López *et al.*, 2000). Sin embargo, su compleja aplicación sólo las hace aconsejables en estudios en los que se evalúen diferentes técnicas de producción, y no para un uso rutinario de control de calidad de las partidas de fruta que llegan a una cooperativa.

A pesar de que los primeros intentos de identificación de compuestos aromáticos se dieron en la primera mitad del siglo XX, su éxito fue reducido debido a la instrumentación físico-química existente (Medina *et al.*, 1996). Hay que tener presente que la concentración media de las sustancias aromáticas en la fruta no suele superar los 50mg/kg, encontrándose valores máximos para cada sustancia del rango de 100 µg/kg (Mattheis *et al.*, 1991). La evolución tecnológica hace que hoy en día el análisis de los componentes aromáticos se realice a través de cromatografía de gases combinada con espectrometría de masas (Dimick y Hoskin, 1983).

Otros métodos.- Tanto la tecnología basada en ultrasonidos como la espectroscopía en el infrarrojo cercano son tecnologías que están siendo consideradas como alternativas no destructivas para monitorizar la calidad de la fruta. Su uso no se ha generalizado, fundamentalmente, porque son técnicas todavía inmaduras sobre las que se tiene que trabajar para eliminar sus inconvenientes. Por ese motivo existen

numerosos trabajos de investigación en los que se presentan resultados obtenidos sobre diferentes variedades de fruta.

Mediciones con ultrasonidos.- Los parámetros que se extraen de las mediciones son la atenuación que sufre la onda acústica en su recorrido y la velocidad con la que atraviesa la carne del fruto. Las mediciones se repiten variando la posición de las sondas emisora y receptora para reducir la variabilidad debida a la posición en la que se mide la pieza. Diversos trabajos (Mizrach *et al.*, 1996; 1997) prueban que existe un grado de correlación entre los parámetros acústicos y determinados indicadores de calidad, como la firmeza en el aguacate o la acidez y los contenidos de azúcar en mango. De todas formas, a los problemas de acoplamiento entre las sondas y las piezas de fruta se suma la escasa repetitividad de resultados, inconveniente que requiere realizar múltiples mediciones para obtener una media significativa de los parámetros acústicos deseados.

Espectroscopía de infrarrojo cercano.- La espectroscopía de infrarrojo cercano (Near-infrared spectroscopy, NIR) es una técnica no destructiva con la que se están realizando numerosos estudios sobre fruta. Bellon-Maurel y Vigneau (1995) y Lammertyn *et al.* (1998), presentan dos trabajos en los que se intenta determinar el contenido en sólidos solubles, acidez y firmeza en manzanas, mientras que en Slaughter (1995), se puede encontrar un estudio para determinar la calidad interna de melocotones y nectarinas midiendo sólidos solubles y contenido total en azúcares, sorbitol y clorofila. El principio en el que se basa la técnica es caracterizar la reflectancia de la pieza de fruta ante diferentes longitudes de onda. Una medición típica incluye mediciones espaciadas 10 nm entre 900 y 1400 nm. Utilizando técnicas basadas en difracción se conduce la luz a través de fibra óptica hasta la superficie de la pieza a caracterizar, que a su vez recoge la luz reflejada. Sobre los índices de refracción en todo el margen frecuencial se pueden extraer multitud de parámetros, como la primera o segunda derivada del espectro. Estos parámetros, junto a técnicas de reconocimiento de patrones, permiten realizar predicciones o clasificaciones de la fruta en función de su estado de maduración. De todas maneras, en muchas variedades la técnica no tiene suficiente resolución como para predecir determinados parámetros.

I.2. EL GÉNERO CHAENOMELES

I.2.1. Descripción botánica y taxonomía

El género *Chaenomeles* Lindley es un arbusto de pequeño tamaño originario del Este de Asia, que pertenece a la importante familia de las *Rosaceae*. Dentro de ésta, está incluido en la subfamilia *Maliodeae* (Phipps *et al.*, 1990). Entre los dieciocho géneros incluidos en la subfamilia de las *Maloideae*, el género *Chaenomeles* está muy relacionado con los géneros *Cydonia* (membrillos), *Malus* (manzanas) y *Pyrus* (peras).

El término *Chaenomeles* procede del griego *chaino*, “abrirse” y *melon* “manzana o pomo” basado en la descripción de Thunberg de 1784 (Weber, 1964). Esta descripción no es del todo correcta, porque aunque normalmente la fruta no se abre cuando está madura (Weber, 1964), alguna vez y para algunos genotipos sí que se ha observado este fenómeno. En un principio el nombre que tenía asignado era *Choenomeles* pero Wijnands (1990), propuso que denominara *Chaenomeles*.

La mayoría de autores que describen el género *Chaenomeles*, opinan que es distinto al género *Pseudocydonia*, aunque algún autor opina que dentro del género *Chaenomeles* habría dos secciones: Sec I *Euchaenomeles* con tres especies -*C. cathayensis*, *C. japónica* (con el cv Mauleo) y *C. speciosa* (con el cv Moerloosei)-, y Sec II *Pseudocydonia* con la especie *C. sinensis*

Aunque a lo largo de la historia este género ha presentado una gran confusión taxonómica, ahora -como se resume en la Tabla I.2.1.1.- a través de estudios más recientes (Phipps *et al.*, 1990), se sabe que está formado por cuatro especies y cuatro híbridos (Weber, 1964).

Tabla I.2.1.I. Descripción taxonómica del género *Chaenomeles*

Familia	Rosaceae
Subfamilia	Maloideade
Género	<i>Chaenomeles</i>
Especies (Phipps <i>et al.</i> , 1990)	<i>C. japonica</i> (Thumb) Lindl. (Japanese quince) <i>C. speciosa</i> (Sweet) Nakai (Flowering quince) <i>C. cathayensis</i> (hemsl.) Schenider (Chinese quince) <i>C. thibetica</i> Yü (Tibentan quince)
Híbridos (Weber, 1964)	<i>C. x superba</i> (Frahm) Reder = <i>C. japonica</i> x <i>C. speciosa</i> . Grupo superba <i>C. x vilmoriniana</i> Weber = <i>C. cathayensis</i> x <i>C. speciosa</i> . Grupo vilmoriniana <i>C. x clarkiana</i> Weber = <i>C. cathayensis</i> x <i>C. japonica</i> . Grupo clarkinana <i>C. x californica</i> Clarke ex Weber = <i>C. cathayensis</i> x <i>C. x superba</i> . Grupo californica

Actualmente se han llevado a cabo revisiones taxonómicas basadas en estudios morfológicos (Rataru y Pomarenko, 1993) y moleculares (Campbell *et al.*, 1995; Kaneko *et al.*, 2000) que han permitido diferenciar las cuatro especies del género *Chaenomeles* de las dos especies del género *Cydonia* (*C. oblonga* y *C. sinensis*); aunque ya en 1964, Weber anunciaba que la confusión de las dos especies del género *Cydonia* con las del *Chaenomeles*, se podía evitar a través del estudio de las distintas características de las hojas adultas.

Además de estos estudios, todavía aparecen en bibliografía algunas referencias al *Chaenomeles sinensis*, (Abe *et al.*, 1990; Albarenga *et al.*, 1994; Abrahao *et al.*, 1995; Roh *et al.*, 1995; Wang *et al.*, 2000), que probablemente se están refiriendo al *Cydonia sinensis*, ya que éste generalmente se describe como un árbol y el *Chaenomeles* es un arbusto. Este confusionismo es posible ya que el *Chaenomeles* es muy variable y presenta características fenotípicas muy similares al membrillo del género *Cydonia* (Thomas, 2001).

También se ha encontrado referencias al *Chaenomeles lagenaria* (Tang *et al.*, 2000), que por el contexto podría ser el mismo que el *C. japonica*, ya que otra referencia al mismo (Anon., 2003) apunta que el *Chaenomeles speciosa* es también llamado *Chaenomeles lagenaria*, pero actualmente no se dispone de la información suficiente para aclararlo, la literatura existente es muy escasa.

Morfológicamente es muy difícil distinguir entre las especies del *Chaenomeles*. Esto ocurre especialmente en el caso de *C. speciosa* y sus híbridos con el *C. cathayensis*, y también en el caso de los *C. cathayensis* y *C. thibetica*, aunque por el contrario, la especie *C. japonica* se diferencia claramente de las especies *C. speciosa* y *C. cathayensis*.

Según Anon. (2003), los taxonomistas se han encontrado con muchas dificultades a causa del *Chaenomeles*. Las especies ahora conocidas como *C. japonica* y *C. speciosa*, cuando se introdujeron en Inglaterra fueron confundidas. En un principio se clasificaron como peras, después se reclasificaron como membrillos y después se

volvieron a reclasificar como peras. Finalmente, cuando el género *Pyrus* era ya demasiado grande, se les dio su propio género, *Chaenomeles*. Al *C. sinensis*, se le reclasificó como *Pseudocydonia sinensis* o falso membrillo.

Para hacerlo más difícil se obtuvo un híbrido entre los *C. japonica* y *C. speciosa*, que es el *C x superba* y posteriormente otros híbridos; esto ha hecho que sea muy difícil conocer el verdadero origen de algunos cultivares, por lo que muchos se clasifican simplemente como *Chaenomeles* 'nombre del cultivar' (ej. *Chaenomeles* 'Cameo'...).

Entre los cruces inter e intraespecíficos se han desarrollado más de quinientos cultivares, utilizados sobre todo con fines ornamentales (Weber, 1963). Se cita a continuación una lista de algunos *Chaenomeles* así clasificados y utilizados en este caso para bonsai.

Chaenomeles "Kurokoji"

Chaenomeles "Orange Delight"

Chaenomeles "Cameo"

Chaenomeles "Hime"...

Todo esto da una idea de la dificultad de la clasificación y de la necesidad de las actuales investigaciones acerca de este género.

I.2.2. Distribución y ecología

Chaenomeles japónica es un arbusto caducifolio de unos 0.6 a 1.2 m, que crece en el centro y sur de Japón, en las laderas de las colinas a una altura entre 100 y 2.100 m y en las orillas de los lagos y ríos (Weber, 1964).

Las otras especies (*C. thibetica*, *C. cathayensis*, *C. speciosa*) están distribuidas en su mayoría en China. Su origen se supone en Yunnan y Tíbet, pero su distribución y

ecología no son del todo conocidas (Weber, 1964). La especie *C. speciosa* se introdujo también en Japón alrededor de 1550.

El *Chaenomeles thibetica* es un arbusto largo entre 1.5-3 m. Se han encontrado especies silvestres hasta los 2.700 m y se ha cultivado hasta una altitud de 3.760 m (Yü y Kuan, 1963).

El *Chaenomeles cathayensis* es un arbusto grande o un árbol pequeño -sobre 6 m-, que crece entre 900-2.500 m (Weber, 1964).

El *Chaenomeles speciosa* es un arbusto largo, entre 2-5 m, que crece entre 200-1.700 m (Weber, 1964).

Las especies chinas crecen en laderas de colinas, zonas de matorrales, cuevas rocosas, barrancos y bosques.

De la distribución de las especies y de su comportamiento en su cultivo, se puede concluir que las especies chinas son principalmente continentales y la especie japonesa es costera.

En su origen, todas las especies solían tener abundantes espinas; sin embargo, en el material vegetal cultivado los últimos años en Letonia y Lituania, a través de una continua selección, se ha ido reduciendo considerablemente la frecuencia de las mismas. Se dispone de datos de algunos cultivares de *C. japonica*, *C. speciosa*, y *C. x superba* sin espinas (Weber, 1964; Buchter-Weisbrodt, 1992).

I.2.3. Aspectos agrobiológicos

Zona de cultivo.- El lugar adecuado para un buen crecimiento y desarrollo del *C. japonica* es soleado y con una pequeña pendiente para reducir el riesgo de daño por heladas, que puede afectar a flores y frutos, aunque también podría ser en un lugar plano, ya que la floración es abundante y duradera.

Las plantas del *C. japonica* tienen un amplio y profundo sistema radicular, por lo que pueden crecer en condiciones de sequía e incluso se recomienda su cultivo en pendientes para evitar así la erosión del suelo. Se requiere elegir un suelo en buenas condiciones para que el crecimiento sea óptimo; suelo bien drenado, algo arcilloso, de carácter ácido y con algo de material orgánico, con un pH aproximado de 6 para evitar la clorosis, ya que el *C. japonica* es susceptible a ésta. En los suelos básicos y secos es más fácil que se produzca clorosis, que en los básicos y húmedos. Por tanto, en caso de suelos alcalinos es recomendable que se añada al mismo, para acidificarlo, azufre o sulfato férrico antes del cultivo. También es recomendable añadir en suelos arenosos o pobres, materia orgánica.

Época de plantación.- Se puede plantar al principio de la primavera o en otoño. En lugares donde hay inviernos fríos (menos de -20°C), es recomendable plantarlo en primavera, porque las plantas jóvenes son muy vulnerables al daño por heladas. También es recomendable la plantación en primavera en lugares que no estén cercados ni protegidos contra conejos. Si se planta en primavera es preciso prestar atención a las condiciones de manejo de las plantas.

Recogida.- Los frutos se deben recoger con cuidado ya que, debido a su firme textura, la piel es altamente sensible a daños mecánicos.

No hay todavía criterios precisos a cerca de la madurez de estos frutos. Se observa que la piel se pone completamente amarilla –en el caso del *C. japonica*-, la cubierta de las semillas se pone de un marrón más oscuro que el inicial, la piel muestra un tacto ceroso o pegajoso y el fruto está fragante.

Propagación.- Las especies de *Chaenomeles* se pueden propagar por semillas con facilidad, pero en la práctica se utiliza la propagación vegetativa.

Con las semillas, se obtienen con frecuencia una media de germinación entre el 95% y el 100%, a condición de que las semillas no se dessequen antes de ser correctamente estratificadas. Un mes entre 2° y 4°C en substrato húmedo es suficiente

(Tiits, 1989), pero en el caso de la propagación comercial llevaría un período de 2-3 meses o más, por lo que los cultivares deben ser propagados de forma vegetativa.

En cualquier caso, los *Chaenomeles* deben propagarse de forma vegetativa para mantener sus características, ya que con la propagación por semillas no se desarrollan de forma adecuada. En el caso de la propagación vegetativa, los cultivares de *Chaenomeles* pueden propagarse por injerto, por enraizado, acodando o por cortes o incisiones en madera dura.

Después de varios estudios realizados por Kauppinen *et al.* (2003), se llegó a la conclusión de que las plantas de *Chaenomeles* se propagan con dificultad por medios vegetativos convencionales, pero sí que es posible lograr una buena eficacia para una propagación comercial a través de cortes en madera blanda. Así pues, a escala comercial, las empresas prefieren los cortes en madera blanda.

Los distintos genotipos muestran una gran variación en su capacidad para enraizar (Wells, 1955; Eley, 1970; Kviklys y Rumpunen, 1996). El porcentaje que arraiga se puede aumentar por medio de reguladores del crecimiento, pero también es importante el tamaño del corte. Los cortes grandes (sobre 20 cm) arraigan rápidamente, producen más raíces, y demuestran una mejor supervivencia del invierno (Wells, 1955; Kviklys, 1998). También se han desarrollado con éxito algunos métodos de micropropagación (Panavas, 1994; Stanys, 1996) pero debido a su elevado coste, la micropropagación se suele limitar a la producción del material vegetal que después se propagará de forma vegetativa, por cortes.

Plagas y enfermedades.- Hay muy poca información sobre las plagas y enfermedades que atacan las plantas de *Chaenomeles*. Además, estos datos se dan a partir de unas cuantas observaciones y no del estudio de grandes poblaciones. Entre todas las plagas y enfermedades, las que predominan son ataques de hongos -que además de los frutos atacan a otras partes vegetales-, alguna bacteria y un virus, el del mosaico de la manzana.

De la escasa información que se tiene en este sentido, se deduce que entre las plagas y enfermedades no hay ninguna que actualmente se considere como severa, a menos que los frutos se almacenen durante mucho tiempo.

Se ha demostrado que el *Chaenomeles* está expuesto a ataques fúngicos comunes a los de las especies cercanas, *Malus* y *Cydonia*, pero en cambio no es atacado, ni sufre las enfermedades de gran importancia económica que sufre por ejemplo la manzana; aunque, si no se encuentran genotipos resistentes en el campo, las enfermedades y plagas fúngicas pueden convertirse en un serio problema (Rumpunen, 2001).

En cualquier caso el *Chaenomeles* es un género con plantas bastante sanas y favorables para los sistemas biológicos de producción.

Hongos en brotes.- Se observaba que plantas enteras o parte de las mismas se morían durante el invierno; esto se achacaba a *Monilia laxa*, pero aunque sí hay datos de que ocurre en *Malus* y *Pyrus*, no se verificó para el *Chaenomeles*. Según Creelman (1962) y Penrose *et al.* (1976), *Monilia laxa* es el responsable de la muerte de las inflorescencias del *Chaenomeles* en Canadá y Australia, pero en estudios realizados en los últimos años (Norin y Rumpunen, 2003) no se ha encontrado en ninguna planta de *Chaenomeles*.

Por el contrario, el moho gris, *Botrytis cinerea*, se ha encontrado en ramas, flores y frutos en todos los estados. Aunque es un hongo que se asocia normalmente a partes blandas, se ha encontrado también infectando zonas de madera. Este moho tiene un amplio radio de acción, ya que se ha encontrado en muchas especies y, además, los distintos modos de acción y síntomas que provoca son diferentes según los distintos “huéspedes”. Puede infectar tejidos nuevos, pero también los ya heridos. Aunque es muy probable que este hongo sea el causante de la necrosis de las partes vegetales que ataca, se necesita aún profundizar con más estudios (Noria y Rumpunen, 2003).

Hongos en hojas.- Los ataques por hongos en las hojas dan lugar, entre otros síntomas, a unas manchas y a veces al amarilleamiento o incluso caída prematura. Hay especies de *Chaenomeles* que son especialmente sensibles a este fenómeno. Las

manchas varían en tamaño, color y forma, y son provocadas por distintos hongos *Septoria cydoniae*, *Phoma pomorum*, *Asteromella* sp. y *Ramularia* sp.

Septoria cydoniae causa las manchas tanto en hojas como en los frutos en *Cydonia* sp. Eliade y Barbu (1963), lo han encontrado también en *Chaenomeles* en Rumanía y actualmente Norin y Rumpunen (2003), lo han encontrado en frutos.

Hongos en frutos.- En frutos maduros se han encontrado muchas veces, manchas y podredumbres. Las manchas superficiales no tienen importancia en cosechas que se utilizan para su procesado. Sobre todo en zonas húmedas, las manchas, que al principio son superficiales, avanzan hacia una podredumbre que puede acabar con la pulpa del fruto. Manchas rojas y lesiones pardas son dos síntomas comunes que se encuentran en campo y también se han observado frutos podridos en almacenamiento en frío. Las manchas rojas son provocadas por distintos hongos, lo que indica que el color rojo es una respuesta general del huésped, más que un síntoma específico de un hongo.

De los estudios de los frutos almacenados en frío se concluyó que el *Chaenomeles japonica* es atacado por los mismos hongos que causan la podredumbre en manzana, por ejemplo: *Phlyctema vagabunda*, *Penicillium expansum* y *Botritis cinerea*. Noria y Rumpunen (2003), han encontrado que en estados iniciales de manchas en frutos, el *Entomosporium mespili* causa también márgenes rojizos.

Por tanto, si los frutos se van a almacenar, han de ser recogidos cuidadosamente y siempre a mano; se han de seleccionar los sanos, sin lesiones ni heridas, y después, además de ser enfriados rápidamente, se han de cuidar muchas las condiciones de almacenamiento. Los frutos cosechados mecánicamente serían más adecuados para su industrialización.

También hay algunos hongos asociados a manchas negras, como son: *Phlyctaena vagabunda*, *Phoma glomerata*, *Phoma exigua* y *Alternaria tenuissima*.

I.2.4. Características del fruto

Morfología de los frutos.- Los frutos del *Chaenomeles* son pomos de formas diversas (Yü *et al.*, 1963; Weber, 1964; Mezhenskij, 1996). *C. japonica* es el más pequeño del género. Tiene forma como de manzana, unos 4 cm de diámetro y un peso de unos 50 g (Figura I.2.4.a y b). Al contrario, *C. cathayensis*, como se puede observar en la Figura I.2.4 d, es el más grande, presenta forma ovoide y tiene unos 15 cm de largo y 8 cm de ancho, con un peso aproximado de 180 g, incluso a veces puede llegar a lo 600 g o más (Shao y Lu, 1995). El fruto de *C. speciosa* presenta formas y tamaños variados (Figura I.2.4.c), entre 4-7 cm de largo y 3-6 cm de ancho, con un peso sobre los 140 g (Rumpunen, 2002).

En cuanto a la cantidad de semillas el *C. japonica* presenta alrededor de 80 por fruto, *C. speciosa* sobre las 100 y *C. cathayensis* sobre las 120 (Rumpunen, 2002).

El *C. japonica* y alguno de sus híbridos dentro de su especie, presentan una cutícula cerosa, que al igual que el color marrón de las semillas, y el color amarillo de los frutos, es un signo de madurez (Weber, 1964).

C. japonica es el primero en madurar (al final de agosto). Los géneros *C. speciosa* y, sobre todo, *C. cathayensis*, necesitan más horas de calor para desarrollar su color típico amarillo (a veces verde amarillento y con algo de rojo) y normalmente no llegan a madurar en el clima Báltico. Los frutos de todas las especies de *Chaenomeles* se vuelven más o menos aromáticos durante su maduración, pero en cambio no se ablandan, por lo que deben ser procesados para su consumo (Rumpunen, 2002).

Por tanto, como ya se citaba al hablar de los aspectos agrobiológicos, se puede decir que no hay criterios de maduración muy precisos, utilizándose los siguientes: la coloración de la piel se vuelve amarilla, la piel de la semilla se pone marrón, la piel

aparece como cerosa, pegajosa (en el caso del *C. japonica*) y los frutos se vuelven muy aromáticos, pero no se ablandan.



Figura I.2.4.a y b *Chaenomeles japonica*



Figura I.2.4.c *Chaenomeles speciosa*



Figura I.2.4.d *Chaenomeles cathayensis*

Composición química.- Los conocimientos en cuanto a la composición química del *Chaenomeles*, previos al comienzo del proyecto europeo, en el que se ha abordado con profundidad este tema, quedan recogidos en las Tablas I.2.4.1. y 2.

Los estudios realizados en este sentido son muy escasos, a la vez que incompletos, e incluso, en algunos casos, contradictorios. La tabla mencionada da una idea de la composición química global. Como se puede observar en la misma, los ácidos orgánicos representan una media del 3,7% del fruto entero, de los cuales los mayoritarios son el ácido málico, el quínico y el cítrico (Lesinska, 1987). Los ácidos málico y quínico representan un 2,3-5,9% del fruto y un 0,9-2,3% del zumo. Según Rumpunen *et al.* (2000), la vitamina C se encuentra en forma de ácido dehidroascórbico y constituye una media del 0,1% del fruto fresco (Golubev *et al.*, 1990). Respecto a los polisacáridos,

Golubev *et al.* (1990), muestran que los azúcares solubles en alcohol constituyen una media del 74% de la materia seca y 8,9% del peso fresco. Lesinska en 1987 afirma que estos constituyen entre 4 y 5% del fruto fresco. Los dos autores coinciden en afirmar que los azúcares principales de esta fracción son la glucosa, la sacarosa y la fructosa.

En 1988, Lesinska *et al.* detectaron manitol, que no aparece posteriormente en los estudios de Golubev *et al.* (1990). Los azúcares y azúcares-alcohol identificados hasta 1988 son, fructosa, manitol, glucosa, sorbitol, sacarosa y maltosa. Los principales componentes de la mezcla de azúcares son la glucosa y el sorbitol. La presencia de una relativamente alta cantidad de sorbitol en *Chaenomeles* es similar a la que aparece en las manzanas (Vasilkevic *et al.*, 1982), pero más alta que la que se encontró en las ciruelas prunas (Vangdal, 1982).

En cuanto a la composición aromática, ya en 1988 Lesinska *et al.*, hablan de la presencia en el *C. japonica* de treinta y ocho compuestos volátiles, de los que identificaron veintiuno, que representaban el 83% del total extraído. Esta fracción está compuesta principalmente por alcoholes, ésteres e hidrocarburos terpénicos.

Como alcoholes principales se encuentran el 3-hexenol y el 2-hexenol (34% del total de volátiles). Estos dos alcoholes también se han detectado en manzana y membrillo (Drawert *et al.*, 1969; Shimizu y Yoshihara, 1977; Schreyen *et al.*, 1979; Tsuneya *et al.*, 1983).

Los ésteres aportan un 44% del total de volátiles y se detectaron e identificaron siete. Los que resaltan por su importancia en cuanto a concentración, son el 3-metil-butirato de etilo y 2-metil-butirato de etilo (sumando un 23%). El 2-metil-2-butanoato de etilo (tiglato de etilo) representa un 8,6% del total de volátiles. Los dos primeros ésteres también se encuentran en la manzana (Drawert *et al.*, 1969; Shimizu y Yoshihara, 1977; Schreyen *et al.*, 1979; Tsuneya *et al.*, 1983;). El tiglato de etilo es original en membrillo. Fue identificado por Schreyen *et al.* (1979), siendo el principal responsable de su aroma típico.

Tabla I.2.4.1. Composición química del *C. japonica* (% w/w)

Referencias	Azúcares solubles en alcohol	Acidos orgánicos	Pectina + protopect.	Celulosa	Hemicelulosa	Ligninas
Golubev <i>et al.</i> , (1990)	8,9 (74)	nd	0,8(6,3)	0,2(1,3)	1,2(10,1)	0,01(0,1)
Lesinska (1987), Lesinska <i>et al.</i> (1988)	3,8-4,7	3,7	nd	nd	nd	nd

Tabla I.2.4.2. Azúcares solubles en alcohol en *C. japonica*

Referencias	Contenido total (% de peso fresco)	Contribución (%) de cada osa en la fracción						
		Frutosa	Glucosa	Sacarosa	Sorbitol	Manitol	Arabinosa	Galactosa
Lesinska (1987)	3,8	21,1	38,0	10,4	30,5	nd	nd	nd
Lesinska <i>et al.</i> (1988)	4,7	17,2	29,8	4,3	29,9	16,4	nd	nd
Golubev <i>et al.</i> (1990)	8,9	21,3	24,6	13,2	nd	nd	24,2	16,7

nd: no determinado

En cuanto a los representan un 5,2% de los volátiles y los principales son el linalool, nerol, geraniol y α -terpineol (Lesisnka *et al.*, 1988). En estudios previos, nerol y geraniol sólo se habían detectado en membrillo en su forma aldehídica (Schreyen *et al.*, 1979; Tsuneya *et al.*, 1983).

Igual que el membrillo (Umano *et al.*, 1986), el *Chaenomeles* maduro tiene un fuerte aroma floral, cuyos compuestos volátiles están situados sobre todo en la piel.

I.2.5. Producción: antecedentes y actualidad

Las especies de *Chaenomeles* han sido muy apreciadas durante mucho tiempo por su valor ornamental.

En Japón, donde fue introducido el *C. speciosa* desde China alrededor de 1550, se seleccionó rápidamente por sus flores vistosas y variadas (Weber, 1964; Kaneko *et al.*, 2000).

El *C. speciosa* se introduce en Europa (Inglaterra) en 1796, el *C. japonica*, en 1869 y el *C. cathayensis* en 1880. El *C. thibetica* no se había descrito hasta 1963 (Yü y Kuan., 1963) y fue introducido recientemente.

Entre los cruces entre distintas especies y dentro de las mismas especies, se han desarrollado más de 500 cultivares con fines ornamentales (Weber, 1963).

Chaenomeles durante mucho tiempo fue utilizado en China con fines medicinales (Anon., 1989; Weber, 1964; Yü y Kuan, 1963). También en China se cultivan estas especies en jardines, y sólo estudios más recientes (Wang *et al.*, 1997, 1998) apuntan datos del desarrollo de *C. speciosa* con el fin de utilizarlo como cosecha. También es conocida la intención del cultivo del *C. cathayensis* para la producción de pectina y ácido málico que se llevó a cabo en Genev, New York (Slate, 1941). Sin embargo, dos inviernos fríos consecutivos destruyeron la plantación y no se realizaron más ensayos con este fin. En su lugar, se comenzó posteriormente la investigación y

desarrollo de *C. japonica* como cosecha en algunos países europeos como se describe a continuación.

En Ucrania, la adaptación del *Chaenomeles* comenzó en 1913 y dio lugar a la primera plantación industrial en 1937. Sin embargo, la cosecha nunca llegó a ser muy abundante. En 1981 hubo un nuevo intento. En este nuevo proyecto, se estudió la variabilidad en caracteres morfológicos y químicos de la fruta, y las posibilidades de la selección temprana, que se estimaron con el cálculo de los coeficientes de correlación entre caracteres y años (Mezhenskij, 1989, 1996). A la vez, se realizaban estudios de hibridación interespecíficos e intergenéricos (*Pyrus*); estando la investigación dirigida a estudiar la propagación y la producción de productos comerciales. Se preveía que iba a ser prometedor, pero, lejos de eso, no dio lugar a ninguna plantación comercial nueva (Mezhenskij, 1996).

En Polonia, la investigación fue iniciada en 1978 (Lesinska, 1986). Los estudios se centraron en la composición bioquímica, el procesado y los posibles productos. Las especies *C. japonica* y *C. speciosa* serán consideradas las más útiles para procesar, sin embargo, la insuficiente cantidad de fruta es un obstáculo para seguir con su estudio (Lesinska y Kraus, 1996).

En Finlandia, comienza en 1979 un proyecto con el objetivo de seleccionar variedades de alto rendimiento y resistentes a los duros inviernos. Los genotipos seleccionados han sido propagados y se han comparado en un estudio continuado (Tigerstedt, 1996).

En Moldavia, fue iniciada en los años 80 una investigación sobre la variación intraespecífica de caracteres morfológicos y de algunas características bioquímicas del *C. japonica*, que concluía en que su adaptación y cultivo tenía buenas perspectivas (Ponomarenko, 1996). Sin embargo, no dio lugar a nuevas plantaciones comerciales.

En Letonia, la investigación sobre *C. japonica* se inicia en 1951 (Tiits, 1989; Tics, 1992) y es en los años 70 cuando se obtienen las primeras grandes plantaciones. Ya en 1993, alcanzando su máximo de producción, las plantaciones en Letonia ocupan

aproximadamente 300 has, con una producción máxima de 20-30 t/ha (Ruisa, 1996) y una producción media de 12-15 t/ha.

El interés del *C. japonica* como nueva cosecha se extiende también por entonces a Lituania (Ratomskyte, 1996; Rumpunen, 1996). El material vegetal utilizado en los Países Bálticos fue propagado solamente por semilla y resultó muy heterogéneo. Las plantas obtenidas mostraban rasgos muy variables, incluso en caracteres importantes de la fruta. Con unas cuantas generaciones de plantas seleccionadas se consiguió la reducción de la frecuencia de plantas con espinas (cerca del 4%), la maduración temprana y un mayor rendimiento de la producción (Ruisa, 1996). Sin embargo, la calidad de fruta no era la suficiente como para permitir obtener productos competitivos y de alta calidad.

Todo esto coincidió, a su vez, con un cambio en el sistema económico de los Países Bálticos, que contribuyó a una fuerte competición en el mercado de importación de concentrados de jugos exóticos, e hizo que el interés en la producción de este fruto disminuyera drásticamente, a la vez que se evidenciaba como necesaria una mejora del material vegetal, que se inició a través de un programa de producción y mejora Letón-Lituano-Sueco, iniciado en 1992 (Rumpunen *et al.*, 1998).

En 1998 tiene lugar una unión entre el programa de mejora Sueco-Letón-Lituano y el proyecto de cultivo finlandés, que da lugar a una investigación multidisciplinar, cuyo objetivo es el de estudiar el potencial del *C. japonica* como nueva cosecha (Rumpunen *et al.*, 2000).

Es en este último proyecto de investigación sobre *C. japonica* donde se ha abordado una amplia relación de temas sobre el mismo. Las plantas se han obtenido por micropropagación, y se han cultivado en distintas zonas, Finlandia, Italia, Letonia, Lituania y Suecia. Se ha estudiado la biología floral, el contenido y composición de la fibra dietética. Se ha desarrollado un método de determinación de pectina, y se ha estudiado (objeto de esta memoria de Tesis) la composición química y las características del zumo del fruto durante el desarrollo, la maduración y la conservación frigorífica.

Entre otras cosas se ha definido un tipo idóneo para la cosecha del *C. japonica* y se han desarrollado unas estrategias de cultivo (Rumpunen, 2001). Las características más importantes consideradas durante la selección y el cultivo de *C. japonica* son: adaptación y resistencia, resistencia a enfermedades, espinas, absorción, crecimiento, enraizamiento de los esquejes, época de la maduración, rendimiento, facilidad para la cosecha mecánica, y calidad de fruta.

I.2.6. Aprovechamiento del fruto

Como se ha descrito en el epígrafe anterior, las especies de *Chaenomeles* han sido muy apreciadas durante mucho tiempo por su valor ornamental. Los frutos de *C. speciosa* y probablemente de *C. cathayensis* y *C. thibetica*, se utilizaron durante mucho tiempo con fines medicinales (el membrillo también se emplea en medicina debido a sus propiedades astringentes, tónicas y digestivas). *C. cathayensis* se ha cultivado para producción de pectina y ácido málico; sólo recientemente se han llevado a cabo investigaciones para desarrollar el *C. speciosa* como cosecha de frutos (Wang *et al.*, 1997; 1998).

En los últimos años también se ha estado intentando el desarrollo del *C. japonica* como cosecha en algunos países europeos como Polonia (1978) (Lesinska, 1986; Lesinska y Kraus, 1996), Finlandia (1979), Ucrania (1913), Moldavia (1980), Letonia (1951) y Lituania. Sin embargo, ni la calidad de los frutos ni los productos obtenidos han sido suficientes ni competitivos.

Exactamente igual que ocurre con el membrillo (Andrade *et al.*, 1998), no es posible consumir en fresco el *Chaenomeles* debido a su sabor agrio y a la dureza y aspereza de su pulpa. Así pues, su uso se restringe a la elaboración de conservas, mermeladas, jaleas, dulces, compotas, gelatinas, sorbetes, licores...

De acuerdo con Ruisa (1996), ya en Letonia y Lituania se produjeron a escala industrial a partir del *C. japonica* algunos productos como jarabes y licores. Además

estudios anteriores (Lesinska, 1986) ya apuntaban que *C. japonica* podría ser interesante para la producción de helados, mermeladas y zumos.

Según Laencina *et al.* (2001) y Hellín *et al.* (2003), en estos últimos años y a escala de planta piloto, se han desarrollado por una parte, la obtención de algunos productos basados en *C. japonica*, y por otra la obtención de su zumo y su aroma con vistas a su posible utilización. Entre los productos elaborados se encuentran: conserva de *Chaenomeles* en almíbar, carne de “membrillo”, jarabe de *Chaenomeles*, dulces, caramelos, *Chaenomeles* escarchados, *Chaenomeles* en salmuera, mermelada y confitura de *Chaenomeles*, crema (Hellín *et al.*, 2003b), helado, bebidas con o sin alcohol y yoghurt (Rumpunen y Göranson, 2003).

Algunos de los productos obtenidos del *Chaenomeles*, como el helado, mermelada, yogurt, bebidas blandas y crema, han sido sometidos a pruebas sensoriales y se han realizado estudios de preferencias de consumidor, obteniendo una respuesta muy positiva hacia el sabor del *Chaenomeles* en varios productos. Ha sido especialmente valorado el helado, hasta el punto de que muchos consumidores lo incorporarían a su alimentación si estuviera disponible en el mercado (Rumpunen y Göranson, 2003).

El fruto del *Chaenomeles* presenta una gran cantidad de pulpa, y ésta, a su vez, es rica en polisacáridos, particularmente en celulosa y pectinas (Thomas *et al.*, 2000; Thomas y Thibault, 2002).

El alto contenido en fibra dietética y pectina hacen del *C. japonica* un buen candidato para la fabricación de pectinas, fibra y productos dietéticos ricos en fibra. A su vez, esa gran cantidad de pulpa lo hacen útil en la producción de carbohidratos bioactivos de naturaleza oligomérica y polimérica (Ros *et al.*, 1996; 1998; 2000; Yamada, 2000).

Su aroma característico y su elevada acidez lo hacen muy interesante como materia prima para desarrollar una amplia gama de productos azucarados o dietéticos.

La relación azúcares/ácidos lo convierte en un fruto con carácter acidificante de interés en la industria agroalimentaria. Su zumo puede ser utilizado como conservante natural (sustituto del ácido cítrico).

En conjunto, el alto contenido de ácidos orgánicos en el jugo, su aroma característico, y la alta cantidad de fibra dietética, hace que los frutos de *C. japonica* sean muy adecuados para su transformación industrial (Lesinska, 1986; 1987; Lesinska *et al.*, 1988).

Por otra parte, la fruta no es sensible al pardeamiento oxidativo y su zumo contiene un alto nivel de vitamina C y compuestos fenólicos (Lesinska y Kraus, 1996) que actúan como antioxidantes. La actividad antioxidante de los flavonoides del *C. japonica* es menor que la actividad antioxidante de flavonoides en *R. rugosa* (Gabrielska *et al.*, 1997). La variación fenotípica del contenido de ácidos orgánicos, sólidos solubles y de la actividad antioxidante total es elevada (Rumpunen *et al.*, 2001).

Los componentes del sabor de *C. japonica* se consideran en parte similares a las manzanas y al membrillo, y en parte similares a los cítricos (Lesinska y Kraus, 1996; Lesinska *et al.*, 1988). De acuerdo con la composición química y las características de la fruta, se han propuesto y desarrollado varios productos (Lesinska, 1986; Lesinska y Kraus, 1996). Es posible, por ejemplo, producir zumo, bebidas fermentadas, purés, extractos de aroma, pectina, fibra dietética, etc. El jarabe, el licor, las bebidas carbónicas suaves, las mermeladas y los caramelos son los productos principales que han estado disponibles en los mercados letones y lituanos (Ruisa, 1996). Además, también se ha utilizado con éxito un extracto del aroma del jugo azucarado para proporcionar un sabor excelente en helado y yoghurt (Albison y Wendin, 2001).

Además de las investigaciones dirigidas a la utilización del *Chaenomeles* y sus productos derivados, también se ha estudiado y desarrollado, la obtención de aroma, el pelado enzimático del fruto, el concentrado del zumo y distintos tipos de extracción del zumo, con enzimas comerciales, por presión o centrifugación (Hellín *et al.*, 2003b).

II. OBJETIVOS

Las posibilidades de introducir nuevos cultivos frutales -tan aprovechados por la agricultura de zonas geográficas que gozan de ambientes agrobiológicos apropiados (suelo, agua y condiciones climatológicas, principalmente)- ofrecen muy pocas opciones; por el contrario, en zonas frías como sucede en el norte de Europa; más en concreto en los países ribereños del mar Báltico donde, incluso a cotas bajas de altitud, la climatología resulta muy adversa y supone el principal y casi, podríamos decir, único obstáculo para el cultivo de frutales. Entre éstos, prácticamente la manzana constituye el monocultivo que más se explota en estas regiones de temperaturas tan desfavorables.

Así, abordar la posible introducción de algún nuevo fruto supone para estos países, incluso muy desarrollados en algunos casos, una gran expectativa, tanto desde el punto de vista meramente humano -por la admiración que despierta entre sus nativos ver crecer y desarrollarse un vegetal que, enraizado en el suelo de la tierra donde habitan, llega a florecer y cuajar en llamativos frutos-, como por el asequible interés de su aprovechamiento -para la salud por las verosímiles propiedades nutritivas y vitamínicas y, por qué no mencionarlo, por el probable factor de generación de beneficios económicos mediante un aprovechamiento eficaz de las cosechas-. Por ello, diversas Universidades y Centros de Investigación e incluso algunas industrias agroalimentarias innovadoras han venido dedicándose en aquellos países, desde hace más de una década, a trabajos de adaptación en cultivos experimentales de algunos de los cultivares más característicos de *Chaenomeles* sp.

El *Chaenomeles* sp., originario del Este de Asia, es un arbusto caducifolio que se cultiva, principalmente a nivel doméstico en jardines y parcelas familiares, en diversos países bálticos. En la actualidad, los frutos obtenidos de su cultivo, especialmente de la

especie *japonica*, muy ricos en constituyentes volátiles aromáticos, se dedican tradicionalmente -mediante fermentación etanólica y destilación- a la elaboración de licores de elevada graduación alcohólica y de algunos productos más o menos azucarados, que se consumen como postres o dulces -carne^(España), chesse^(Inglaterra), pâté spécialité^(Francia), fruchtmarkt specialitat^(Alemania)), esto es, confituras, confitados o glaseados, etc. de *Chaenomeles* o quince-, por lo que la expansión de su cultivo industrial es objeto de interés, dada su adecuación para ser producido en las zonas menos propias de aquellos países y, por otro lado, nada aptas para otros muchos cultivos frutícolas, como mencionamos anteriormente.

No existen, sin embargo, muchos estudios sobre las características y los componentes de estos frutos; los pocos antecedentes se limitan a estudios genéricos de composición que definen la característica acidez debida al elevado contenido de ácido málico -como cabría esperarse por la clasificación botánica de este género de frutas-, la llamativa riqueza en vitamina C, superior a la de los frutos cítricos, e incluso de sus constituyentes volátiles por el llamativo aroma de los frutos, aún producidos en estas regiones frías. Sí es posible, sin embargo, obtener amplia información, incluso en internet, sobre clasificación y descripción botánica (especies y variedades), condiciones de cultivo (parámetros agrobiológicos de cultivo, plagas, etc.), especialmente en el continente chino.

Considerando el interés mostrado por diferentes Universidades y Centros de investigación pública⁽¹⁾ así como industrias del sector agroalimentario⁽²⁾ de estos países nórdicos, con vistas a la explotación agronómica y aprovechamiento industrial del cultivo del *Chaenomeles*, se planteó un Proyecto de Investigación dentro del Programa FAIR5-CT97-3894 aceptado por la CE⁽³⁾ donde participaron otros Organismos⁽⁴⁾ entre los que se incluye la Universidad de Murcia.

Industrialmente, la utilización de la producción de *Chaenomeles* se ha visto limitada hasta el momento a la preparación de bebidas alcohólicas de elevada graduación (40° de etanol) y a la fabricación de algunos elaborados de productos de confitería y horneados que, aunque gozan de cierta tradición, en general apenas han superado el nivel artesanal.

El Grupo de Investigación E09-04 de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad de Murcia asumía el profundizar en las posibilidades de desarrollo de estas elaboraciones, a través de un más extenso conocimiento de la composición y características de la producción de diversos cultivares en estudio. Junto con la experimentación tecnológica de diferentes elaborados derivados del *Chaenomeles* constituyó la tarea que le fue encomendada en el Proyecto de la CE ya citado.

Abordar estos trabajos ha trascendido más allá de los resultados que aquí se recogen, pues la presente Memoria constituye una parte significativa de la tarea realizada, concretamente en la que más activamente la autora ha participado.

Valorar las condiciones adecuadas para la cosecha de la fruta es uno de los aspectos importantes para la obtención de una producción de calidad y para optimizar el comportamiento postcosecha y conservación durante el almacenamiento de la producción. En gran parte, en función de lo acertado que sea el momento de la cosecha y su tratamiento, mayor será la calidad que se obtenga y mejores los diferentes productos que se deriven de su transformación industrial, o incluso cuando pudieran ser empleados como fuente de algunos ingredientes de interés técnico y económico.

Indudablemente, para ello se requiere un conocimiento de la composición química y las distintas características físico-químicas de esta “nueva” especie vegetal y su evolución durante el crecimiento de los frutos, y dado que no es comestible en estado natural más podríamos hablar de estados de madurez técnica difíciles de concretar. También es importante la información relativa a su composición para posteriores estudios nutricionales o de posibles valores funcionales. Algunos de sus componentes tienen efectos más o menos relacionados directamente con la percepción sensorial o con potenciales beneficios para la salud humana (Esti *et al.*, 1997; Miller *et al.*, 1986).

La autenticidad de la composición de productos secundarios de interés, como zumos, mermeladas, etc., además también demanda un conocimiento de las peculiaridades de las diversas especies.

Al considerar los objetivos perseguidos con este trabajo, podrían concretarse en los siguientes:

1. Características físico-químicas del fruto y zumo de *Chaenomeles* sp.
2. Estudio comparativo de diferentes variedades genéticas de *Chaenomeles*.
3. Evolución de los parámetros físico-químicos del fruto y su zumo durante el desarrollo fisiológico del fruto.
4. Evolución de los parámetros físico-químicos del fruto y su zumo durante el almacenamiento en distintas condiciones de refrigeración.
5. Efecto de factores medioambientales como diferentes campañas o diferentes zonas geográficas de producción sobre la composición del zumo de *Chaenomeles*.

⁽¹⁾Centros públicos de investigación de países bálticos:

- Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Crop Science. Balsgård, Kristianstad (Suecia)
- Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Crop Science. Alnarp (Suecia)
- University of Helsinki. Department of Applied Biology. Helsinki (Finlandia)
- Dobeles Horticultural Plant Breeding Experimental Station. Dobeles (Letonia)
- Lithuanian Institute of Horticulture. Babtai, Kaunas region (Lituania)

⁽²⁾Industrias alimentarias:

- Kiviks Musteri. Kivik (Suecia)
- Cerealia Utveckling. Malmö (Suecia)

⁽³⁾Proyecto de investigación:

Japanese Quince (*Chaenomeles japonica*)- A New European Fruit Crop for Production of Novel Juice, Flavour and Fibre. FAIR5-CT97-3894 de la CE.

⁽⁴⁾Otros Centros de investigación europeos:

- Institut National de la Recherche Agronomique. Unité de Recherche sur les Polysaccharides, leurs organisations et interactions. Nantes (Francia).
- Universidad de Murcia. Departamento de Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología. Murcia (España)

III. MATERIAL Y MÉTODOS

III.1. MATERIAL VEGETAL

Las plantas de *Chaenomeles* cuyas muestras son estudiadas en esta Tesis, han sido cultivadas en las instalaciones agrícolas experimentales de los siguientes organismos de investigación científica: Balsgård-Department of Horticultural Plant Breeding, de la Swedish University of Agricultural Sciences en Suecia (S), Department of Plant Biology, University of Helsinki en Finlandia (F) y Dobeles State Horticultural Plant Breeding Experimental Station en Letonia (L).

De las cuatro especies conocidas del género *Chaenomeles* nativas de China, Tíbet y Japón, *Chaenomeles japonica* es la mejor adaptada al clima del Norte de Europa, dedicándosele un estudio más amplio en esta memoria de tesis.

Los diferentes genotipos objeto de estudio se seleccionan en estos Centros, donde se realiza un muestreo representativo de la población. Una vez recibidos se procede a su tratamiento con el propósito de analizarlos, determinando sus características y composición según el proceso descrito más adelante.

Las muestras se recogen en un supuesto estado de madurez comercial, determinado en los lugares de origen y fijado por características físicas propias de los

frutos de este tipo, principalmente, el color marrón de las semillas, la piel amarilla y - para algunas especies- una película grasa pegajosa sobre la superficie. Excepcionalmente, un grupo de muestras se recogen cuatro y dos semanas previas a al estado de madurez comercial, con el fin de estudiar la evolución en este período.

Se estudian un total de cincuenta y cuatro genotipos diferentes, todos del género *Chaenomeles*, entre los cuales se encuentran muestras pertenecientes a cuatro especies distintas y a un híbrido entre dos de ellas, como queda reflejado en las Tablas III.1.1. y III.1.2.

En la Tabla III.1.3. aparece un resumen de los lugares de muestreo de los frutos y el origen genético de las plantas utilizadas. Las letras C, D, F, NV y RG, representan distintos puntos de muestreo en los campos donde las plantas fueron cultivadas y de donde fueron tomados los frutos. El suelo de las distintas parcelas es diferente; el suelo de NV es más arenoso que los de D y RG, que son más arcillosos.

Dos de los genotipos (RG 2-43, RG 2-30) son híbridos de las especies *japonica x speciosa*, como se menciona en el apartado de descripción botánica (I.2.1).

Las muestras han sido recibidas a lo largo de cuatro años consecutivos (1998-2001). Cada año se recolectan un número variable de genotipos, llevándose a cabo distintos estudios ,tal como se expone en el esquema de la Figura III.1.1.

* Campaña de 1998: se reciben 15 genotipos de Suecia y 3 de Finlandia.

* Campaña de 1999: se reciben 13 genotipos de Suecia y 3 de Finlandia. Una parte de los frutos se procesa y analiza a su llegada y otra parte se mantiene en refrigeración a 5 °C y 80 % H.R. durante 3, 6 y 9 semanas.

* Campaña de 2000: se reciben 28 genotipos de Suecia y 4 de Finlandia.

* Campaña de 2001: se reciben 23 genotipos de Suecia, 3 de Letonia y 9 de Finlandia.

Tabla III.1.1. Tabla resumen: genotipos estudiados, campañas, país, y estudio realizado

Especie	Genotipo	Años de recolección	País	Estudio realizado
<i>C. japonica</i>	NV 14-73	1998, 1999	S	1,2
<i>C. japonica</i>	NV 15-2	2000	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 15-97	1998	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 16-73	2000	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 17-18	1998, 2000	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 17-21	2000	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 18-34	1998	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 19-27	1998	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 19-44	1998, 2000	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 19-64	1998, 2000	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 19-100	2000	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 19-108	1998, 2000	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 20-80	2000	S	1
<i>C. japonica</i>	NV 23-5	2000	S	1
<i>C. japonica</i>	RG 1-27	1999	S	1,2
<i>C. japonica</i>	RG 6-104	1998, 1999, 2000, 2001	S	1,2,3
<i>C. japonica</i>	RG 6-111	1999, 2000, 2001	S	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	RG 6-132	1999, 2000, 2001	S	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	RG 7-50	1999, 2000, 2001	S	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	RG 7-69	1999, 2000, 2001	S	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	RG 8-22	1998,1999, 2000, 2001	S	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	RG 8-25	1999, 2000, 2001	S	1,2,3,4

Tabla III.1.1. Continuación

Especie	Genotipo	Años de recolección	País	Estudio realizado
<i>C. japonica</i>	D 3-122	1998, 2000, 2001	S	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	D 5-96	1999, 2000, 2001	S	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	D 6-94	1998, 1999, 2000, 2001	S	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	D 10-19	1998, 1999, 2000, 2001	S	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	F93004	2000	F	1
<i>C. japonica</i>	F93010	2001	F	1,3
<i>C. japonica</i>	F93014	2001	F	1,3
<i>C. japonica</i>	F93016	1998, 1999, 2000, 2001	F	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	F93018	1998, 1999, 2000, 2001	F	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	F93026	2001	F	1,3
<i>C. japonica</i>	F93042	1998,1999, 2000, 2001	F	1,2,3,4
<i>C. japonica</i>	C 9	2001	S	1
<i>C. japonica</i>	C 13	2001	L, F, S	1
<i>C. japonica</i>	C 14	2001	S	1
<i>C. japonica</i>	C 20	2001	L, F, S	1
<i>C. japonica</i>	C 23	2001	S	1
<i>C. japonica</i>	C 25	2001	L, F, S	1
<i>C. japonica</i>	C 26	2001	S	1

Tabla III.1.2. Otras especies estudiadas

Especie	Genotipo	Años de recolección	País	Estudio realizado
<i>C. speciosa</i>	RG 1-8	2000	S	1
<i>C. speciosa</i>	RG 1-157	2000	S	1
<i>C. speciosa</i>	RG 4-80	1998, 2000	S	1
<i>C. speciosa</i>	RG 4-83	2000	S	1
<i>C. cathayensis</i>	RG 4-109	2000, 2001	S	1
C. cathayensis	RG 4-121	1998, 2000, 2001	S	1
<i>C. cathayensis</i>	RG 4-125	2000, 2001	S	1
<i>C. x superba</i>	RG 2-30	2000	S	1
<i>C. x superba</i>	RG 2-43	1999, 2000	S	1,2

Tabla III.1.3. Lugares de muestreo de los frutos y origen genético de las plantas estudiadas

Lugar	País	Especie	Origen de las semillas
NV	Suecia	<i>C. japonica</i>	Campo, cruzamiento, Babtai, Lituania
RG	Suecia	<i>C. japonica</i>	Campo, polinización abierta, Dobeles, Letonia
RG	Suecia	<i>C. japonica</i>	Campo, polinización abierta, Babtai, Lituania
D	Suecia	<i>C. japonica</i>	Campo, polinización abierta, Babtai, Lituania
F	Finlandia	<i>C. japonica</i>	Campo, polinización abierta, Dobeles, Letonia
C	Letonia	<i>C. japonica</i>	Campo, polinización abierta, Dobeles, Letonia
RG	Suecia	<i>C. speciosa</i>	Jardín botánico, polinización abierta, Praga
RG	Suecia	<i>C. cathayensis</i>	Jardín botánico, polinización abierta, Praga
RG	Suecia	<i>C. superba</i>	Campo, polinización abierta, Dobeles, Letonia
RG	Suecia	<i>C. superba</i>	Jardín botánico, polinización abierta, Stuttgart, Alemania

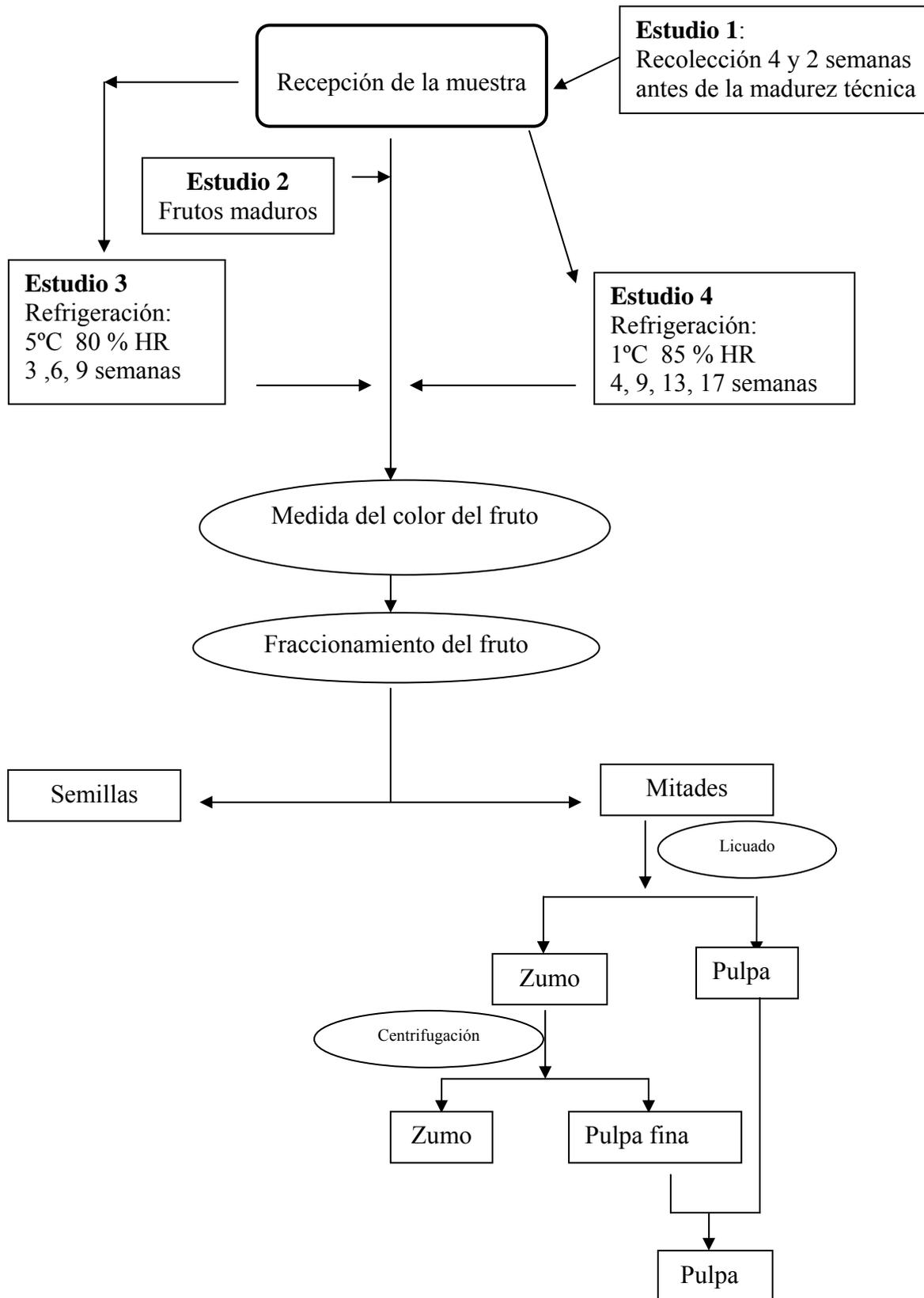


Figura III.1.1. Esquema de trabajo

De los nueve genotipos de Finlandia, una cantidad ha sido recolectada a las 4 y 2 semanas antes de su óptimo estado de maduración y otra cantidad en su momento de maduración. De estos últimos, parte se procesa en este estado y el resto se conserva durante 4, 9, 13 y 17 semanas a 1°C y 85 %H.R. De estos nueve genotipos, 4 han sido cultivados en Kärkölä (K), y el resto en otra zona geográfica, Hammaslahti (H).

De los genotipos recibidos en la campaña 2001 hay tres que han sido cultivados en los tres países de estudio.

III.2. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

El trabajo recogido en esta Tesis se agrupa en cuatro estudios diferentes, que se corresponden con los distintos tratamientos desarrollados a lo largo del periodo de vigencia del proyecto, según se describen a continuación.

III.2.1. Estudio 1: Caracterización del fruto durante su desarrollo fisiológico

Para llevar a cabo este estudio se utilizan nueve genotipos de Finlandia recolectados en la campaña de 2001. Como se indica en el apartado anterior, a este fin, estos genotipos se cosechan 4 y 2 semanas antes de su estado de madurez comercial.

III.2.2. Estudio 2: Caracterización del fruto maduro

Se trata de obtener la caracterización del fruto fresco, por lo que éstos se procesan y analizan en su estado de madurez comercial. Este estudio se lleva a cabo con frutos de las campañas:

-1998 (15 genotipos procedentes de Suecia y 3 de Finlandia)

-1999 (13 genotipos procedentes de Suecia y 3 de Finlandia).

-2000 (28 genotipos procedentes de Suecia y 4 de Finlandia)

-2001 (9 genotipos procedentes de Finlandia)

III.2.3. Estudio 3: Evolución durante la conservación frigorífica a 5 °C

Los frutos se mantienen en refrigeración a 5 °C y 80 % HR durante 3, 6 y 9 semanas, para la caracterización de los mismos en distintos períodos de conservación frigorífica, con el fin de estudiar su evolución.

Este estudio se lleva a cabo con frutos de la campaña del 1999 (13 genotipos procedentes de Sueca y 3 de Finlandia).

III.2.4. Estudio 4: Evolución durante la conservación frigorífica a 1 °C

Los frutos se procesan y analizan a las 4, 9, 13 y 17 semanas de conservación a 1 °C y 85% H.R. Este estudio se lleva a cabo con nueve genotipos de Finlandia recibidos de la campaña de 2001.

Del conjunto de los cincuenta y cuatro genotipos, 7 de ellos se han recibido durante los cuatro años, mientras otros 13 lo han sido en tres campañas, lo que permite poder comparar a su vez el efecto de la campaña.

Codificación de las muestras.- En el desarrollo del trabajo las muestra aparecen codificadas con una clave que facilita la rápida identificación y resume las características que la definen (país de origen, año de recolección, tipo de estudio al que se ha sometido...).

Algún ejemplo de codificación puede ser:

RG4-109*00-S(*cat*)

F93026*01-K-F-4

La clave utilizada se describe detalladamente a continuación:

1° Hasta que aparece el asterisco hay una combinación de letras y números que son el código establecido en el país de origen.

A partir del asterisco:

2° Dos dígitos que significan el año de muestro: 98, 99, 00, 01 que corresponden a 1998, 1999, 2000 y 2001, respectivamente.

3° (Sólo en los casos de almacenamiento frigorífico) Aparece un número 3, 4, 6, 9, 13 ó 17, que significa que la fruta ha estado almacenada a 5 °C durante 3, 6 ó 9 semanas, ó a 1 °C durante 4, 9, 13, ó 17 semanas.

4° (Sólo en algunos casos pertenecientes a genotipos de Finlandia) Aparece una letra, que puede ser K o H, y significa la zona de cultivo dentro de Finlandia (Kärkölä o Hammaslahti).

5° Las letras S, F, L significan el país de origen, Suecia, Finlandia o Letonia, respectivamente.

6° (Sólo en los casos del estudio del desarrollo fisiológico) Se registra un dígito, 2 o 4, y significa que la fruta ha sido recolectada 2 ó 4 semanas previas al estado de madurez comercial.

7° (Sólo en los casos en que la especie no es *C. japonica*) Aparece entre paréntesis unas letras que indican la especie a la que pertenecen esos genotipos (*cat*= *C. cathayensis*, *spec*= *C. speciosa*, y *x sup*= *C. x superba*).

III.3. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

El primer control que se realiza a los frutos es la medida del color de su superficie. Con los frutos frescos y sanos de *Chaenomeles*, se procede a la obtención del zumo, la pulpa y las semillas que se emplearán en los respectivos análisis. Los frutos son partidos por la mitad con objeto de poder separar las semillas manualmente. Las mitades son reducidas a trozos más pequeños para facilitar su licuado en un equipo doméstico. Posteriormente, el zumo se centrifuga para separarlo de la pulpa fina en suspensión, que se une a la pulpa gruesa obtenida en el licuado.

De este modo, y según queda reflejado en la Figura III.1.1., se obtienen las distintas fracciones para su posterior análisis.

En el zumo recién extraído, y antes de congelarlo a -18°C , se lleva a cabo la determinación del contenido de vitamina C.

Las muestras de zumos que se van a analizar por cromatografía, previamente a ser inyectadas en el cromatógrafo son centrifugadas a 14000 r.p.m., durante 5 minutos.

En el caso de los frutos seleccionados para los estudios 3 y 4, se almacenan directamente al recibirlos, en la cámara frigorífica correspondiente. En su debido momento las muestras se procesan de modo similar al resto.

III.4. MÉTODOS ANALÍTICOS

A continuación se exponen los métodos analíticos utilizados en la caracterización fisico-química de los frutos y del zumo.

III.4.1. Técnicas analíticas de caracterización física del fruto

III.4.1.1. Determinación del color

El color de un objeto puede medirse por distintos sistemas (Clydesdale, 1978; Francis, 1980; Hunter y Harold, 1987; Minolta, 1994). Los métodos triestímulos de CIE (Commission Internationale de L'Eclairage) y el sistema similar de Hunter son de gran importancia entre las medidas instrumentales de color. Según los conceptos de CIE, el ojo humano tiene tres receptores de color (rojo, verde y azul) y todos los colores son una combinación de éstos. Entre las notaciones más comúnmente utilizadas en este caso hemos utilizado el espacio de color CIE L^{*} a^{*} b^{*} elaborado en 1976 para proporcionar diferencias de color más uniformes en relación con las diferencias que proporciona el ojo humano.

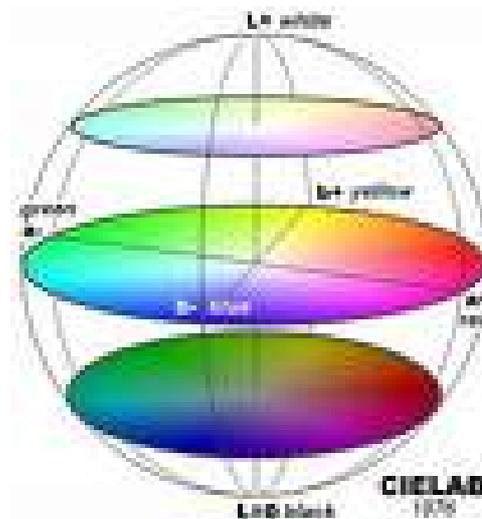


Figura III.4.1.1.1. Espacio de color CIELab (Abbott, 1999)

Para las medidas del color se utiliza un colorímetro portátil Minolta Chroma Meter II Reflectance, CR 200/08; se trata de un analizador compacto triestímulo. Las medidas se expresan en coordenadas L^{*}, a^{*}, b^{*} del sistema CIELab (CIE, 1976), con la

ventaja de la reducida área de medida, de 8 mm de diámetro, lo que permite adaptarse al tamaño y forma del fruto para una mayor exactitud del valor obtenido.

La elección de este tipo de expresión de los datos es por fidelidad respecto a la sensibilidad humana del color, donde L representa valores para la variable luminosidad, a y b son las coordenadas de cromaticidad que nos permiten situar un punto en el espacio colorimétrico.

La coordenada L* corresponde a la luminosidad de la muestra que va del negro al blanco en una escala de 0 a 100. A partir de las coordenadas de cromaticidad a* y b* se calcula el matiz y la saturación (los otros dos componentes del color); los valores de la coordenada a* están asociados al color rojo si es positiva (0 a 60) y al verde si es negativa (-60 a 0), mientras que la coordenada b* corresponde al color amarillo si es positiva (0 a 60) y azul si es negativa (-60 a 0). El aparato se calibra al inicio de cada sesión de medidas con las cartas o patrones homologados. Las mediciones se realizan conforme al manual e instrucciones de uso.

El objetivo del colorímetro se aplica en la superficie lisa y regular de la piel del fruto, en tres zonas distintos para conseguir una representatividad de los datos por unidad de fruto analizado.

III.4.1.2. Determinación del peso medio

Para todos los genotipos estudiados, la determinación de peso medio se calcula a partir de la suma de los pesos unitarios dividido por el número total de los frutos. Este valor se correlaciona posteriormente con otros parámetros físico-químicos y se estudia su evolución en la conservación por refrigeración. Para la determinación del peso fresco de los frutos se emplea una balanza con una sensibilidad de 0.01 g. Los datos, expresados en gramos, se anotan con dos cifras decimales.

III.4.1.3. Determinación del contenido de zumo, pulpa, sólidos insolubles y semillas

Una vez realizada la operación de licuado, y con el tarado previo de cada recipiente, se obtiene, por diferencia de pesada, el contenido en zumo bruto, pulpa fresca y semillas.

Con posterioridad a la centrifugación del zumo a 5000 r.p.m. x 10 min se obtiene, por gravimetría, la cantidad de sólidos insolubles que, como pulpa fina, es añadida a la fracción de pulpa total.

Así pues, el porcentaje de zumo se refiere al zumo libre de pulpa y el porcentaje de pulpa viene dado por la suma de la pulpa obtenida tras el licuado y la cantidad de sólidos insolubles o pulpa fina obtenida tras la centrifugación.

III.4.2. Técnicas analíticas de caracterización físico-química del zumo

III.4.2.1. Determinación del pH

Las medidas de pH se realizan en el zumo a temperatura de 20 °C, empleando un pH-metro digital calibrado con soluciones tampón de pH=4.00 y pH=7.02.

III.4.2.2. Determinación de la densidad

La determinación de la densidad (d) en las muestras se lleva a cabo a temperatura de 20 °C con un areómetro de 1,000-1,060 g/ ml, con sensibilidad de 0,001. Se introduce en una probeta una cantidad de muestra que permita flotar al densímetro sin tocar las paredes ni el fondo de la misma. La medida de la densidad se toma directamente de la escala del densímetro cuando éste se haya detenido.

III.4.2.3. Determinación de la viscosidad

Las medidas de viscosidad del zumo se realizan con un viscosímetro capilar tipo Ostwald-Canon-Fenske (Proton). El rango de medida del viscosímetro se selecciona en función de la mayor o menor viscosidad de la muestra a analizar. En el caso del zumo de *Chaenomeles* el viscosímetro tamaño 100 resulta adecuado.

El zumo (6 ml) se introduce en el viscosímetro previamente inmerso en un baño termostático con agua a 40 °C. Allí se mantiene durante cinco minutos (tiempo suficiente para que el zumo alcance 40 °C) y se procede a realizar la medida del tiempo que tarda el zumo en atravesar los dos enrasos del viscosímetro. El tiempo de caída expresado en segundos (t), multiplicado por la constante del viscosímetro a la temperatura de la muestra (K) y por la densidad del zumo (d), corresponde a la medida de la viscosidad del zumo expresada en centipoises (cP):

$$\text{Viscosidad}(cP) = K * t * d$$

III.4.2.4. Determinación del contenido en vitamina C

El método para la determinación en zumo de *Chaenomeles*, ampliamente utilizado, se basa en la reducción de 2,6-diclorofenol-indofenol sódico, coloreado, a su forma reducida, incolora, por efecto del ascorbato que se oxida a dehidroascorbato.

La medida de la vitamina C del zumo de *Chaenomeles* en cada uno de los genotipos se realiza inmediatamente después de la operación de licuado de los frutos.

Se valoran 2 ml de zumo adicionados de 5 ml de disolución ácida (30 g de ácido metafosfórico y 80 ml de ácido acético glacial/ l agua) hasta color rosa débil permanente, con disolución acuosa de 2,6-diclorofenol-indofenol (250 mg de 2,6-diclorofenol-indofenol, sal sódica dihidratada, y 210 mg de bicarbonato sódico/ l agua).

Se toma como patrón, para posteriormente realizar los cálculos, una disolución de 50 mg de ácido ascórbico en 100 ml de agua.

III.4.2.5. Determinación de la acidez valorable

La metodología seguida es una titulación por potenciometría con álcali (Oficial Methods of Analysis, 1990). Se valoran 20 ml de muestra con NaOH 1M hasta pH en torno a 6 controlado con pH-metro. Se continúa la valoración con NaOH 0.05 M -con cautela- hasta pH 8,1.

El cálculo se realiza mediante la fórmula:

$$Acido(g/l) = \frac{(N_{NaOH} * V_{NaOH} * Pm_{ácido})}{(V_{muestra} * Val_{ácido})}$$

Dado que esta fruta tiene un elevado contenido en ácido málico, la expresión de los resultados es en contenido de ácido málico presente en el zumo.

III.4.2.6. Determinación de los sólidos solubles

Como los azúcares son los componentes mayoritarios en el zumo de la fruta, el análisis de sólidos solubles puede utilizarse como un estimador del contenido en azúcares en la muestra (Mitcham y Kader, 1995).

La técnica más común de medición de este parámetro, basada en la refractometría, requiere de instrumentos relativamente baratos. Para la determinación de los sólidos solubles (°Brix) del zumo de *Chaenomeles*, se ha empleado un refractómetro manual Atago de escala 0 a 32 °Brix. El calibrado de este aparato se realiza con agua destilada a 20 °C (temperatura de medida de las muestras) ajustando a 0 °Brix.

El método incluye los siguientes pasos:

- 1) Corte de la fruta e introducción en la licuadora.
- 2) Del zumo obtenido se toma una muestra con la pipeta Pasteur para depositarlo, en forma de gotas, sobre el prisma del refractómetro.

3) Medición a través del ocular, ajustando la sombra en el punto medio de la cruz para leer en la escala numerada superior el índice de refracción.

4) Conversión del índice de refracción a la medición estándar de 20°C utilizando una tabla de conversión ya estipulada. El valor leído se anota en grados Brix.

Esta determinación constituye un índice principalmente del contenido de azúcares solubles en cada estado de maduración, siendo un indicador de modificaciones químicas o bioquímicas a lo largo del proceso vegetativo de desarrollo del fruto, como ocurre por ejemplo en la manzana (Hulme, 1958).

III.4.2.7. Determinación de compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos se determinan por el método de Singleton y Rossi (1965), según el cual la medida viene dada por la lectura de la absorbancia a 630 nm. A una mezcla de 1ml de zumo con 5 ml de disolución de Na₂CO₃ (al 2 % en NaOH 0.1M), transcurridos quince minutos, se le adiciona el reactivo de Folin-Ciocalteu. Tras veinte minutos, se mide la absorbancia en espectrofotómetro. La recta de calibrado se obtiene utilizando fenol como patrón de referencia.

III.4.2.8. Determinación de la turbidez

El principio de operación de la determinación de turbidez por sistema óptico es nefelométrico, basado en una lámpara de tungsteno con lentes y aperturas de haz luminoso, un detector a 90° y un forward-scatter que detecta la luz dispersada. Para las medidas se dispone de un turbidímetro de la marca *HACH* modelo 2100 N, con tubos portamuestras de 30 ml. Aunque la legislación española utiliza las KTU o unidades de Kerstesz de turbidez, las unidades empleadas en este estudio son NTU (unidades nefelométricas de turbidez), ya que su uso es más sencillo y existen estudios en los que

se obtienen modelos matemáticos que correlacionan ambas unidades (Collado-Fernández M. *et al.*, 2000).

III.4.2.9. Determinación de los azúcares

El contenido de azúcares del zumo se determina por HPLC utilizando una columna Interaction CHO-682 (0.78 cm diámetro x 30 cm largo). Como eluyente se utiliza agua de alta calidad y detector de índice de refracción (RID). La temperatura constante de la columna es 70°C y el flujo es isocrático de 0.4 ml/min (Hellín *et al.*, 2001).

III.4.2.10. Determinación de los ácidos orgánicos

La determinación de los ácidos orgánicos en el zumo se realiza por un método de cromatografía líquida empleando una columna Interaction ORH-801 (0.65 cm diámetro x 30 cm largo), utilizando como eluyente ácido sulfúrico 5 mM. Se utiliza el detector de índice de refracción (RID). La temperatura de la columna es de 35 °C con un flujo isocrático de 0.6 ml/min (Hellín *et al.*, 2001).

III.4.2.11. Determinación de aniones y cationes

Aniones y cationes son determinados por HPLC. Los cationes son separados en una columna IonPac CS Dionex. Como eluyente se utiliza una gradiente de agua/metanol-ácido sulfónico. Para la separación se utiliza un flujo de 1ml/min y la temperatura de la columna es de 35°C. Se utiliza un detector de conductividad. Los aniones son separados en una columna IonPac AS (Dionex, Sunnyvale, CA, USA). Como eluyente se utiliza una gradiente de carbonato de sodio/ bicarbonato de sodio. Para la separación se utiliza un flujo de 1,5 ml/min y la temperatura de la columna es de 35°C. Se utiliza un detector de conductividad.

III.4.3. Técnicas analíticas para caracterización de las semillas

III.4.3.1. Determinación de la humedad

Para obtener el valor de humedad de las semillas se recurre a la medida de la pérdida de peso que sufren las mismas sin triturar, tras someterlas a deshidratación en estufa de circulación forzada, a una temperatura de 105°C.

Se toma un platillo de vidrio desecado previamente (a 105 °C, 2h). Una vez enfriada la placa en el desecador, se pesa (P_p) y se tara la balanza. Se pesan con exactitud unos 5 g de semillas (P_m) y se introducen en la estufa a 105 °C durante 24 h. Se pasa la placa que contiene la muestra deshidratada al desecador, donde se enfría y se pesa (P_f) para realizar los cálculos.

$$\%Humedad = \frac{[(P_p + P_m) - P_f]}{P_m} * 100$$

III.4.3.2. Determinación del porcentaje de aceite

El contenido en aceite de las semillas se determina en un aparato tipo Soxhlet por extracción con éter de petróleo 40-60°, como disolvente de grasas. La medida se realiza a partir de una muestra previamente deshidratada, ya que esta operación facilita la extracción -y por tanto la posterior determinación gravimétrica- al debilitar las uniones de la grasa con el agua, los hidratos de carbono y las proteínas.

Se utiliza como disolvente el éter, que por el calor de la placa del extractor se volatiliza, y por efecto del agua refrigerante se vuelve a condensar cayendo sobre la muestra y extrayendo la grasa.

Para la determinación se procede del siguiente modo: se pesan 2 g de muestra deshidratada y triturada, en una balanza con una sensibilidad de 0,0001g, y se introducen en un cartucho de extracción. Seguidamente se pesa una taza de extracción (P_i), previamente desecada y enfriada en un desecador a temperatura ambiente, y se

vierten en ella 75 ml de éter petróleo 40-60°, situándola en la unidad de extracción del equipo (Tekator, Soxhlet System HT2, Höganäs, Suecia) provista de una placa calefactora. Encima de la taza, dentro del cuerpo extractor, se coloca el cartucho de celulosa con la muestra.

El cartucho, en una primera fase, permanecerá en el interior de la taza a 80 °C durante 40 minutos. Transcurrido este tiempo, se saca fuera de la taza, continuando el proceso de extracción durante 45 minutos a 100 °C. Por último, se cierra el circuito del disolvente y se abre el circuito auxiliar de aire durante 10 minutos para evaporar los restos de éter.

Acabada la extracción, se introduce nuevamente la taza en la estufa a 105 °C durante 30 minutos. Posteriormente se enfría en un desecador a temperatura ambiente. Finalmente, se pesa la taza con el extracto de grasa (Pf).

El contenido en grasa de la muestra, expresado en porcentaje en materia seca se calcula del siguiente modo:

$$\%GIMS = \left(\frac{(P_f - P_i)}{P_m} \right) * 100$$

y para expresarlo en porcentaje de materia húmeda se utiliza la ecuación:

$$\%GIMH = \frac{(\%GIMS * (100 - \%H))}{100}$$

III.4.3.3. Determinación de los ácidos grasos del aceite

El procedimiento seguido es el siguiente: se pesan 2 g de muestra en tubo de centrífuga y se le añade 35 ml de cloroformo:metanol (2:1). Se homogeniza la mezcla hasta conseguir una solución uniforme en homogenizador Ultra-turrax (T25, IKA Labortechnik, Stufen, Alemania) y se centrifuga (20', 3500 r.p.m.). Se recoge el sobrenadante (transparente) en un embudo de decantación al que se añaden 25 ml de

NaCl (0,58 % p/v), se agita bien y se deja en decantación 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo se filtra la fase que contiene la grasa y el disolvente, y éste se elimina en un rotavapor Büchi RE111 adaptado a una bomba a vacío MZ 2C.

Tras eliminar el disolvente se procede a la derivatización de los ácidos grasos. Para esto, se pesa la muestra de grasa junto con el patrón interno (ácido pentadecanoico) en un matraz esférico y se le adiciona metilato sódico 0.2 N. Se calienta a reflujo durante 5 minutos en un hornillo de manta adaptando un tubo recto de reflujo al matraz, hasta la formación de una sola fase. Se deja enfriar y se añade una disolución al 3 % de ácido sulfúrico en metanol seco, calentando a ebullición 5 minutos. Tras esperar a que se enfríe, se añade n-hexano agitándolo muy bien y calentándolo suavemente 1 ó 2 minutos para favorecer la disolución de los ésteres en dicho disolvente. Se deja enfriar el contenido y se vierte en un matraz aforado mezclándolo con una disolución sobresaturada de cloruro sódico hasta la separación de dos fases claramente diferenciadas, recogiendo la fase superior orgánica transparente que contiene los ésteres metílicos disueltos en el hexano. Seguidamente se procede a la inyección en el cromatógrafo de gases.

El equipo utilizado es un cromatógrafo de gases Hewlett Packard modelo 5890 serie II plus equipado con un detector de ionización de llama (FID). La separación de lleva a cabo en una columna capilar BPX70 (70% cianopropil polisilfenileno-siloxano) de 30 m de longitud, 0,25 mm de diámetro interno y 0,25 μ de espesor de fase película. El gas portador utilizado es helio, siendo el flujo en la columna de 1ml/min. Las temperaturas del inyector y detector son 250 °C y 280 °C, respectivamente.

El programa de temperatura del horno utilizado es el siguiente: a partir de una temperatura inicial de 80 °C se hizo una rampa de 30°C por minuto hasta alcanzar los 155°C. Posteriormente, la temperatura del horno se eleva hasta 205 °C con un incremento de 5 °C por minuto. La programación de la temperatura se continúa con otra rampa de 0,1 °C por minuto manteniéndose durante 15 minutos. El tiempo total de análisis fue de 60 minutos.

La identificación de cada uno de los ésteres metílicos de los ácidos grasos se lleva a cabo mediante la inyección de la muestra en un cromatógrafo de gases HP acoplado a un espectrofotómetro de masas (Hewlett Packard 5972), como sistema de detección, utilizando las mismas condiciones anteriormente descritas. La identificación se realizó mediante comparación con los tiempos de retención de los patrones de referencia, Sigma (éster metílico del ácido laurico L-7272, éster metílico del ácido mirístico M-3378, éster metílico del ácido palmítico, P-5177, éster metílico del ácido esteárico S-5376, éster metílico del ácido palmitoléico P-6087, éster metílico del ácido oléico O-4754, éster metílico del ácido linoléico L-1876, éster metílico del ácido linolénico L-262, éster metílico del ácido araquidónico A-6507).

Los ésteres metílicos de los ácidos grasos fueron cuantificados usando el éster metílico del ácido pentadecanoico (Sigma, P-6250), como estándar interno y a partir de las rectas de calibrado de cada ácido graso.

Todos los ácidos grasos presentaron una respuesta lineal en todas las concentraciones estudiadas. La integración de los ácidos grasos se llevó a cabo mediante el equipo de integración PC Pack Integration (Konton Instrumentes, S.A, Madrid, España). Los resultados fueron expresados en porcentaje del total de ácidos grasos metil ésteres determinados en cada muestra.

III. 5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizó el programa estadístico SPSS 11.0 (Statistical Package for the Social Science para Windows).

El efecto de la campaña, de la variedad y del país donde se cultivan, sobre los distintos parámetros evaluados se ha determinado mediante análisis de la varianza. El análisis de la varianza estima el estadístico F de Snedecor para contrastar la hipótesis nula de igualdad de medias en los distintos grupos. Dicho estadístico, compara la

variabilidad debida a las diferencias entre grupos con la debida a las diferencias dentro de los grupos.

Las correlaciones entre dos o más variables son obtenidas mediante el procedimiento de Correlaciones Bivariadas, utilizándose, el coeficiente de correlación de Pearson, entendiéndose que la correlación es estadísticamente significativa cuando $P < 0,05$.

Debido al tipo de muestreo realizado, y a que se trata de una investigación experimental de campo sometida a las imprevisibles variaciones de la naturaleza, no se ha obtenido el suficiente número de casos para que al ejecutar dicho programa ofreciera datos coherentes.

Por tanto los, datos que se ofrecen en esta memoria de Tesis están agrupados y estudiados por especies, años, y países, ofreciéndose en cada caso el valor medio más menos la desviación estándar cuando son datos tabulados, y el valor medio más menos el error típico de la media cuando son datos mostrados en gráficas.

En cualquier caso, aunque actualmente se están desarrollando muy buenos métodos estadísticos para combinar los resultados de muchas medidas y dar todo tipo de algoritmos, de acuerdo con Abbot (1999), nunca se puede sustituir los análisis estadísticos por el conocimiento y juicio de los investigadores.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los objetivos de esta Memoria está la caracterización físico-química del fruto de *Chaenomeles*, con el fin de tener un conocimiento completo del mismo y poder así aprovechar todo su potencial.

A lo largo de esta Tesis se llevan a cabo distintos estudios que nos conducen al conocimiento del mismo y su evolución en función de diversos parámetros interesantes desde el punto de vista de la producción, desarrollo y conservación. Sigue a continuación una exposición de estos estudios que, como se indica en el capítulo de Material y Métodos, consisten en la caracterización físico-química del fruto a lo largo del desarrollo fisiológico y hasta su conservación frigorífica.

El período de crecimiento y desarrollo del fruto es interesante estudiarlo y conocerlo, no sólo desde el punto de vista fisiológico, sino también económicamente, ya que el desarrollo del fruto, como apuntan Pérez-Ilzarbe y Hernández (1997), afectará a su comportamiento postcosecha.

Para realizar este trabajo es fundamental tener en cuenta, como apunta Ayaz *et al.* (1997), que el material con que se trabaja es material vegetal vivo, sujeto a muy diferentes cambios fisiológicos que pueden depender de distintos y a veces impensables

factores como origen, variedades, temperaturas, estado de desarrollo..., todo esto puede explicar la variabilidad de las determinaciones y, por lo tanto, el comportamiento irregular de las muestras. No obstante, abordamos en este estudio por primera vez el análisis de muestras de frutos de unas mismas plantaciones ya desarrollados, pero desde una situación que podemos considerar inmadura.

IV.1. EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL FRUTO DURANTE SU DESARROLLO FISIOLÓGICO (Estudio 1)

En la vida de los frutos existen tres grandes etapas fisiológicas fundamentales subsiguientes a la germinación: crecimiento, maduración y senescencia, sin que a veces resulte clara una completa distinción entre ellas. El crecimiento implica la división celular y el subsiguiente desarrollo de las células que dan cuenta del tamaño final alcanzado por el fruto. La maduración fisiológica suele iniciarse antes de que termine el crecimiento e incluye diferentes actividades en los distintos productos (Tabla IV.1.1.). Al crecimiento y la maduración fisiológica suele hacerse referencia conjunta hablando de desarrollo del fruto.

Tabla IV.1.1. Cambios que pueden acaecer durante la maduración en frutos carnosos

Maduración de las semillas
Cambios de color
Cambios en la actividad respiratoria
Modificaciones en el ritmo de producción de etileno
Modificaciones en la permeabilidad de la membrana tisular
Ablandamiento: cambios en la composición de las sustancias pécticas
Cambios en los hidratos de carbono
Modificaciones en los ácidos orgánicos
Cambios en las proteínas
Producción de sustancias aromáticas
Desarrollo de cera en la piel
Abscisión

Adaptado de Pratt, 1975

En la etapa de fruto ya desarrollado pero inmaduro se inicia el muestro de los Chaenomeles aquí estudiados. Como queda expuesto en el capítulo de Material y Métodos, para este estudio se recolectan los frutos en tres ocasiones, 4 y 2 semanas antes de la madurez técnica y en el momento de su madurez técnica.

Los genotipos estudiados en este caso son los pertenecientes al Estudio 1, todos procedentes de Finlandia en la campaña del 2001.

A continuación se exponen los resultados obtenidos registrados en tablas y gráficas para facilitar la interpretación de los datos correspondientes. En todas las tablas aparecen los valores medios acompañados de la desviación estándar y las figuras están construidas a partir del valor medio, señalando en ellas y el error típico de la media.

IV.1.1. Evolución de las características del fruto

IV.1.1.1. Peso unitario

El peso medio de estos genotipos estudiados en su estado de madurez técnica es de 23.4 g.

Como se puede observar en la Tabla IV.1.1.1.I., hay un aumento medio de un 10% respecto de la 4ª a la 2ª semana previas a la recolección y del 12% del fruto maduro (M.T.= madurez técnica).

Estos cambios relativos en el peso, como índice de crecimiento, en el caso de los Chaenomeles muestran la tendencia general de muchas otras frutas, esto es, un aumento progresivo (Al-Maiman y Ahmad, 2002).

Se observan diferencias significativas entre el peso medio de los frutos en la madurez técnica y en la cuarta semana previa a la maduración, mientras que estas diferencias no son tan acusadas entre la segunda semana y el momento considerado

Tabla IV.1.1.1.1. Peso unitario (g) de los distintos genotipos

Genotipo	Recolección		
	4ª sem.	2ª sem.	M.T.
F93010*01	24.5±2.1	27.0±2.8	27.0±4.2
F93014*01	16.5±2.1	19.0±4.2	19.5±6.4
F93018*01	25.5±2.1	27.5±2.1	29.5±3.5
F93026*01	17.0±1.4	17.5±2.1	17.5±7.8
PROMEDIO	20.9±4.7	22.7±5.3	23.4±6.9

Tabla IV.1.1.1.2. Peso unitario (g) en distintas zonas de cultivo

Origen	Recolección		
	4ª sem.	2ª sem.	M.T.
Zona H	19.5±4.6	20.7±5.5	19.5±7.1
Zona K	22.3±4.9	24.7±5.1	27.3±4.4
PROMEDIO	20.9±4.7	22.7±5.3	23.4±6.9

como de madurez. En la mayoría de los casos se observa que en las dos últimas semanas el porcentaje de crecimiento es muy bajo o incluso la fruta mantiene su peso, como es el caso de algunos genotipos.

El genotipo F93026*01-H-F es el de menor peso (Anexo 1) y además presenta un porcentaje de crecimiento muy bajo, 3% desde al menos un mes antes de la maduración técnica.

El crecimiento entre la cuarta semana antes de la madurez técnica y la misma, ocurre independientemente de la zona en que está cultivado y del genotipo; no obstante la zona condiciona significativamente la magnitud del aumento de peso, siendo los genotipos cultivados en Kärkölä los que presentan un mayor peso y un mayor aumento de peso (Tabla IV.1.1.1.2.). Los frutos cultivados en la zona H, zona más al norte, mantienen prácticamente su peso. Es conocida la influencia que presenta no sólo la variedad, sino también el clima y la localización geográfica (Arthey y Ashurs, 1997).

Aunque no se pueden extraer consecuencias, ya que no se dispone de los datos de las prácticas agronómicas ni de las condiciones climatológicas en cada uno de los casos, sí cabe pensar que esa diferencia es en parte debida a la distinta edafología y climatología a la que están sometidos los frutos, observándose que los climas menos fríos dan como resultado un mayor desarrollo del fruto.

Debido a la inexistencia de literatura sobre desarrollo fisiológico de este tipo de cultivo, no podemos establecer comparaciones, por lo que el seguimiento de estos trabajos aportará, sin duda, nuevos datos de interés.

IV.1.1.2. Fracciones del fruto

En todos los casos el contenido en zumo disminuye con el desarrollo y especialmente en el momento de la última recolección (Tablas IV.1.1.2.1. y 2.). En la zona H los frutos producen mayor rendimiento de zumo y, como es lógico, con respecto a la pulpa o bagazo, el razonamiento es totalmente al contrario.

Tabla IV.1.1.2.1. Fracciones del fruto de los distintos genotipos

Genotipo	% Pulpa			%Zumo			% Semillas		
	4ª sem.	2ª sem.	M.T.	4ª sem.	2ª sem.	M.T.	4ª sem.	2ª sem.	M.T.
F93010*01	51.0±8.5	45.5±10	55.5±9.2	36.5±9.1	41.0±8.5	31.0±9.9	9.5±0.7	10.5±2.1	10.0±1.4
F93014*01	36.0±1.4	37.0±1.4	47.5±3.5	47.0±1.4	47.5±3.5	36.5±3.5	14.5±0.7	13.0±1.4	11.5±0.7
F93018*01	40.0±7.0	46.0±8.5	57.0±11	46.5±3.5	44.0±8.5	32.0±11	11.0±2.8	8.0±0.0	7.5±0.7
F93026*01	36.0±4.0	42.5±7.8	47.0±14	44.5±2.1	40.5±6.4	34.0±11	17.0±1.4	14.0±1.4	16.0±4.2
PROMEDIO	40.0±8.0	43.0±7.0	52.0±9.0	44.0±6.0	43.0±6.0	33.0±8.0	13.0±3.0	11.0±3.0	11.0±4.0

Tabla IV.1.1.2.2. Fracciones del fruto en función de la zona geográfica de cultivo

Zona cultivo	%Pulpa			%Zumo			% Semillas		
	4ª sem.	2ª sem.	M.T.	4ª sem.	2ª sem.	M.T.	4ª sem.	2ª sem.	M.T.
Zona H	37.0±5.4	38.2±1.3	49.5±10	46.5±2.6	46.7±2.4	35.0±8.1	13.7±3.7	12.2±3.1	12.3±4.9
Zona K	44.5±9.0	47.5±7.8	54.0±8.9	40.7±7.3	39.7±6.9	31.7±7.8	12.2±3.3	10.5±2.4	10.3±2.2
PROMEDIO	40.0±8.0	43.0±7.0	52.0±9.0	44.0±6.0	43.0±6.0	33.0±8.0	13.0±3.0	11.0±3.0	11.0±4.0

De acuerdo con Ackermann et al. (1992), podemos explicar este fenómeno, suponiendo que se llega a un momento en que la fase de división de las células finaliza y comienza entonces la fase de crecimiento y expansión de las mismas. Durante esta fase los metabolitos se acumulan en la célula, por lo que aumenta el peso de la materia seca.

En general el contenido en semillas disminuye, aunque en el caso del genotipo F93010 aumentan y finalmente disminuyen. El porcentaje de semillas es mayor en todos los casos en H, siendo el rango comprendido desde el principio hasta el final de 18-7 % (Anexo 1).

IV.1.2. Modificaciones físico-químicas del zumo

La maduración es el resultado de un complejo conjunto de transformaciones, muchas de las cuales son, probablemente, independientes entre sí, y se reflejan en modificaciones en las características del zumo extraído.

IV.1.2.1. pH, sólidos solubles, sólidos insolubles

pH.- El pH presenta valores muy bajos y solo aumenta un poco durante las dos últimas semanas de maduración. Esa pequeña variación se debe probablemente a la capacidad tamponante de los ácidos orgánicos del fruto.

Como puede observarse en la Figura IV.1.2.1.I.A., la variación de los valores de pH en el zumo durante el desarrollo fisiológico del fruto no sigue una tendencia regular. Al igual que en el caso del jugo de lima estudiado por Chaves *et al.* (2001), el valor del pH en frutos inmaduros no es significativamente diferente al obtenido en frutos maduros. Se observa a su vez en la misma figura que hay también un comportamiento variable en función del genotipo, aunque las diferencias entre ellos nos son estadísticamente significativas.

En la mayoría de los casos (Anexo 3), la segunda semana antes de la recolección, el pH baja respecto de la 4ª, para volver éste a aumentar ligeramente en el momento de la cosecha.

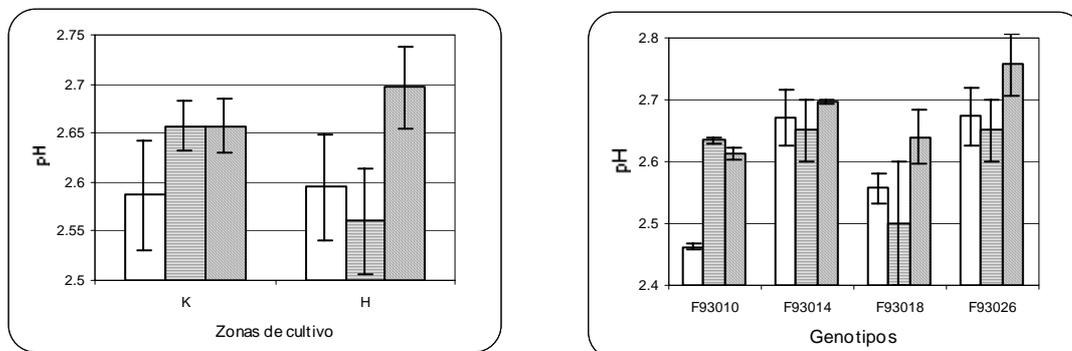
Sólidos solubles.- El zumo de *Chaenomeles* de los frutos cultivados en K presenta un valor mayor que los cultivados en H, en cuanto a la cantidad de sólidos solubles (Figura IV.1.2.1.1.B.). En cualquier caso, en general muestra un aumento a la par que el desarrollo fisiológico del fruto - de acuerdo con los resultados obtenidos por Wills *et al.*, (1990)-, alcanzando valores medios entre 8 y 9 °Brix. Este aumento se debe a que cuantitativamente, el cambio más importante asociado a la maduración de las frutas es la degradación de los carbohidratos poliméricos. Estas transformaciones tienen el doble efecto de alterar tanto el gusto, como la textura del producto, aunque no es el caso del *Chaenomeles* que todavía sigue manteniendo una dureza extraordinaria.

Los valores medios de todos los genotipos analizados son muy parecidos (el que más difiere es el F93010 con una lectura refractométrica inferior), es decir, este parámetro muestra estar menos influenciado por la genética de los frutos.

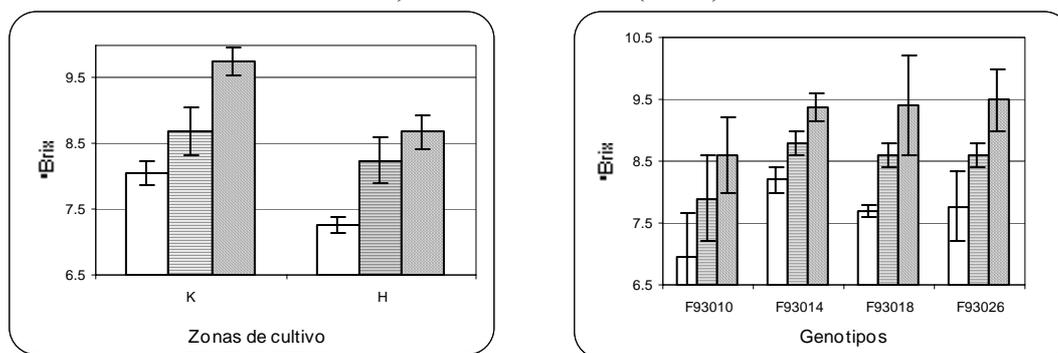
Sólidos insolubles.- En general, la evolución mostrada por el porcentaje de sólidos insolubles es similar en todos los genotipos considerados (Figura IV.1.2.1.1.C.). Al principio hay una disminución de los mismos y más adelante un posterior aumento más significativo, lo que se puede explicar por la degradación de los hidratos de carbono, que en un primer momento pasan a azúcares solubles que no dan lugar a precipitados en la centrifugación, pero posteriormente se degradan a mayor velocidad las sustancias pécticas y las hemicelulosas, formando fracciones de mayor peso molecular que los azúcares simples y de carácter insoluble.

Figura IV.1.2.1.J. A, B y C Evolución de distintos parámetros del zumo con el tiempo de recolección, en función de la zona de cultivo (K y H) y del genotipo (F93010-14-18-26)

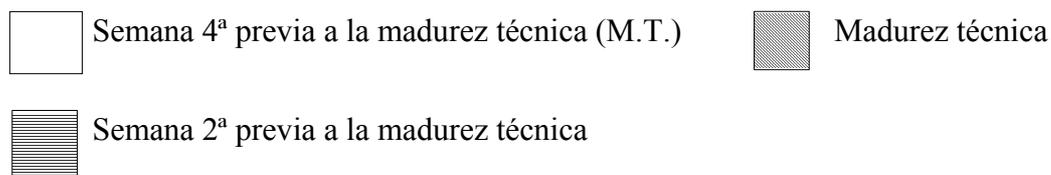
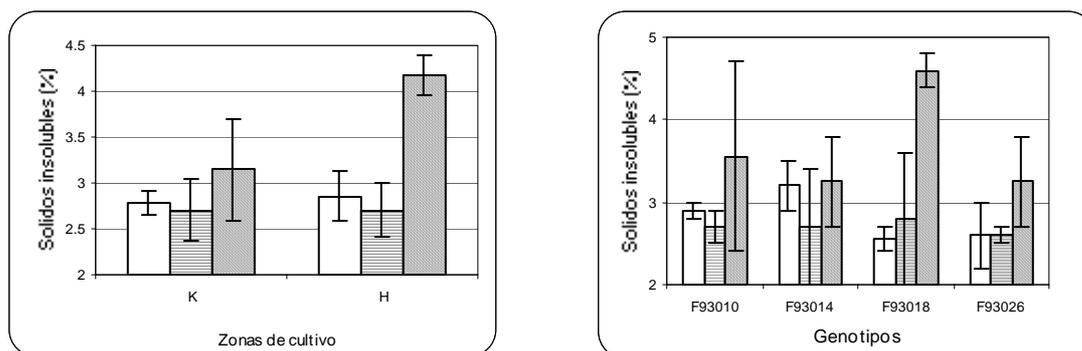
A) pH



B) Sólidos solubles (°Brix)



C) Sólidos insolubles (%)



Los frutos recolectados en la zona geográfica de Finlandia, más al norte, presentan al final de la maduración, un zumo con una mayor cantidad de sólidos insolubles, que puede ser debido a las distintas condiciones agrobiológicas y su influencia en este fenómeno.

Comparando los genotipos una vez recolectados, destaca el gran porcentaje de sólidos insolubles que presenta el F93018 (4,6%), respecto al resto.

IV.1.2.2. Turbidez, densidad, viscosidad

Turbidez.- Como se observa en la Figura IV.1.2.2.1.A., la zona de cultivo afecta de un modo muy claro a esta característica del zumo aunque, en las dos zonas de estudio, la tendencia que siguen es la misma; es decir, un aumento de la turbidez en la segunda semana previa a la madurez técnica (que es mucho más acusado en la zona norte) y un descenso posterior en el momento de la madurez. Se observa también un efecto marcado en función de los genotipos. Los genotipos F93010 y 14 muestran una mayor variación en la turbidez en función de la época de muestreo. Es llamativa la gran variabilidad entre muestras que presenta este parámetro, lo que nos indica que la turbidez varía y depende de muchos factores no controlados en este estudio.

Densidad.- La densidad del zumo tiene una tendencia muy regular en todos los casos, va aumentando desde la cuarta semana previa a la M.T. hasta que se alcanza la madurez, aunque la variación lo es en un rango muy bajo (Figura IV.1.2.2.1.B.). Esto indica que depende poco de las condiciones agronómicas, genéticas, edafológicas, climáticas... Este resultado se puede explicar porque existe una evolución paralela entre la cantidad de sólidos solubles y el porcentaje de zumo, es decir al aumentar el porcentaje en zumo aumenta la cantidad de sólidos solubles, lo que hace que la densidad se mantenga mas o menos constante. El ligero aumento de la densidad se explica por el aumento paralelo de los sólidos solubles con la maduración un poco mayor que el porcentaje de zumo.

Todos los genotipos muestran la misma tendencia, y casi los mismos valores. La densidad de los zumos de los frutos procedentes de ambas zonas de cultivo es muy similar, siendo -igual que ocurre en el caso de los sólidos solubles- la de mayores valores la de los frutos cultivados en la zona K.

Viscosidad.- La viscosidad presenta una evolución similar a la de la turbidez (Figura IV.1.2.2.1.C.), lo que sugiere que las sustancias coloidales causantes de la turbidez son las principales responsables de la viscosidad.

IV.1.2.3. Vitamina C, acidez valorable, compuestos fenólicos

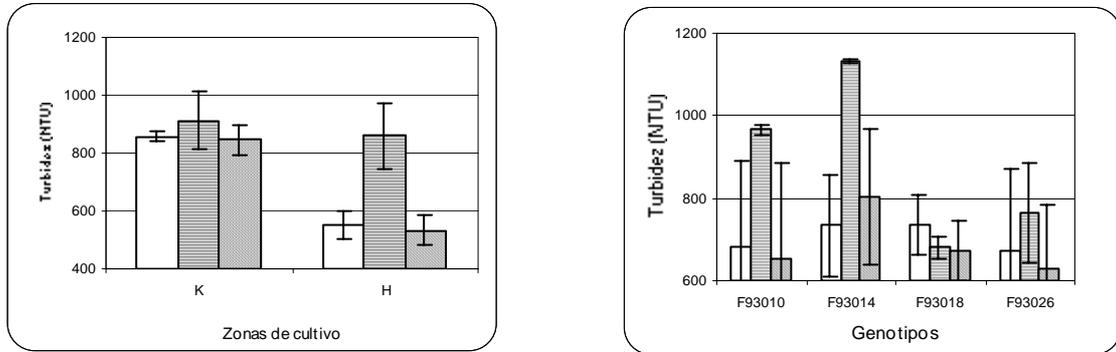
Vitamina C.- La Figura IV.1.2.3.1.A. recoge el contenido en vitamina C del zumo a lo largo del desarrollo de los genotipos estudiados. Se puede observar que en todos los cultivares aumenta, siendo las cantidades obtenidas similares.

Como ocurre con otras características como sólidos solubles, turbidez..., existe una clara diferencia en la cantidad de vitamina C obtenida en frutos cultivados en una y otra zona. Los que se recogen en la zona más sur (K) presentan mayor cantidad de esta vitamina, que llega a superar el doble. Los valores durante la maduración van aumentando desde 1 mg ácido ascórbico/100 ml zumo hasta 19 mg ácido ascórbico/ 100 ml zumo en la zona H, y desde 12 mg ácido ascórbico/100 ml zumo hasta 50 mg ácido ascórbico/100 ml zumo en la zona K (Anexo 4).

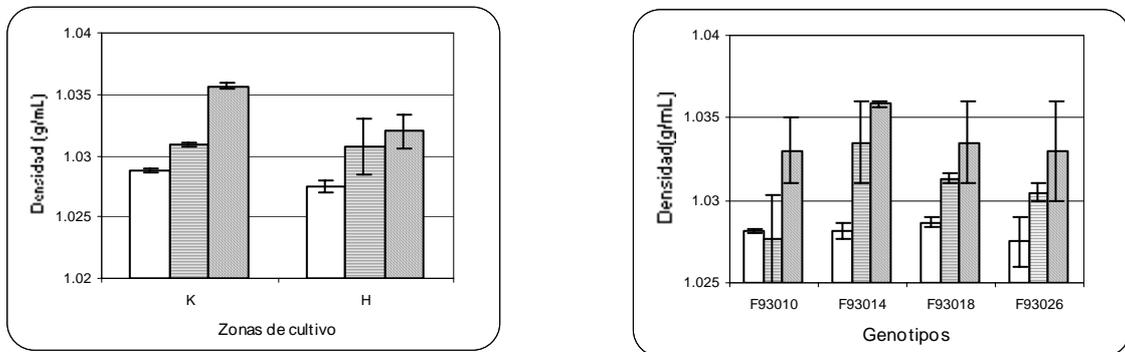
Acidez valorable.- La acidez valorable, en general, aumenta con la maduración. Se expresa en forma de ácido málico, ya que es el mayoritario en este fruto, al igual que ocurre en las manzanas (Ackerman *et al.*, 1992).

Figura IV.1.2.2.1. A, B y C Evolución de distintos parámetros del zumo con el tiempo de recolección, en función de la zona de cultivo (K y H) y del genotipo (F93010-14-18-26)

A) Turbidez (NTU)



B) Densidad (g/ml)



C) Viscosidad (cP)

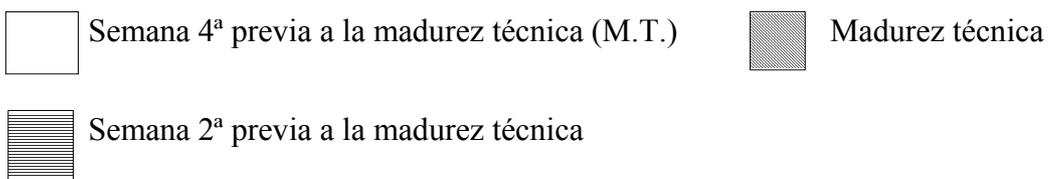
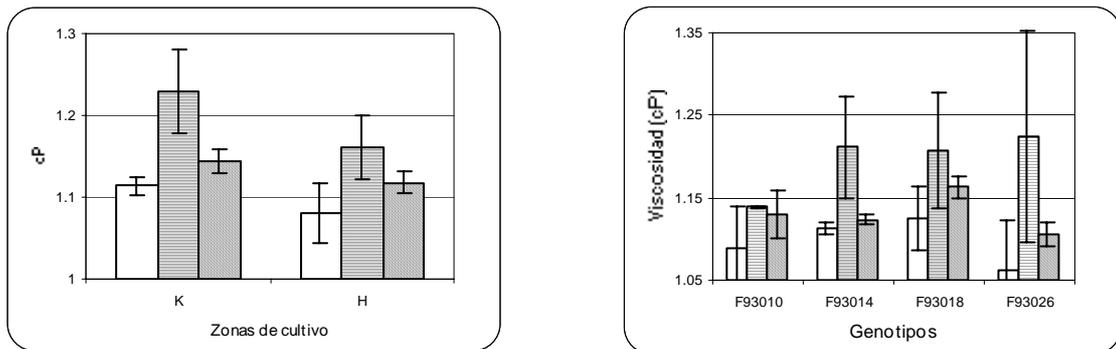
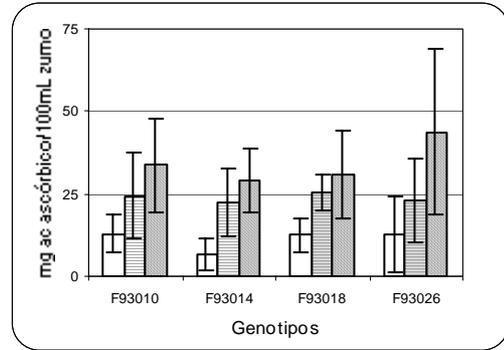
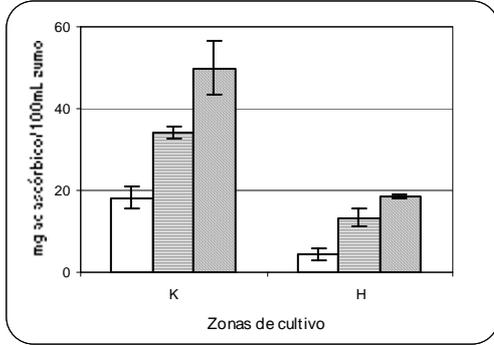
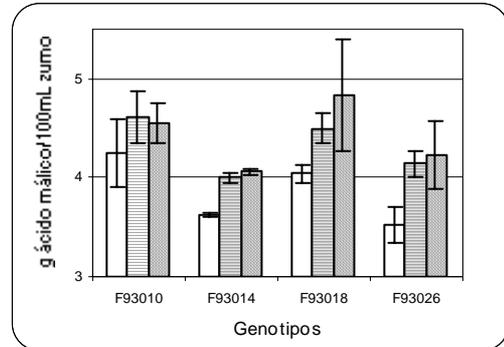
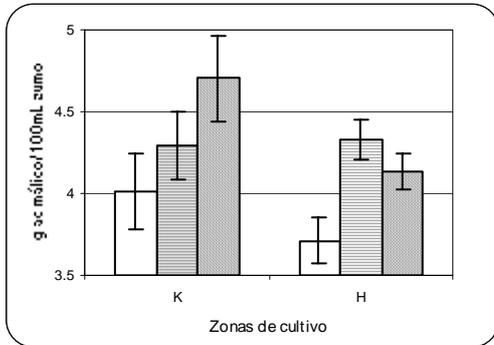


Figura IV.1.2.3.1. A, B y C Evolución de distintos parámetros del zumo con el tiempo de recolección, en función de la zona de cultivo (K y H) y del genotipo (F93010-14-18-26)

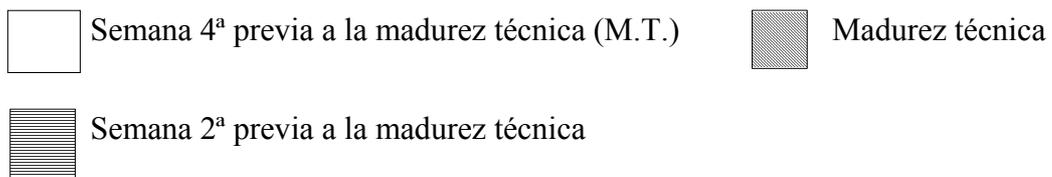
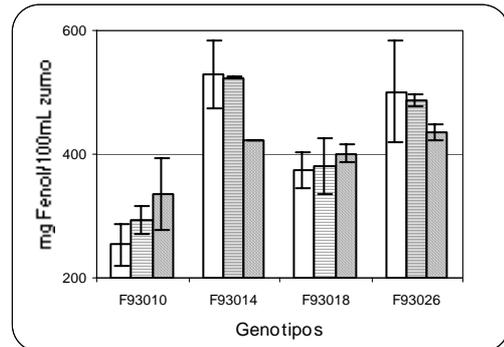
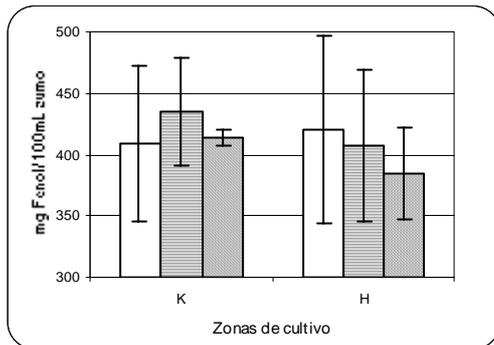
A) Vitamina C (mg ac. ascórbico/100 ml zumo)



B) Acidez valorable (g ac. málico/100 ml zumo)



C) Compuestos fenólicos (mg fenol/100 ml zumo)



Los resultados registrados en la Figura IV.1.2.3.1.B., indican que en la zona norte, en general, el zumo es menos ácido. Con respecto a los genotipos se distinguen dos grupos, uno formado por los genotipos F93010 y 18 y otro formado F93014 y 26 mostrando estos últimos, valores de acidez más bajos. Estos valores se correlacionan con los del pH, que para los genotipos F93010 y 18 son más bajos (más ácido) que para los genotipos F93014 y 26.

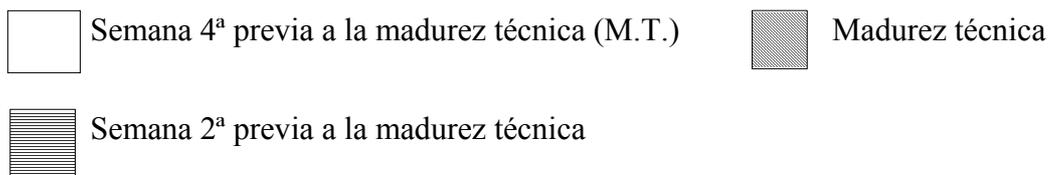
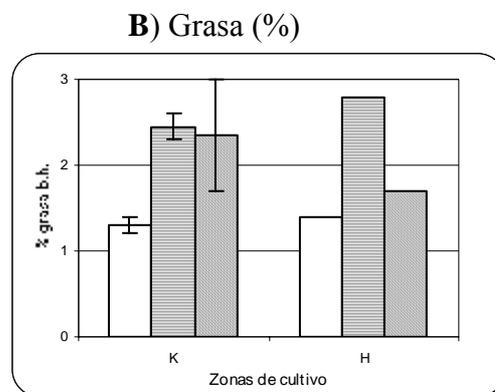
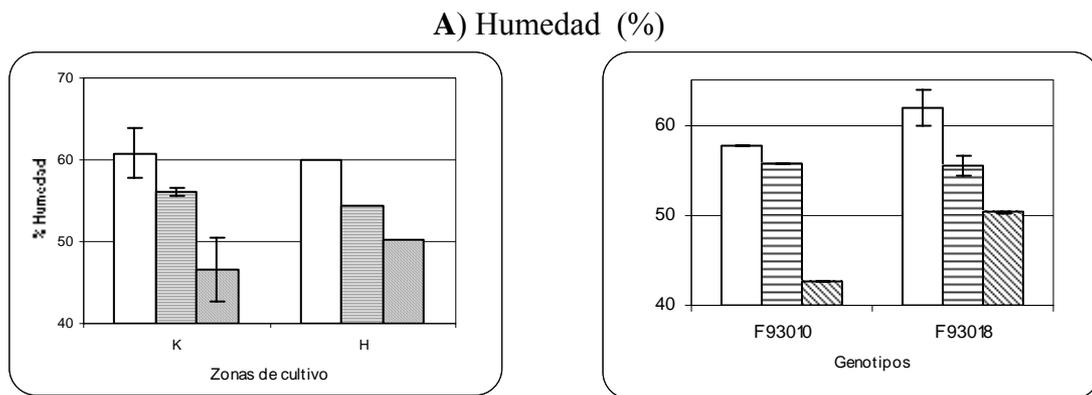
Compuestos fenólicos.- Hay una acusada diferencia entre genotipos en el caso del contenido en compuestos fenólicos, tanto en la evolución como en la cantidad (Figura IV.1.2.3.1.C.). Por una parte, y al igual que en el caso de la vitamina C, se presenta el grupo formado por los genotipos F93010 y 18. Estos muestran cantidades menores que aumentan con la maduración. Por otra parte están los genotipos F93014 y 26, que contienen cantidades mayores con tendencia a disminuir durante la maduración. Este comportamiento puede ser debido a la influencia del tipo de suelo, clima y genética.

La evolución en la cantidad de compuestos fenólicos es similar a la que presenta el kaki, descrito por Ayaz *et al.* (1997). Muestra progresivos aumentos y disminuciones durante el crecimiento y maduración. El contenido en compuestos fenólicos aumenta según va desarrollándose la fruta. Después de la maduración comienza un brusco descenso, de modo que presenta cantidades inferiores a las iniciales.

IV.1.3. Análisis de las semillas

Humedad.- En la Figura IV.1.3.1.A. se refleja la evolución de la humedad de las semillas desde la cuarta semana antes de la madurez técnica, hasta que ésta se alcanza. Como se puede observar, la tendencia que sigue es una disminución notoria de la misma. Esto ocurre tanto para los distintos genotipos, como para las distintas zonas donde se han cultivado los frutos.

Figura IV.1.3.1. Evolución (A) de la humedad y (B) del contenido en grasa de las semillas con el tiempo de recolección, en función de la zona de cultivo (K y H) y del genotipo (F93010 y F93018).



Contenido en aceite.- La cantidad de aceite de las semillas sigue una evolución similar en las dos zonas origen de los frutos, K y H.

Los frutos, cuando son recogidos cuatro semanas antes de la madurez técnica, muestran una menor cantidad de aceite que a las dos semanas antes de ésta, es decir que aumenta con la maduración. Se observa en algún caso una disminución de la cantidad de aceite en el momento de la madurez respecto a las dos semanas anteriores. Todo esto se observa de un modo gráfico en la Figura IV.1.3.1.B. Esto puede explicarse porque durante las dos últimas semanas antes de la maduración, para su crecimiento el fruto comienza a utilizar recursos energéticos que aportan las propias semillas.

IV.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL *Chaenomeles* EN ESTADO DE MADUREZ TÉCNICA (Estudio 2)

Para la producción satisfactoria de zumos es preciso un profundo conocimiento de la materia prima, porque la calidad de éstos depende, esencialmente, de la calidad de la materia prima, incluyendo variedad adecuada, punto de madurez más adecuado, etc. Los factores principales que influyen en la calidad/madurez de los frutos en general son, color, textura, relación azúcares/ácidos, componentes aromáticos y algunos constituyentes específicos como vitaminas y fenoles (Holdsworth, 1988). Aunque en la práctica, la calidad de la fruta no corresponde a un atributo totalmente definido ya que - como se ha referido en el apartado I.1.- comprende muchas características, sensoriales (apariencia, textura, aroma, sabor...), valor nutritivo, propiedades funcionales, composición química, etc, la apariencia, que abarca sobre todo a las características sensoriales, es uno de los principales factores subjetivos que los consumidores utilizan para evaluar la calidad de frutas y vegetales.

A lo largo del tiempo han ido desarrollándose, para frutas, múltiples métodos de medida de la calidad o parámetros relacionados con la misma. Actualmente es una materia en la que se continúa investigando (Abbott, 1999).

La definición del estado de madurez de los frutos de *Chaenomeles* no es fácil, dadas sus peculiares características (tamaño, coloración, dureza, acidez...). A partir de apreciaciones sensoriales se escogen frutos con un color y aroma particulares considerados como “maduros” para realizar este estudio.

En el caso del *Chaenomeles*, de manera similar a como ocurre con el membrillo común, de entre los parámetros que caracterizan su madurez es muy significativa la existencia de un olor floral debido a los componentes aromáticos que se encuentran fundamentalmente en la piel del fruto (Umano *et al.*, 1986).

Otros parámetros que orientan sobre el punto de maduración en este fruto son un característico color amarillo y el tono marrón de sus semillas (Rumpunen, 2003).

Aunque hay bastante información sobre el membrillo -*Cydonia oblonga*- (Andrade *et al.*, 1998; Silva *et al.*, 1999; 2000a; 2000b; 2002a; 2002b; 2003; 2004a; 2004b), la referente a *Chaenomeles* es muy escasa, como se recoge en el apartado de Introducción y Antecedentes.

Para obtener una adecuada caracterización físico-química del *Chaenomeles* se realizan las siguientes determinaciones:

- Para el fruto entero: color, peso unitario, porcentaje de semillas, pulpa y zumo.

- Para el zumo: sólidos solubles, pH, acidez valorable, turbidez, densidad, viscosidad, vitamina C, compuestos fenólicos, sólidos insolubles, composición en ácidos orgánicos, azúcares, aniones y cationes.

- Para las semillas: humedad, contenido en grasa total y composición del aceite.

En la caracterización físico-química del *Chaenomeles* se estudian cuarenta y nueve genotipos, pertenecientes a las especies *C. speciosa*, *C. cathayensis*, *C. japonica* -

ésta última estudiada con mayor profundidad (ver Material y Métodos) – y al híbrido *C. x superba*.

A continuación se detallan cada uno de los parámetros considerados. En los Anexos 1 a 6, se reflejan los valores experimentales correspondientes.

IV.2.1. Características físicas del fruto

IV.2.1.1. Peso unitario y fracciones del fruto

A través de las determinaciones realizadas, podemos observar que el *Chaenomeles* es un fruto con un peso medio por fruto de 57 g, pero dependiendo éste de la especie a la que pertenece. Como se aprecia en la Tabla IV.2.1.1.1. aparecen grandes diferencias entre los valores medios de los pesos de las distintas especies.

C. cathayensis es la especie que produce los frutos de mayor peso, hasta 340 g (Anexo 1). Este resultado coincide con el anteriormente obtenido por Shao y Lu (1995) para los análisis realizados en membrillos chinos de la provincia del Yunnan (media de 180 g y ocasionalmente sobre los 600 g).

Los *Chaenomeles* de la especie *C. speciosa* muestran un peso en torno a los 140 g, resultado que coincide con el descrito por Rumpunen (2001).

A su vez, como queda recogido en la misma tabla, para el *Chaenomeles japonica* se puede comprobar que el peso de los frutos viene altamente condicionado por el tipo de cultivar. Por ejemplo, existe una gran diferencia entre el peso medio del cultivar NV y del F (45.7 g y 27.4 g, respectivamente). Este fenómeno es también descrito en manzana por Dilli *et al.* (2002), en la que observó no sólo que el peso inicial de la fruta era afectado por el tipo de cultivar, sino que además también afectaba a la pérdida de peso durante la conservación.

Tabla IV.2.1.1.1. Características físicas del fruto. Peso unitario y fracciones

		n	Peso unitario (g)	Semillas (%)	Pulpa (%)	Zumo (%)
Especie	Genotipo					
<i>C. japonica</i>	NV	19	45.7±13.9	7±1	42±5	48±5
	RG	24	39.0±11.8	8±1	45±5	44±6
	D	14	44.8±10.0	5±2	42±4	50±4
	F	21	27.4±7.9	9±3	45±8	43±9
	C	13	57.7±9.4	6±1	42±5	50±5
	Promedio	91	41.8±14.3	7±2	44±6	46±7
<i>C. speciosa</i>	RG	5	133.3±77.6	8±4	44±5	43±6
<i>C. cathayensis</i>	RG	7	211.1±111.2	5±2	43±7	42±6
<i>C. x superba</i>	RG	3	80.0±21.1	6±1	42±4	47±5
Campaña	1998	18	45.2±14.9	8±2	43±4	47±3
	1999	16	47.0±19.0	6±2	43±5	48±6
	2000	32	64.4±70.0	7±2	44±5	45±7
	2001	40	58.1±55.7	7±3	44±7	45±8
País	S	79	64.5±60.1	7±2	43±5	46±6
	F	24	31.3±12.4	9±3	45±8	44±9
	L	3	53.7±6.7	6±1	41±1	50±1
PROMEDIO		106	57.0±54.2	7±2	44±6	46±7

Al observar las fracciones se puede ver que los frutos de *Chaenomeles* tienen un alto rendimiento en zumo, ya que constituye la fracción mayoritaria, con unos valores

entre 42-50%, a la que le sigue la fracción de pulpa con valores entre 41-45%. Este alto contenido en zumo destaca frente a la textura dura del fruto, que, a priori, hace pensar en contenidos de zumo inferiores. El intervalo de contenido en zumo promedio encontrado (42-50%), es similar al descrito por Kimball (1999), en las naranjas (50-55%), mayor que en limones (30-35%) e inferior al obtenido en manzanas, 70% (Sinclair, 1984).

El rendimiento de zumo obtenido depende del extractor que se utilice; en nuestro caso es una licuadora doméstica, por lo que podría ser mayor utilizando métodos físicos de extracción más enérgicos y especialmente una forma combinada de extracción con enzimas macerantes. Para aumentar el rendimiento en zumo, Hellín *et al.* (2003), realizaron pruebas de extracción de laboratorio con distintos enzimas comerciales: el zumo extraído inicialmente se mezcló con la fracción de pulpa residual y se mantuvo a temperatura ambiente con los enzimas seleccionados. El rendimiento aumentó del 40 al 70%; pero en contrapartida, el contenido en vitamina C disminuyó de 102 a 63 mg ácido ascorbico/100 ml, por lo que es claro que los procesos de extracción con utilización de enzimas han de ser mejorados.

La fracción del contenido en semillas presenta unos valores entre 5-9%, lo que supone una cantidad considerable.

A diferencia del peso del fruto, en el caso de las tres fracciones no se observa ninguna diferencia debida a las distintas especies botánicas estudiadas.

IV.2.1.2. Color

La determinación del color es especialmente interesante, ya que en muchas ocasiones constituye la base para la clasificación de productos en distintos grados comerciales y de distinción de variedades que presentan colores o tonalidades diferentes.

Incluso, en el caso de frutos muy diferentes, es a veces el mejor índice de madurez (El-Zeftawi *et al.*, 1988). Junto con la medida del color, la determinación de la concentración de pigmentos es también un índice de calidad (Lancaster *et al.*, 1997). La concentración de pigmentos estaría más directamente relacionada con la madurez y el color más con la percepción de la apariencia por los consumidores. Éste es muchas veces un criterio primario en las decisiones comerciales (Kays, 1999a; 1999b).

El color, que junto con otros parámetros como tamaño, forma y ausencia de defectos, conforma el atributo apariencia del fruto, es el que hemos decidido determinar en nuestro caso por considerarlo como la medida más objetiva de este atributo.

La coloración inicial de los frutos se ve afectada por distintos factores desde el punto de vista agronómico (variedad, ubicación del fruto en el árbol, sistema de riego, fertilización...). Como se puede observar en la Tabla IV.2.1.2.1., el color de los frutos de *Chaenomeles* varía dependiendo de los genotipos desde tonalidades ligeramente verdes ($a = -3.8 \pm 9.0$), hasta claramente amarillas ($b = 55.4 \pm 5.7$), con presencia en determinados frutos de un punteado rojizo ($a = 5.9 \pm 3.5$). En los frutos en los que predomina el verde es debido al enmascaramiento que ejerce la clorofila sobre el resto de los pigmentos, principalmente xantofilas. Resulta característico las manchas rojizas o pardas que aparecen en algunas especies (Figura IV.2.1.2.1.), debido a ataques fúngicos, fundamentalmente de *Phlyctma vagabunda* (Norin y Rumpunen, 2003).

Como se citaba al principio de este epígrafe, los parámetros que orientan sobre el punto de maduración en este fruto son un característico color amarillo de la piel (Figura IV.2.1.2.2.) y el color marrón de sus semillas. Respecto al color de los frutos, como se puede observar en la Tabla IV.2.1.2.1., este viene expresado por el valor del parámetro b^* , y sus valores totales oscilan entre 26.3 y 60.0 (Anexo 2).

Los frutos muestran una alta luminosidad como indican los valores de L entre 50.3 y 67.2. Esta es menor que la que presenta la manzana (cv Golden delicious) según datos obtenidos por Venturini en 2004 (90.29 ± 4.15).

Tabla IV.2.1.2.1. Características físicas del fruto. Color: parámetros L, a*, b*

		N	L	a*	b*
<i>Especie</i>	Genotipo				
<i>C. japonica</i>	NV	11	60.5±2.1	3.0±2.7	54.1±2.3
	RG	21	58.7±3.2	5.9±3.5	50.4±5.5
	D	11	62.6±2.0	2.5±1.9	55.4±5.7
	F	10	59.3±3.6	-0.2±2.3	52.5±5.6
	C	13	55.0±2.5	5.2±4.3	44.3±8.5
	Promedio	66	59.0±3.6	3.8±3.8	51.0±6.9
<i>C. speciosa</i>	RG	4	58.9±2.4	-3.8±9.0	42.5±4.9
<i>C. cathayensis</i>	RG	6	59.3±4.2	-1.3±8.3	44.8±9.1
<i>C. x superba</i>	RG	3	60.9±2.2	-2.4±6.1	52.4±9.7
Campaña	1999	16	58.7±3.2	3.3±4.6	52.2±3.3
	2000	32	60.4±3.2	1.7±4.2	51.7±7.5
	2001	31	58.0±3.7	3.6±6.0	47.5±8.1
País	S	63	59.5±3.3	3.1±5.2	50.0±7.8
	F	13	58.6±3.5	-0.3±2.1	51.7±5.2
	L	3	52.9±2.6	9.1±0.1	46.8±3.4
PROMEDIO		99	59.1±3.5	2.8±5.1	50.1±7.3

Los valores negativos de la componente a^* indican que se observan tonalidades verdes, aunque muy poco, por ser los valores más cercanos a 0 que a -60 .



Figura IV.2.1.2.1. *Chaenomeles japonica* atacado por hongos



Figura IV.2.1.2.2. *Chaenomeles japonica*

IV.2.2. Características físico-químicas del zumo

IV.2.2.1. pH, sólidos solubles, sólidos insolubles, densidad, viscosidad, turbidez

pH.-En la Tabla IV.2.2.1.1. se recogen los valores de los parámetros físico-químicos medidos en el zumo y, como puede observarse, éste tiene un bajo pH (2.5-2.7), similar al del limón 2-2.3 (Primo-Yúfera, 1982) e inferior al de manzana 3.2-3.8 (Dever *et al.*, 1991; Lea, 1995), uva 2.8-4 (Mc Lellan y Race, 1995), naranja 3.3-3.8 (Primo-Yúfera, 1982) y melocotón 3.5-5 (Gil *et al.*, 2002).

Sólidos solubles.- Los valores medios observados están comprendidos entre 7.0 y 9.3 °Brix, similares a los del limón 8-10 °Brix (Yuferá, 1982) y menores que los de naranja 9-13 °Brix (Yuferá, 1982), manzana 11-13 °Brix (Dever *et al.*, 1991; Lea, 1995) y melocotón 9-13 °Brix (Gil *et al.*, 2002). Se puede decir que el zumo de *Chaenomeles* presenta bajos valores en sólidos solubles si se compara con el zumo de uva que llega a alcanzar unos valores de hasta 20 °Brix (McLellan *et al.*, 1995).

Sólidos insolubles.- La cantidad de sólidos insolubles varía sensiblemente según los genotipos, presentando valores entre 1.6 y 8.3 %.

Densidad.- Los valores de densidad medios se encuentran entre 1.025 y 1.033 g/ml. Son ligeramente inferiores a los encontrados por Lea (1995) en zumo de manzana. No se observa grandes variaciones entre las muestras.

Viscosidad.- Igualmente sucede en el caso de la viscosidad, donde, en general, todos los genotipos muestran valores muy parecidos, entre 0.828 y 1.231 cP. Esto coincide con lo expresado por Cepeda y Villarán (1999) en el caso de la manzana, para la que no encontró ninguna influencia de la variedad sobre la viscosidad del zumo.

A nivel del muestreo realizado los valores más bajos son obtenidos para el genotipo C y los valores más altos, los presenta el cultivar RG de la especie *C. x superba*. Por otra parte, por países, la menor viscosidad la muestran los zumos obtenidos por los genotipos cultivados en Lituania.

Tabla IV.2.2.1.1. Características físico-químicas del zumo

		n	pH	°Brix	Turbidez (NTU)	Densidad (g/ml)	Viscosidad (cP)	S.I. (%)
Especie	Genotipo							
<i>C. japonica</i>	NV	19	2.5±0.1	7.0±1.1	91±86	1.025±0.003	1.094±0.048	8.2±3.0
	RG	24	2.6±0.1	7.9±0.6	65±48	1.029±0.003	1.135±0.153	6.5±5.3
	D	14	2.5±0.1	7.6±0.9	79±50	1.028±0.003	1.091±0.143	5.0±3.4
	F	21	2.6±0.1	9.0±0.7	354±309	1.033±0.003	1.120±0.125	5.2±2.5
	C	13	2.7±0.1	7.4±0.7	252±335	1.028±0.003	0.910±0.093	1.6±0.7
	Promedio	91	2.6±0.1	7.8±1.1	166±230	1.029±0.004	1.075±0.146	5.6±4.0
<i>C. speciosa</i>	RG	5	2.7±0.2	8.7±0.3	37±48	1.028±0.002	1.074±0.134	4.8±3.1
<i>C. cathayensis</i>	RG	7	2.7±0.1	9.3±1.4	39±38	1.031±0.006	1.049±0.152	3.1±1.7
<i>C. x superba</i>	RG	3	2.7±0.2	9.2±0.3	48±66	1.033±0.003	1.231±0.240	5.0±3.6
Campaña	1998	18	2.6±0.1	6.9±1.3	55±54	1.026±0.005	1.137±0.065	8.4±3.6
	1999	16	2.4±0.1	8.2±0.6	94±50	1.031±0.004	1.254±0.057	9.1±5.0
	2000	32	2.5±0.1	8.4±0.9	71±75	1.028±0.003	-	6.0±1.9
	2001	40	2.7±0.1	8.2±1.2	274±308	1.030±0.004	0.980±0.114	2.1±1.6
País	S	79	2.7±0.1	7.8±1.1	72±62	1.028±0.004	1.090±0.140	5.7±4.2
	F	24	2.6±0.1	8.9±0.8	398±345	1.032±0.003	1.084±0.144	4.8±2.5
	L	3	2.7±0.1	7.4±0.5	156±67	1.027±0.003	0.828±0.005	1.3±0.6
PROMEDIO		106	2.6±0.1	8.0±1.1	148±218	1.029±0.004	1.077±0.147	5.4±3.9

Turbidez.- Se observa una marcada diferencia en la turbidez del zumo en función de la especie. *C. japonica* es la que produce un zumo más turbio, con unos valores medios de 166 NTU. También destaca en este parámetro la diferencia debida a la zona de cultivo del material vegetal. Los cultivados en Finlandia son los que dan lugar al zumo más turbio. Por ejemplo, se puede comparar la turbidez de los genotipos C25*01-L, C25*01-F y C25-01*S, con valores de 230, 1281 y 249 NTU, respectivamente, según se aprecian los datos recogidos en el Anexo 3.

En cualquier caso, el zumo de *Chaenomeles* se puede considerar que es un zumo límpido, ya que si se compara con el zumo de naranja se observa que éste tiene una turbidez de hasta 3500 NTU (Ros, 2002).

IV.2.2.2. Vitamina C, acidez valorable, compuestos fenólicos

Vitamina C.- Hay abundante bibliografía en la que se muestra cómo son innumerables los factores que influyen sobre su contenido final en frutas y hortalizas, entre ellos se puede nombrar factores genéticos, condiciones climáticas precosecha, métodos de recolección, prácticas culturales agronómicas y tratamientos postcosecha (Mozafar, 1994; Weston y Barth, 1997; Lee y Kader, 2000), por lo que resulta difícil comparar solamente la composición de los distintos frutos.

Entre otros aspectos, influye el estado de desarrollo en el que se encuentra el fruto cuando se realizan las determinaciones (Kader, 1988). En nuestro caso, este factor queda despejado, ya que los frutos analizados han sido considerados en un estado de madurez previamente establecido por los especialistas de la producción y el conocimiento de los *Chaenomeles* en los puntos de origen, si bien no se ha definido un estado de madurez fisiológico dada la dificultad que presenta este fruto.

El contenido en vitamina C detectado se encuentra entre 45.3 y 94.3 mg de ácido ascórbico/100ml, con un valor medio de 69.7 mg ácido ascórbico/100 ml (Tabla IV.2.2.2.1.). Los valores obtenidos en son similares a los que se registran en la literatura, aunque ésta es muy escasa (Golubev *et al.*, 1990).

Tabla IV.2.2.2.1. Características químicas del zumo

		n	Vitamina C (mg ascórbico +DHA/100 ml)	Acidez valorable (g málico/100 ml)	Comp. fenólicos (mg fenol/100 ml)
Especie	Genotipo				
<i>C. japonica</i>	NV	19	67.1±26.0	4.3±0.6	228.2±47.1
	RG	24	82.1±40.8	4.0±0.6	256.3±42.3
	D	14	65.4±16.6	4.0±0.5	273.2±41.5
	F	21	45.3±17.9	4.6±0.6	459.4±110.7
	C	13	69.1±20.7	4.0±0.5	206.7±45.3
	Promedio	91	66.0±30.0	4.2±0.6	293.6±114.3
<i>C. speciosa</i>	RG	5	93.1±52.3	4.4±0.9	366.5±102.3
<i>C. cathayensis</i>	RG	7	90.0±63.7	3.1±0.4	619.1±200.9
<i>C. x superba</i>	RG	3	94.3±17.4	3.8±0.6	453.7±99.7
Campaña	1998	18	52.9±21.2	-	322.2±124.2
	1999	16	71.9±26.4	4.4±0.7	303.1±131.9
	2000	32	84.3±44.7	4.2±0.8	335.4±157.4
	2001	40	64.6±28.8	4.0±0.6	322.6±155.1
País	S	79	76.5±35.8	4.0±0.6	296.7±135.1
	F	24	46.2±17.7	4.6±0.6	430.2±131.5
	L	3	78.9±23.4	3.9±0.2	159.0±25.7
PROMEDIO		106	69.7±34.5	4.1±0.7	323.3±145.9

Este valor es superior a los encontrados en zumo de uva 20-60 mg/100 ml (Mc Lellan y Race, 1995), naranja 25-83 mg/100 ml y limón 30-74 mg/100 ml (Primo-Yúfera, 1982; Vanderslice *et al.*, 1990; Mitchell *et al.*, 1992; Lee y Coates, 1999), y

muy superior al descrito por Gardner *et al* (2000) en zumo de manzana (1,1 mg/100 ml)

Como ocurre en el caso de las manzanas, hay una notable influencia de la especie (Zubeckis, 1962). En este caso, *C. japonica* es la que menor contenido presenta, variando entre 17 y 180 mg/100 ml (Anexo 4). Como se puede observar en el Anexo 4, *C. cathayensis* es la que más vitamina C contiene (205 mg/100 ml).

Se puede concluir que el contenido en vitamina C es elevado en el conjunto de estos frutos y constituye, por tanto, una característica destacable de los mismos.

Acidez valorable.- El bajo valor obtenido para el pH se corresponde con una elevada acidez total, con valores entre 3.1 y 4.4%, que la podemos comparar con la descrita (5-9%) para el limón (Primo-Yúfera, 1982; Sinclair, 1984; Hendrix y Redd, 1995). Se puede decir, por tanto, que *Chaenomeles* es una fruta altamente ácida, sobre todo teniendo en cuenta que la acidez valorable del zumo de manzana es de 0.2-0.7% (Dever *et al.*, 1991; Lea, 1995), la del zumo de naranja 0.5-3.5% (Primo-Yúfera, 1982) y la del melocotón 0.2-0.9% (Gil *et al.*, 2002).

Compuestos fenólicos.- Como se recoge en el Anexo 4, la cantidad de compuestos fenólicos en el zumo de *Chaenomeles* varía entre 138.0 y 961.0 mg fenol/100 ml y la Tabla IV.2.2.2.1. muestra que el valor medio es de 323.3 mg fenol/100 ml. Este contenido es interesante debido a sus ya conocidas propiedades antioxidantes y bactericidas, aunque entre sus aspectos negativos se puede nombrar el ser una causa potencial de inestabilidad, ya que pueden intervenir en la formación de sedimentos indeseables, y pigmentos pardos y marrones (Montgomery, 1983; Heatherbell, 1984).

De entre las especies estudiadas, *C. cathayensis*, al igual que ocurre en el caso de la vitamina C, es la que presenta un mayor contenido de compuestos fenólicos en el zumo, con una media de 619.1 mg/100 ml. Este contenido es similar al descrito por Gardner (2000) para zumo de naranja (755 mg/100 ml), zumos de uva y manzana (535

mg/100 ml y 339 mg/100 ml respectivamente), y superior al encontrado por Spanos y Wrolstad, (1992) en zumo de pera (150 mg/100 ml).

Es interesante resaltar que la ingesta de polifenoles totales recomendada en España es de 1180 mg/persona por día, con lo que al tomar 100 ml de zumo se estaría aportando entre 25 y 35% de la ingesta recomendada, y con un vaso de zumo se aportaría entre 50 y 70%.

Tanto en el caso de la vitamina C -45-94 mg ácido ascórbico/100 ml zumo-, como en el de los compuestos fenólicos -159-619 mg fenol/100 ml zumo- (Tabla IV.2.2.2.1.), es muy alta la variación en la concentración de las muestras debido a la naturaleza de las mismas y a la gran cantidad de factores que afectan a su contenido.

Como se ha comentado en la Introducción, el *Chaenomeles* al igual que el membrillo (Andrade *et al.*, 1998), no es comestible en su estado natural por su dureza y astringencia. Gracias a sus características de aromaticidad y alto contenido en fibra se utiliza para consumo tras su procesado. También tiene un amplio uso en la fabricación de mermeladas (Hellín *et al.*, 2003a; Rumpunen y Göranson, 2003). Durante su fabricación –véase epígrafe I.2.6- éstas pueden ser adulteradas con la adición de manzana y pera (productos más económicos y más abundantes) y, en este sentido, la medida de los compuestos fenólicos es interesante como método de detección de la autenticidad de muchos productos del tipo confituras y zumos (Lee y Wrolstad, 1988; Burda *et al.*, 1990; Spanos *et al.*, 1990; Simón *et al.*, 1992; Tomás-Lorente *et al.*, 1992; Vallés *et al.*, 1994; Silva *et al.*, 2000a). Existen abundantes estudios sobre la composición fenólica de pera y manzana (Dick *et al.*, 1987; Lee y Wrolstad., 1988; Spanos *et al.*, 1990), pero la información es muy escasa en el caso de la composición en compuestos fenólicos en membrillo (Guldner y Winterhalter, 1991; Lutz y Winterhalter, 1992) y no se han encontrado referencias concretas respecto del *Chaenomeles*.

Como se observaba en el apartado anterior, el zumo es muy útil como ingrediente natural debido a su elevada acidez y a su característica de zumo transparente. Por otra parte tendría una gran capacidad antioxidante, lo que realza su importancia, ya que el zumo contiene también gran cantidad de vitamina C.

IV.2.2.3. Ácidos orgánicos

La determinación en los frutos del contenido cualitativo y cuantitativo en ácidos orgánicos y azúcares es muy importante debido a su marcada influencia en la calidad sensorial de los mismos (Ackermann *et al.*, 1992; Perez *et al.*, 1997), ya que, la cantidad de estos compuestos afecta a su sabor. También, al igual que los compuestos fenólicos, los ácidos orgánicos son una herramienta útil para detectar la adulteración de zumos o de otros productos con estos frutos, y como indicador para controlar cambios durante la producción y el almacenamiento, debido a que normalmente se presentan en unas cantidades constantes. Por otra parte, y aunque no constituye propiamente el tema de esta tesis, también es importante la determinación de los ácidos ya que pueden ser tenidos en cuenta como marcadores del estrés medioambiental producido por una lluvia ácida, estrés hídrico, fumigación con dióxido de azufre, presencia de aluminio en el suelo, etc. Debido a éste, se transloca una gran cantidad de ácido de la hojas o las raíces hacia el fruto y en cambio no afecta sobre otros factores como peso, tamaño, sólidos solubles, etc (Hulme, 1970; Moshirita *et al.*, 1986; Timpa *et al.*, 1986).

El fruto del *Chaenomeles* tiene una elevada acidez si se compara con la mayoría de las frutas. Los valores obtenidos se encuentran entre 2.9-4.4% en base húmeda. El ácido principal es el málico, que presenta un valor medio de 3.7 g/100 ml (Tabla IV.2.2.3.1.).

En la tabla siguiente (Tabla IV.2.2.3.1.) se muestran las concentraciones de ácidos orgánicos detectadas en el zumo.

Tabla IV.2.2.3.1. Ácidos orgánicos en el zumo de *Chaenomeles*

		n	Málico (g/100 ml)	Quínico (g/100 ml)	Succínico (mg/100 ml)
Especie	Genotipo				
<i>C. japonica</i>	NV	9	3.18±0.58	1.13±0.19	5.5±6.5
	RG	10	3.57±1.05	0.92±0.62	8.5±5.2
	D	6	4.22±1.05	1.21±0.20	5.5±5.0
	F	6	4.22±0.91	1.23±0.47	10.7±12.4
	Promedio	31	3.71±0.97	1.10±0.43	7.5±7.3
<i>C. speciosa</i>	RG	1	3.19	2.27	174.0
<i>C. cathayensis</i>	RG	1	5.09	1.7	52.5
<i>C. x superba</i>	RG	1	3.1	0.6	27.0
Campaña	1998	18	4.05±1.11	1.34±0.35	14.8 ± 41.6
	1999	16	3.34±0.60	0.91±0.50	13.7±7.0
País	S	28	3.61±0.96	1.12±0.48	15.0±32.9
	F	6	4.22±0.91	1.23±0.47	10.7±12.4
PROMEDIO		34	3.71±0.96	1.14±0.47	14.3±30.2

Se han identificado los ácidos málico, quínico y succínico, a la vez que se ha puesto en evidencia la ausencia de tartárico y cítrico. Las cantidades de ácidos varían entre genotipos. Para el málico, que al igual que en el caso de la manzana es el mayoritario, se ha encontrado entre 3-5 g/100 ml de zumo; para el quínico 0.6-2.3 g/100 ml, y para el succínico entre 5.5-174 mg/100 ml. Las cantidades de ácidos málico y quínico coinciden con las descritas por Lesinska (1987) y Rumpunen (1996), mientras que en el caso del ácido succínico el valor es inferior al descrito por Rumpunen (1996), (34 mg/100ml).

Al igual que sucede en las manzanas el principal ácido es el málico, que aporta un 90% de la acidez total (Ackermann *et al.*, 1992; Hulme y Rhodes, 1971). Pero en el caso del *Chaenomeles* la cantidad es muy superior al encontrado por van Gorsel *et al.* (1992) en la manzana (0.52 g/100 ml). La concentración de este ácido encontrada en el *Chaenomeles* (3.71 g/100 ml) es también muy superior a la detectada por van Gorsel *et al.* (1992) en kiwi, cereza, melocotón, pera y uva, entre otras frutas (0.5, 0.73, 0.36, 0.37 y 0.29 g/100ml respectivamente). Como describen Esti *et al.* (1997), este ácido se relaciona directamente con la sensación agria del fruto.

La gran cantidad de ácido málico impide que el zumo se pueda consumir directamente, si no es previamente endulzado. Los ácidos málico y succínico se utilizan con frecuencia en la industria alimentaria como acidificantes (E-296 y E-363, respectivamente). El quínico, si bien no se encuentra en la lista de aditivos alimentarios, tiene otro tipo de aplicaciones, principalmente en la industria química y farmacéutica (Huang, 1999).

Debido a su alto contenido en ácidos orgánicos, el zumo de *Chaenomeles* al igual que el zumo de limón (Saura *et al.*, 1990), se puede utilizar como acidificante natural en una amplia gama de productos. Además sus propiedades acidificantes son más interesantes combinadas con sus propiedades antioxidantes.

Al ácido málico le sigue en magnitud de concentración el ácido quínico, con un rango de 0.6 a 2.3 g/100 ml de zumo, valor muy superior al encontrado por van Gorsel *et al.* (1992), en pera (0.2 g/100 ml) y melocotón (0.1 g/100 ml), y similar al detectado en ciruela (0.7 g/100 ml) y kiwi (0.8 g/100 ml).

IV.2.2.4. Azúcares libres

Los azúcares y azúcares-alcohol identificados hasta 1988 son xilosa, fructosa, manitol, glucosa, sorbitol, sacarosa y maltosa. Los principales componentes de la mezcla de azúcares son glucosa y sorbitol. La relativamente alta cantidad de sorbitol en *Chaenomeles* es similar a la que aparece en manzanas (Vasilkevici *et al.*, 1982) y más elevada que la que se encontró en ciruelas prunas (Vangdal, 1982). En 1988 Lesinska *et al.*, detectaron manitol, que no aparece posteriormente en los estudios de Golubev *et al.* (1990).

En el análisis cromatográfico del zumo de *Chaenomeles* (Tabla IV.2.2.4.1.) se detectan nueve azúcares libres, que en orden decreciente de concentración son fructosa (0.8-2.3 g/100 ml), glucosa (0.3-1.1 /100 ml), sorbitol (0.1-0.8 g/100 ml), sacarosa (7-98 mg/100 ml) como mayoritarios. Estos coinciden con los mayoritarios en manzana (Ackermann *et al.*, 1992). Como minoritarios se detectan inositol, estaquiosa, xilosa, rafinosa y ramnosa. Estos datos están de acuerdo con los encontrados por Lesinska (1987), aunque se aprecian algunas diferencias, debidas sobre todo a que en nuestro caso se determina solo los azúcares libres y Lesinska estudia además los carbohidratos que forman parte de los polisacáridos de la pared celular.

Como sucede en la manzana (Ackermann *et al.*, 1992), la fructosa es el azúcar mayoritario. La especie con mayor contenido en fructosa es *C. cathayensis*, cuyo valor medio es de 2.3 g/100 ml. Esta cifra es superior a la mostrada por Belitz y Grosch (1987), en uva y zumos de naranja y limón (1.2, 2.4 y 0.9 g/100 ml); similar a la obtenida en fresas (2.2 g/100 ml) por van Gorsel *et al.* (1992), y menor que la detectada en zumos de manzana cv. Red Delicious, pera, kiwi y uva -5.3, 8.1, 8.2 y 10.5 g/100 ml respectivamente- (van Gorsel *et al.*, 1992).

Tabla IV.2.2.4.1. Composición de azúcares en el zumo fresco (mg/100 ml) I

		n	Estaquiosa	Rafinosa	Sacarosa	Glucosa	Xilosa
Especie	Genotipo						
<i>C. japonica</i>	NV	9	7.4±8.2	7.5±7.2	57.0±93.5	308.3±181.6	94.0±36.7
	RG	10	1.1±1.5	2.0±2.4	7.3±10.2	630.5±193.8	73.2±87.1
	D	6	1.5±2.0	13.7±18.6	98.2±90.3	530.5±270.9	133.5±92.1
	F	7	19.6±39.9	3.4±3.9	52.4±54.8	487.0±125.2	190.6±177.0
	Promedio	32	7.0±18.5	6.1±9.6	48.2±72.3	489.7±224.9	116.0±110.0
<i>C. speciosa</i>	RG	1	0	4	32.0	414.0	91.0
<i>C. cathayensis</i>	RG	1	0	14.0	23.0	1065.0	229.0
<i>C. x superba</i>	RG	1	7.0	0.0	29.0	372.0	45.0
Campaña	1998	18	9.0±25.6	9.3±12.0	63.4±81.1	489.6±287.9	163.7±111.4
	1999	16	3.2±4.6	2.4±3.0	30.1±51.9	509.4±182.1	66.9±81.6
	2000	1	18.0	6.0	3.0	560.0	62.0
País	S	28	3.4±5.6	6.7±10.2	44.0±73.3	504.1±259.5	98.0±75.8
	F	7	19.6±39.9	3.4±3.9	52.4±54.8	487.0±125.2	190.57±178.0
PROMEDIO		35	6.6±18.7	6.1±9.3	46.5±69.3	500.7±237.2	116.5±107.5

Tabla IV.2.2.4.1 Composición de azúcares en el zumo fresco (mg/100 ml) II

		n	Ramnosa	Fructosa	Inositol	Sorbitol
Especie	Genotipo					
<i>C. japónica</i>	NV	9	11.0±6.7	817.1±358.8	6.4±5.6	121.1±68.8
	RG	10	8.8±20.6	1159.9±624.8	9.5±6.1	269.4±104.8
	D	6	28.3±37.9	1218.5±654.3	7.2±8.5	245.3±68.6
	F	7	19.3±35.6	1177.6±504.2	25.9±26.4	448.9±228.0
	Promedio	32	15.37±25.8	1078.3±541.1	11.8±15.0	262.4±170.1
<i>C. speciosa</i>	RG	1	9.0	1035.0	4.0	519.0
<i>C. cathayensis</i>	RG	1	96.0	2293.0	17.0	452.0
<i>C. x superba</i>	RG	1	0.0	728.0	7.0	407.0
Campaña	1998	18	30.1±34.5	1187.3±732.2	12.4±19.5	251.6±187.3
	1999	16	3.4±7.2	991.6±279.0	9.9±5.1	277.6±90.4
	2000	1	0.0	1326.0	23.0	806.0
País	S	28	16.5±27.0	1082.9±580.0	8.0±6.4	236.9±128.6
	F	7	19.3±35.6	1177.6±504.2	25.9±26.4	448.9±228.0
PROMEDIO		35	17.0±28.4	1130.2±559.9	11.6±14.4	279.3±172.4

La Tabla IV.2.2.4.1., que recoge los contenidos medios de los azúcares, muestra que el contenido medio de glucosa es de 5 g/100 ml de zumo. Comparado con otros estudios, este valor es inferior al encontrado en zumos de uva y kiwi, 9.6 y 6.9 g/100 ml (van Gorsel *et al.*, 1992) y mayor que en zumo de manzana (2.1 g/100 ml), pera (1.7 g/100 ml), naranja (2.4 g/100 ml), melocotón (0.7 g/100ml) y limón (0.5 g/100 ml), (Belitz y Grosch, 1987; van Gorsel *et al.*, 1992).

El sorbitol, que está presente en menores cantidades en el fruto (0.28 g/100 ml), realiza un importante papel en el metabolismo de azúcares durante su desarrollo (Berüter, 1985). La cantidad de sorbitol, a diferencia del resto de azúcares, no aumenta durante el crecimiento del fruto, ya que no se acumula, sino que se va convirtiendo en fructosa, glucosa y sacarosa de un modo continuo (Ackermann *et al.*, 1992).

Al igual que ocurre en manzana, la influencia de las condiciones de cultivo hace difícil comparar las diferencias significativas entre las especies con otros resultados publicados. En este caso, es aún más difícil, debido a la escasa bibliografía que hay sobre este tema. Pero a pesar de esto, se observan claras diferencias entre especies para el contenido del conjunto de azúcares, siendo, de un modo general, los pertenecientes a la especie *C. cathayensis* los que mayor contenido de azúcares muestran. También queda recogido en la tabla una notable influencia de la campaña, es decir, de todo un conjunto de factores agrupados como año (climatología, prácticas agronómicas, etc.), y se observa a su vez una menor, pero también marcada diferencia, entre frutos obtenidos en distintos lugares de cultivo. Esto se observa, sobre todo, en el caso de sorbitol y xilosa.

Estos valores del contenido global de azúcares confirman que la lectura refractométrica (sólidos solubles) de los zumos de *Chaenomeles* no se corresponde sólo con los porcentuales de azúcares (°Brix), sino con el contenido de azúcares y de ácidos orgánicos.

En conjunto, el total de sólidos solubles guarda relación con la baja densidad de los zumos simples de *Chaenomeles*.

IV.2.2.5. Aniones y cationes

La concentración de aniones y cationes inorgánicos del zumo de *Chaenomeles* se muestra en la Tabla IV.2.2.5.1. Se han detectado e identificado cinco cationes y dos aniones: sodio, amonio, potasio, calcio y magnesio, fluoruro y cloruro. Todos aparecen en todas las muestras y en cantidades similares en los diferentes genotipos y especies.

El catión mayoritario es el potasio, con una cantidad variable entre 153 y 241 mg/100 ml. Esta concentración es similar a la que muestran los zumos de cítricos. Es una cantidad considerable en cuanto a ingesta de potasio para el organismo humano.

Le siguen, en cuanto a concentración, calcio y magnesio (10-19 y 4-8 mg/100 ml). En general, el calcio es el nutriente mineral de la planta asociado con más frecuencia a la calidad del fruto, en concreto, en lo relativo a su firmeza (Sams *et al.*, 1993). También está demostrada la influencia del calcio sobre algunos desórdenes en frutas (Shear, 1975) y procesos fisiológicos y bioquímicos relacionados con el ablandamiento (Poovaiah *et al.*, 1988).

Se han detectado cantidades de sodio entre 3-9 mg/100 ml. Éste es superior al obtenido por Hendrix y Redd (1995) y Lea (1995), en zumos de naranja y manzana (0.5 mg/100 ml y 2.1mg/100 ml respectivamente) y similar al encontrado por Mataix *et al.* (1998), en zumo de melocotón (8 mg/100ml).

Los datos obtenidos para *Chaenomeles* se pueden comparar con los de Hendrix y Redd (1995), para zumo de naranja, en el que encontraron cantidades de 116-265 mg/100 ml de potasio, 6-29 mg/100 ml de calcio y 10-17 mg/100 ml de magnesio; y con los descritos por Lea (1995), según el cual la manzana contiene 90-150 mg/100 ml potasio, 3-12 mg/100 ml calcio y 4-7 mg/100 ml de magnesio.

Tabla IV.2.2.5.1. Perfil de aniones y cationes en el zumo de *Chaenomeles* (mg/100 ml)

		n	Flúor	Cloro	Sodio	Amonio	Potasio	Magnesio	Calcio
Especie	Genotipo								
<i>C. japonica</i>	NV	9	84.7±31.2	5.4±2.4	3.5±1.0	0.7±0.5	163.1±12.2	5.7±1.9	10.6±1.7
	RG	10	42.9±31.5	4.1±3.8	4.0±3.2	0.6±0.4	192.8±19.6	5.7±1.4	12.5±2.4
	D	6	86.0±8.4	6.8±1.8	4.0±1.1	0.5±0.6	158.1±12.3	5.2±1.1	13.9±2.1
	F	6	101.9±27.2	3.4±0.1	3.4±1.6	0.5±0.3	203.8±30.3	7.8±1.9	16.5±3.1
	Promedio	31	83.0±30.3	5.2±2.5	3.7±2.0	0.6±0.4	179.6±26.2	6.0±1.7	13.0±3.1
<i>C. speciosa</i>	RG	1	139.0	8.7	5.7	-	241.0	5.7	19.0
<i>C. cathayensis</i>	RG	1	83.0	8.7	4.7	0.5	153.0	3.8	15.2
<i>C. x superba</i>	RG	1	-	-	8.7	0.4	213.0	6.5	15.1
Campaña	1998	18	86.1±31.3	5.6±2.5	3.6±1.2	0.8±0.4	179.0±31.7	5.7±1.9	12.3±2.9
	1999	16	-	-	4.4±2.9	0.4±0.4	184.5±24.0	6.3±1.5	14.4±3.1
País	S	28	83.0±32.0	5.9±2.5	4.1±2.2	0.6±0.5	176.8±25.7	5.6±1.4	12.6±2.7
	F	6	101.9±27.2	3.4±0.1	3.4±1.6	0.5±0.3	203.8±30.3	7.8±1.9	16.5±3.1
PROMEDIO		34	86.1±31.3	5.6±2.5	4.0±2.1	0.6±0.4	181.6±28.1	6.0±1.7	13.3±3.1

IV.2.3. Características de las semillas

Como queda descrito anteriormente en la caracterización del fruto (IV.2.1.1.), éste presenta una gran cantidad de semillas (5-9%). Este alto contenido hace que sea interesante su estudio para la búsqueda de alguna característica interesante que haga rentable su aprovechamiento o transformación, como por ejemplo la extracción del aceite. Si la bibliografía acerca del *Chaenomeles* es muy escasa, la referente al estudio de las semillas del mismo es totalmente inexistente.

Las semillas de *Chaenomeles* frescas tienen una humedad entre 39 y 45 %. No se observan grandes diferencias entre las especies. La media de la especie *C. japonica* es de 42.4% y la del *C. x superba* es de 40% (Tabla IV.2.3.1.).

Recientemente se han encontrado y estudiado algunos aceites de semillas con una composición deseable y adecuada en ácidos grasos esenciales (Melgarejo y Artés, 2000; Mello *et al.*, 2000). El conocimiento de la composición de la fracción lipídica es interesante debido a los potenciales beneficios sobre la salud de los ácidos grasos poliinsaturados. Se ha descrito y se investiga sobre el papel preventivo de enfermedades cardiovasculares de los ácidos grasos poliinsaturados y sobre su influencia en la disminución del colesterol en sangre (de Hoya y Mata, 1989). Por otra parte, bastantes aceites de semillas tienen aplicaciones en la industria de cosméticos, productos farmacéuticos e incluso en la industria alimentaria. El conocimiento de la fracción lipídica también es interesante para el establecimiento de una quimiotaxonomía varietal (Sundar y Sino, 1992; Onyeneho y Hettiarachchy, 1993).

El porcentaje de aceite obtenido a partir de las semillas presenta un contenido promedio de 4.5 % sobre base húmeda (Tabla IV.2.3.1.).

A través del análisis gas-cromatográfico del aceite obtenido de las semillas se han identificado nueve ácidos grasos, que aparecen detallados en la Tabla IV.2.3.2. Como es conocido, la composición en ácidos grasos del aceite de semillas, depende de las condiciones de cultivo y del cultivar (Brignoli *et al.*, 1976).

Tabla IV.2.3.1. Composición de las semillas de *Chaenomeles*

			Humedad (%)	Grasa total (% b.h.)
Especie	Genotipo			
<i>C. japonica</i>	NV	1	41.8	5.9
	RG	9	41.8±1.2	5.1±0.6
	D	5	40.4±1.0	5.6±1.5
	F	9	45.5±4.0	3.4±1.7
	C	9	41.0±2.6	3.8±1.1
	Promedio	33	42.4±3.2	4.4±1.5
<i>C. x superba</i>	RG	1	40.5	9.8
Campaña	1999	16	41.2±1.4	5.7±1.5
	2001	18	43.3±3.9	3.5±1.2
País	S	19	41.4±1.5	5.4±1.6
	F	12	44.7±3.7	3.4±1.5
	L	3	38.3±0.9	4.0±0.4
PROMEDIO		34	42.3±3.1	4.6±1.7

Tabla IV.2.3.3 Ácidos grasos en aceite de semillas de *Chaenomeles*

Ácidos grasos	TOTAL
Palmítico (C16:0)	7.9
Esteárico (C18:0)	1.1
Araquídico (C20:0)	0.6
Behénico (C22:0)	0.2
Σ Saturados	9.9
Oleico (C18:1)	38.1
Cis-11-Eicosanoico (C20:1)	0.5
Σ Monoinsaturados	38.6
Linoleico(C18:2)	50.1
Linolenico(C18:3)	0.6
Σ Poliinsaturados	50.7
Saturados/Insaturados	0.1

n=16

Los ácidos grasos saturados e insaturados constituyen un 10% y 89% del total, respectivamente. De la elevada cantidad de ácidos grasos insaturados, el mayoritario es el linoleico (50%), como ocurre en las semillas de melón, manzana y fresa (Mello *et al.*, 2001; Yinrong y Yeap, 1998; Oomah *et al.*, 2000), y muy distinto a las semillas de la granada (Melgarejo y Artés, 2000). En una cantidad también elevada está el oleico (38%). En manzana se observó un porcentaje mucho menor (4.1%) para el oleico (Yinrong y Yeap, 1998).

De los saturados, el ácido graso mayoritario es el palmítico, con una variación por especies entre 7.2 y 9.0% y le sigue el esteárico (0.9-1.4%).

La relación de ácidos grasos saturados/insaturados (Tabla IV.2.3.3.) es muy baja en este aceite (0.1:1).

IV.3. CONSERVACIÓN FRIGORÍFICA DE LOS FRUTOS DE *Chaenomeles* (Estudios 3 y 4)

El almacenamiento de los frutos una vez recolectados va acompañado por la pérdida de la integridad de la pared celular debido a la degradación de las sustancias pécticas y, como consecuencia, un incremento de las pectinas solubles y una disminución en la firmeza del fruto (Conway *et al.*, 1994). Por tanto, existe la necesidad de mantener estas propiedades físico-químicas en los valores adecuados, bien mediante la aplicación de técnicas físicas, básicamente la conservación por frío, o mediante la realización de tratamientos que sean inocuos para el fruto y para el consumidor, pero que mejoren las propiedades antes mencionadas, por ejemplo tratamientos con calcio y calor, tratamientos con poliaminas exógenas... (Martínez-Romero *et al.*, 1999; Martínez-Romero, 2000).

La conservación frigorífica, aunque implica un importante gasto energético, es de gran utilidad para el mantenimiento de la calidad de los frutos -siempre que no sean sensibles a daños por frío- ya que disminuye la transpiración de la fruta, inhibe la

germinación de esporas y el crecimiento de hongos, y retrasa los cambios bioquímicos que conducen a la senescencia. Todo ello contribuye a una reducción de pérdidas postcosecha, y a una mejora de la presentación y de la calidad intrínseca de la fruta.

La dilatación de los períodos de conservación postcosecha convierte a la frigoconservación en una actividad económica que permite diferir la oferta y concentrarla en los momentos más favorables.

Los alimentos refrigerados mantienen prácticamente todas las características sensoriales y nutritivas del alimento original y son, hoy en día, considerados como alimentos frescos y sanos por parte del consumidor.

Se utiliza, por tanto, la frigoconservación para reducir la velocidad de las transformaciones bioquímicas y desarrollos microbiológicos en los alimentos, y para prolongar su vida útil. Toda reducción de temperatura se convierte en una disminución de las reacciones metabólicas al modificar la energía de activación, la velocidad máxima y la constante de Michaelis de las reacciones enzimáticas, y las concentraciones de sustratos y de productos de reacción. Lance y Moreau (1992) exponen que tanto la respiración y la fotosíntesis -los principales procesos ligados al metabolismo energético de la planta- como todo el metabolismo general, se perturban por las temperaturas de refrigeración. Todo esto supone una disminución de la velocidad a la que cambia cualquier parámetro: respiración, vitamina C, textura..., si bien el efecto de esta reducción no es el mismo y uniforme en todos (Holdsworth, 1988).

Los efectos de la temperatura son llamativos ya que, en general, la velocidad de las reacciones se reduce a la mitad, e incluso más, por cada 10 °C de descenso de temperatura y viceversa. Según explican Wills *et al.* (1990), los efectos de la reducción de la temperatura sobre los distintos parámetros fisiológicos no son uniformes. Pequeñas reducciones en el rango superior de temperatura sólo consiguen incrementar muy ligeramente la vida útil. En cambio, reducciones de temperatura también pequeñas en las proximidades de 0 °C consiguen mejorarla de un modo mucho más acusado.

Si el efecto de la temperatura sobre la velocidad de las reacciones es importante, más importante lo es sobre la germinación de las esporas fúngicas. El tiempo de

germinación aumenta a medida que la temperatura de almacenamiento desciende. Incluso, aunque alguna especie puede crecer por debajo de los 0 °C, la mayoría no lo hacen a temperaturas inferiores a los 3-5 °C.

La literatura científica recoge un amplio número de artículos relacionados con los cambios químicos debidos a la maduración y a las condiciones y tiempo de almacenamiento, en una gran variedad de frutas (Burda *et al.*, 1990; Ackermann *et al.*, 1992; Hernández y Alique, 1999; Pérez-Illarbe *et al.*, 1999; Salah y Dilshad, 2002). Sin embargo, en el caso del *Chaenomeles* no se dispone de datos, ni tan siquiera orientativos sobre sus posibilidades de conservación refrigerada. Sólo recientemente en nuestro equipo de investigación se han desarrollado trabajos de conservación frigorífica de *Chaenomeles* (Jordán *et al.*, 1998; Barceló *et al.*, 2000; Vila *et al.*, 2002; Vila *et al.*, 2003), que constituyen la base de los resultados recogidos en esta Memoria.

Dadas las características de estos frutos y la principal comercialización en el Norte de Europa -donde se consumen actualmente- se ha optado por no utilizar ninguna de las técnicas auxiliares a la conservación frigorífica tales como tratamientos de antiescaldado, conservantes antifúngicos, recubrimientos cerosos..., que le restan “naturalidad” para las exigencias de estos mercados.

IV.3.1. Conservación frigorífica a 5 °C (Estudio 3)

En este apartado se analizan los cambios y la evolución de las características que se consideran en toda esta investigación para los frutos de *Chaenomeles*, almacenados durante nueve semanas en cámara frigorífica a temperatura de 5 °C y 80% de HR.

IV.3.1.1. Evolución de las características del fruto

Peso unitario.- Como cabría esperar, la evolución del peso durante la conservación en refrigeración se manifiesta en una disminución del mismo, debido a la pérdida de agua de la fruta. Las pérdidas de peso son mayores en los frutos de mayor volumen (mayor peso) debido a la mayor superficie expuesta a la evaporación.

El porcentaje de pérdida promedio al final del almacenamiento es de 29%, y el porcentaje medio de pérdida de peso en el primer intervalo estudiado, a las tres semanas, es de 11%. Estos valores resultan muy superiores a los que se producen en la conservación frigorífica comercial de frutas; por ejemplo en el caso de la conservación de ciruelas, 3-4%, almacenadas tres semanas (Valero *et al.*, 2002). La pérdida de peso se manifiesta de un modo constante, como se puede observar en la Figura IV.3.1.1.1. Aunque los dos cultivares RG de las especies *C. japonica* y *C. x superba* presentan la misma evolución, se confirma con este estudio la influencia de la especie, como ya se había comentado en el apartado anterior sobre el peso del fruto (IV.2.1.1.).

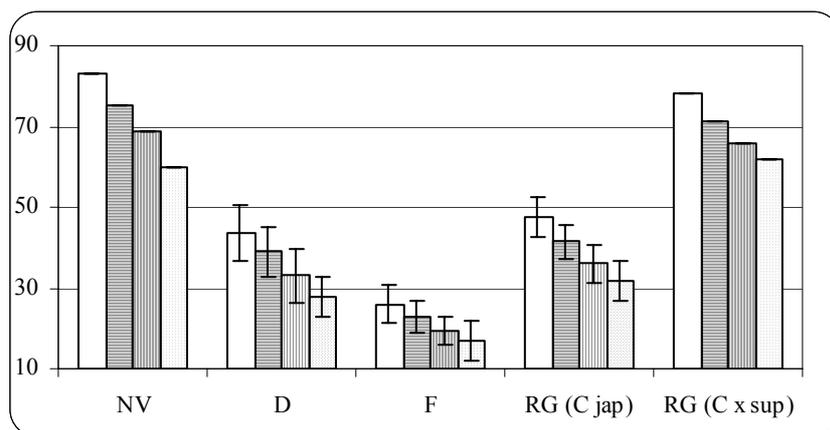
Fracciones.- Las fracciones de pulpa y zumo, siguen comportamientos más o menos irregulares (Figura IV.3.1.1.2.); aunque sí se podría deducir que, en términos generales, la fracción de zumo tiende a disminuir y por tanto, la pulpa tiende a aumentar (Figura IV.3.1.1.2.A. y B.). Esto concuerda con que en el periodo de conservación estudiado no se observa degradación de la pulpa y la pérdida de peso es debida a la pérdida de agua, que en su mayor parte se encuentra en forma de zumo.

En la Figura IV.3.1.1.2.C. se observa que el porcentaje de peso de las semillas respecto al fruto, aumenta durante el almacenamiento, lo que es totalmente lógico ya que el peso del fruto, disminuye mientras el peso total de las semillas permanece constante, por ser muy resistentes a la desecación.

Destaca el mayor porcentaje de semillas que contiene el genotipo F93042, comparándolo con el resto de genotipos del mismo cultivar (Figura IV.3.1.1.3.C.).

Figura IV.3.1.1.1. Evolución del peso del fruto durante el almacenamiento a 5 °C y 80% HR, (A) para los distintos cultivares y (B) los distintos genotipos del cultivar F

A) Peso unitario (g)



B) Peso unitario (g)

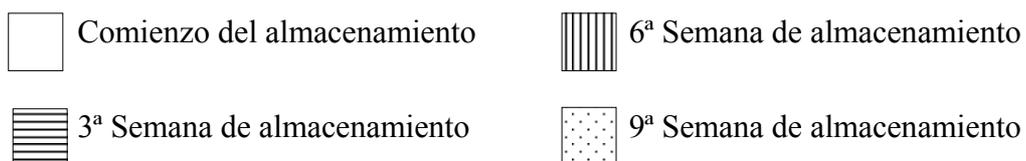
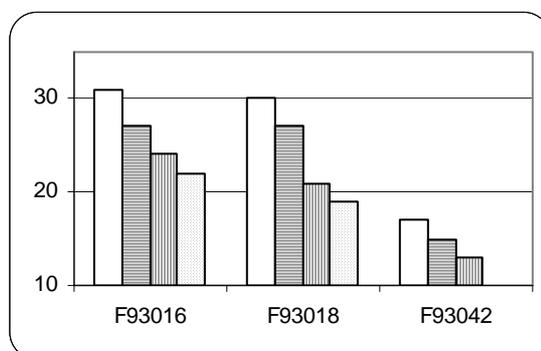
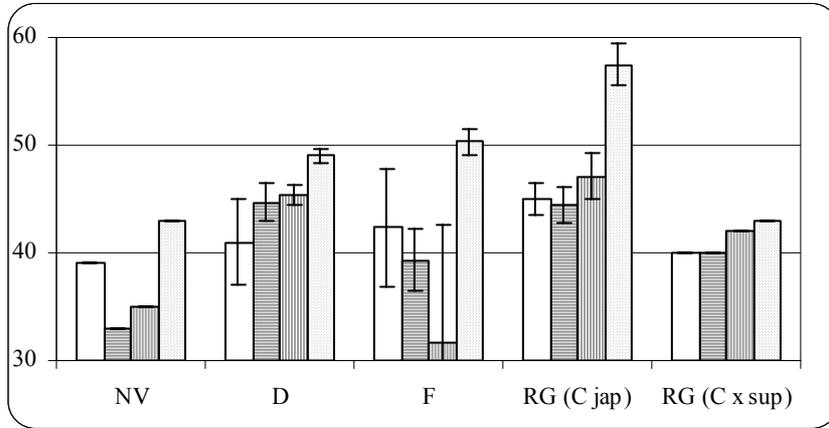
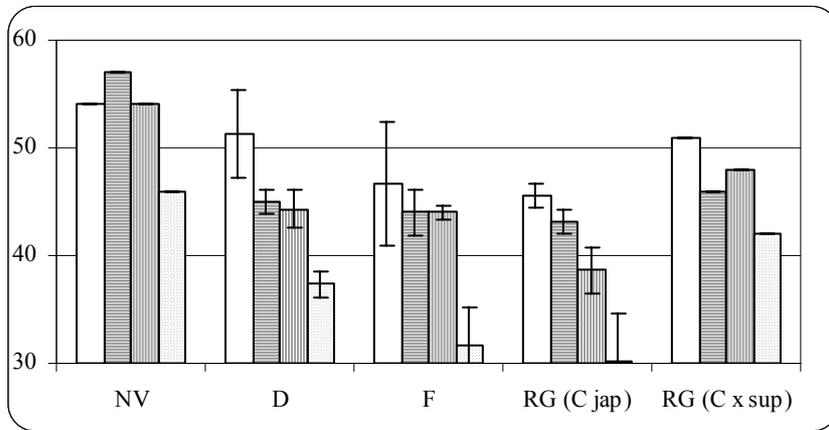


Figura IV.3.1.1.2. Evolución de las fracciones (A) pulpa, (B) zumo y (C) semillas del fruto durante el almacenamiento (5 °C, 80% HR), para los distintos cultivares

A) Pulpa (%)



B) Zumo (%)



C) Semillas (%)

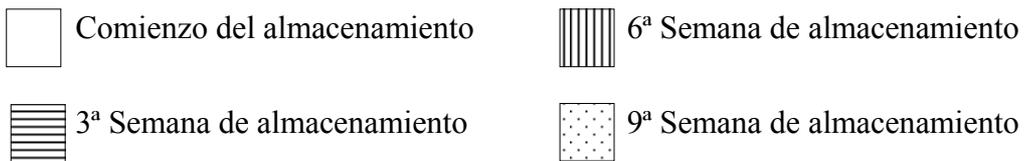
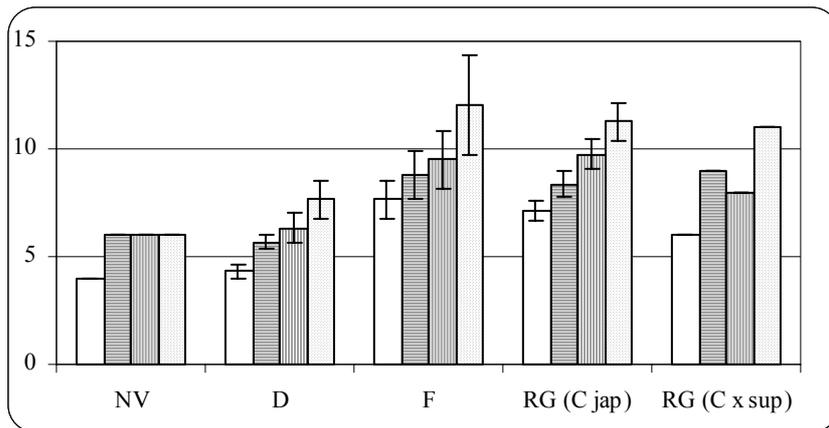
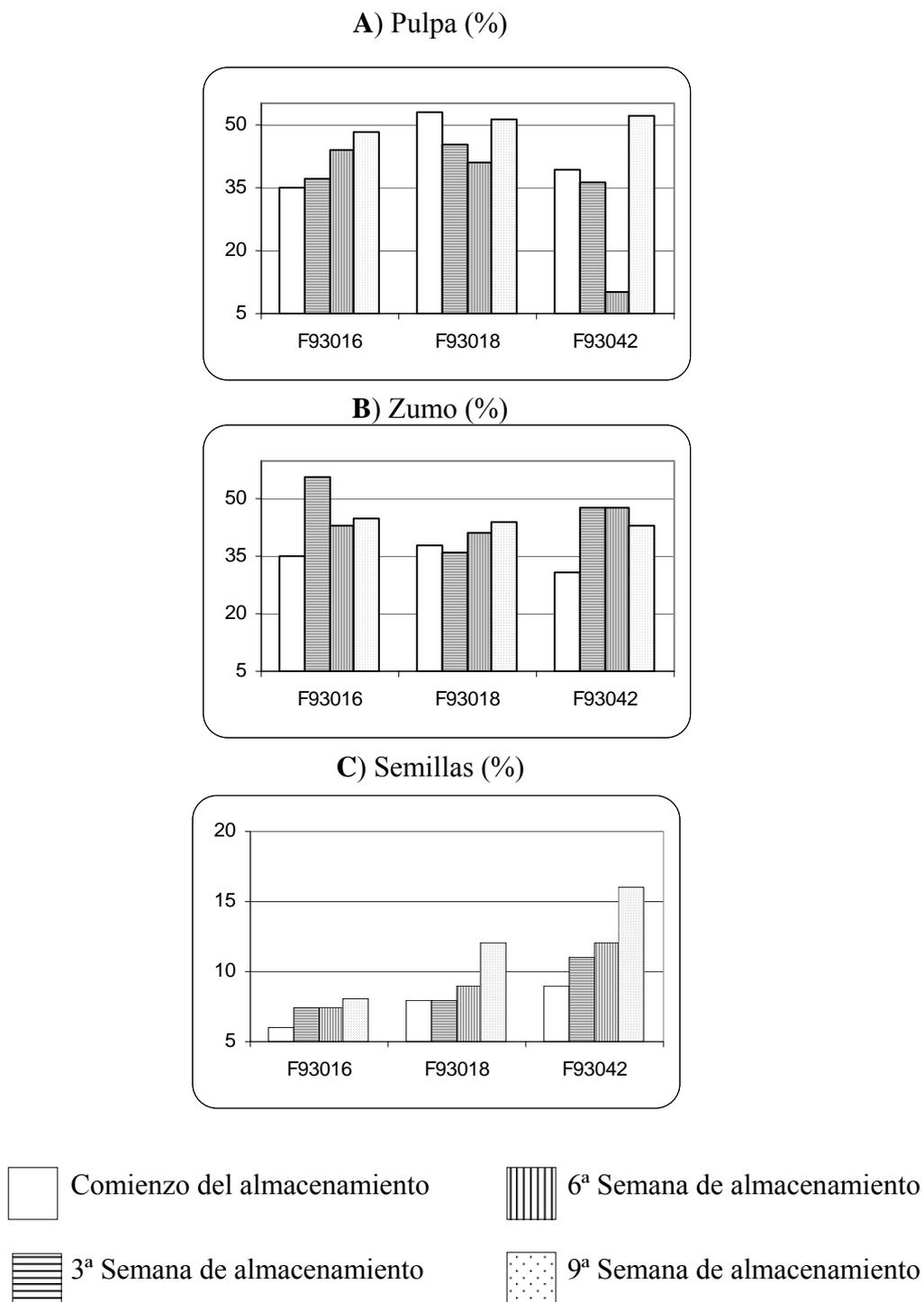


Figura IV.3.1.1.3. Evolución de las fracciones (A) pulpa, (B) zumo y (C) semillas del fruto durante el almacenamiento (5 °C, 80% HR), para los distintos genotipos del cultivar F



Color.- Los parámetros de color de los frutos también manifiestan una evolución a lo largo del mantenimiento en la cámara frigorífica. La luminosidad de los frutos, en todas sus variedades, es cada vez menor (disminución del parámetro L), y esa disminución además está influida por la variedad. En el caso de los *Chaenomeles* NV, hay un mayor descenso en las tres primeras semanas de almacenamiento, mientras que en el caso de los D y F se determina la mayor disminución a partir de la sexta semana de almacenamiento. El cultivar RG muestra un descenso progresivo a lo largo del periodo (Figura IV.3.1.1.4.A.).

Queda reflejado claramente en la Figuras IV.3.1.1.4.B. y C. que durante la conservación en cámara los parámetros de color a^* y b^* evolucionan.

En el caso de la coordenada b^* , que se refiere al color amarillo del fruto se produce una disminución. El cambio experimentado se debe a que el fruto pasa de su estado de maduración plena, amarillo típico, a estados de mayor o menor envejecimiento, dando paso a un tono de amarillo más apagado consecuencia incluso de ligeros pardeamientos.

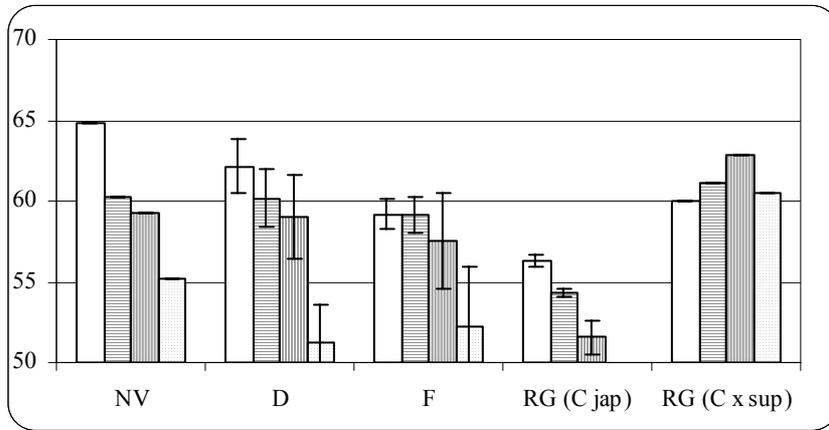
El tono rojo, propio de valores positivos de la coordenada a^* , aumenta, lo que muestra cómo el tiempo de permanencia en la cámara tiene una respuesta fisiológica en el fruto que se traduce en la producción de pigmentos rojos, aunque por el valor de la coordenada lo es en muy bajas cantidades; se aprecia en el aspecto físico de la fruta, unas manchas rojizas en su superficie (Figura IV.2.1.2.2.).

Es muy significativo, también en este sentido, el valor negativo y la evolución de la coordenada a^* de la especie *C. x superba*, que se debe al color verde característico de la especie, y que va desapareciendo al avanzar el periodo de conservación en la cámara.

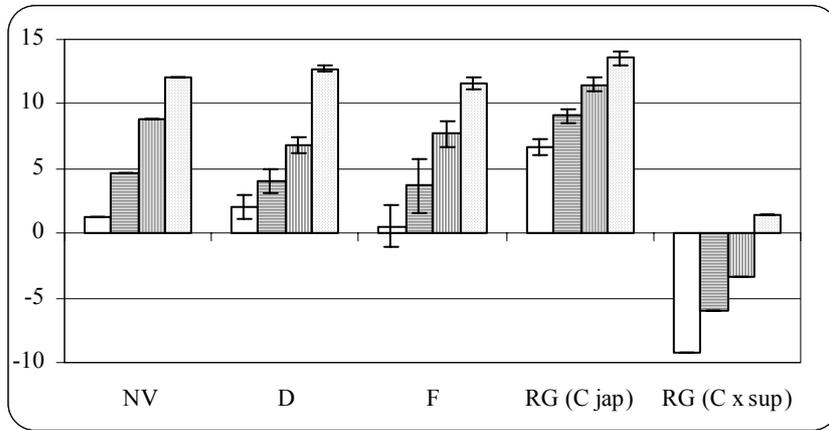
Observando el comportamiento de los distintos genotipos del mismo cultivar (Figura IV.3.1.1.5. A., B., C.) en la evolución de los parámetros de color destaca el diferente comportamiento de uno de los genotipos, el F93018, que muestra valores inferiores en los tres parámetros L, a^* y b^* . En cambio los otros genotipos tienen valores muy similares.

Figura IV.3.1.1.4. Evolución de los parámetros de color (L, a*, b*) del fruto durante el almacenamiento (5° C, 80% HR) para los distintos cultivares

A) L



B) a*



C) b*

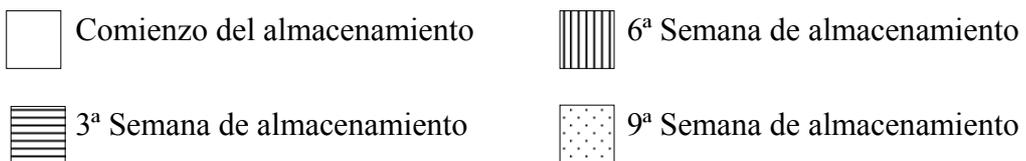
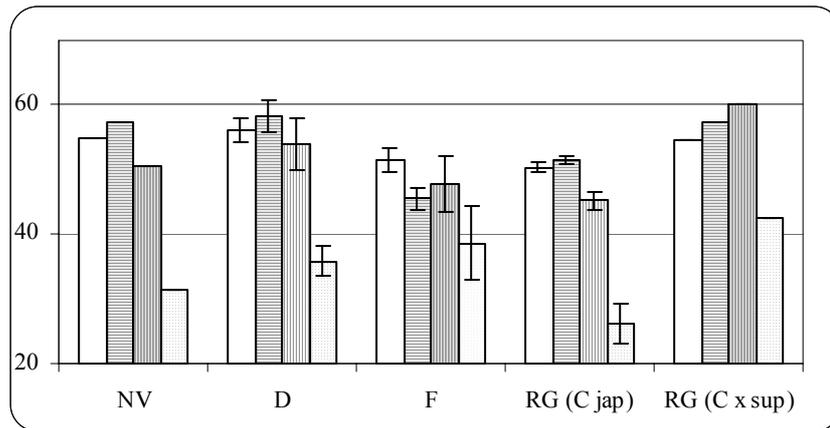
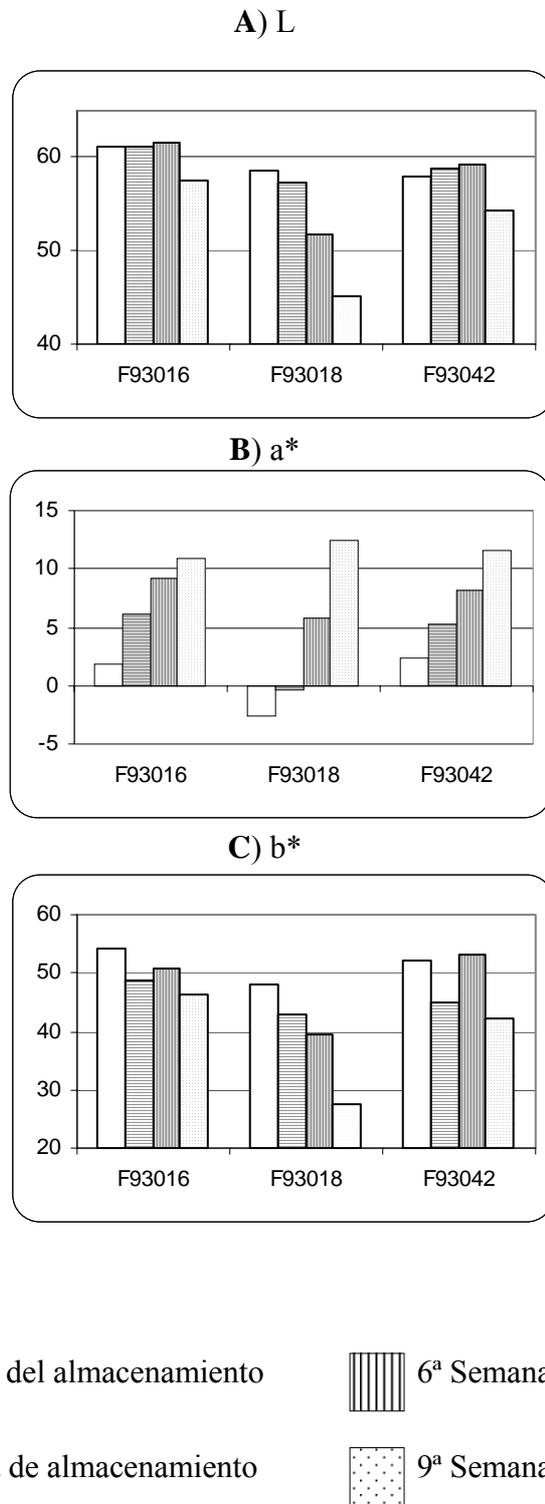


Figura IV.3.1.1.5. Evolución de los parámetros de color (L, a*, b*) del fruto durante el almacenamiento (5° C, 80% HR) para los distintos genotipos del cultivar F



IV.3.1.2. Modificaciones físico-químicas del zumo durante el almacenamiento

pH.- Los valores del pH (Figura IV.3.1.2.1.A.) permanecen durante todo el almacenamiento muy bajos, entre 2.3 y 2.8, con una tendencia ligeramente ascendente. Tanto en los valores como en la evolución, no se observan diferencias significativas entre especies ni entre variedades. Son claramente indicativos de la gran acidez de los frutos.

Sólidos solubles.- En el caso de los sólidos solubles (°Brix) la tendencia general es al aumento durante la conservación (Figura IV.3.1.2.2.A.), ya que los valores promedio ascienden de 8.2 a 10.2 °Brix, entre el momento inicial y final, respectivamente.

Al igual que en el caso de cultivares de manzana, según describe Dilli *et al.* (2002), el contenido de sólidos solubles aumenta en los frutos de todos los cultivares durante el almacenamiento. Los mayores porcentajes de azúcares corresponden, en los cuatro periodos de estudio, a los *Chaenomeles* del cultivar F (8.8, 9.6, 10.3 y 12.2 °Brix). En el caso de la variedad RG, tanto para la especie *C. japonica* como *C. x superba* se produce una pequeña disminución del contenido en sólidos solubles hacia el final de la conservación.

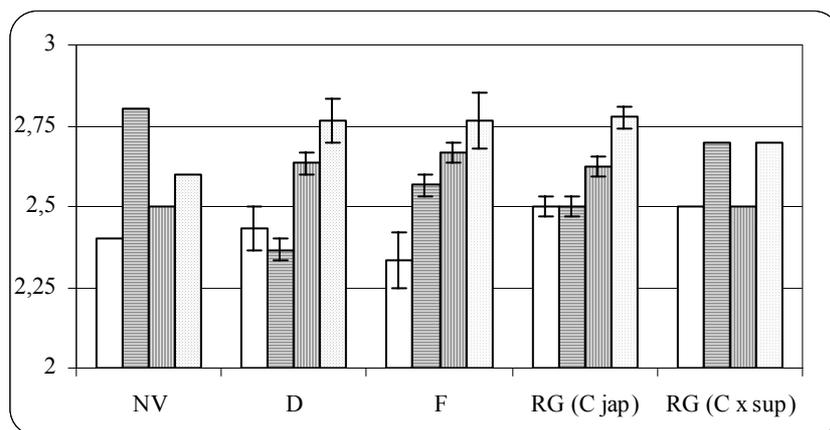
Al considerar los distintos genotipos del cultivar F (Figura IV.3.1.2.2.B.) se determina que muestran la misma evolución, y aproximadamente las mismas cantidades de sólidos solubles.

Sólidos insolubles.- Con el tiempo de almacenamiento frigorífico aumenta el contenido en sólidos insolubles en el zumo, hasta la novena semana (Figura IV.3.1.2.3.A.).

Cabe destacar la influencia del tipo de cultivar, que se manifiesta en la mayor cantidad de sólidos insolubles que producen los *Chaenomeles* del cultivar F (Figura IV.3.1.2.3.B.).

Figura IV.3.1.2.1. Evolución del pH del zumo durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR), para **(A)** los distintos cultivares y **(B)** los distintos genotipos del cultivar F

A) pH



B) pH

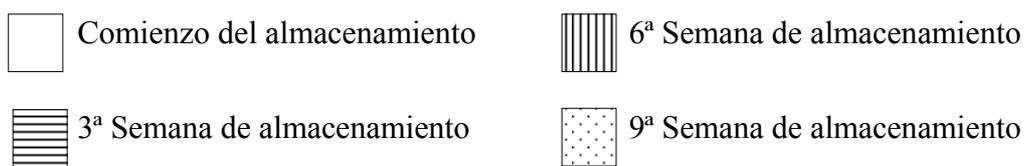
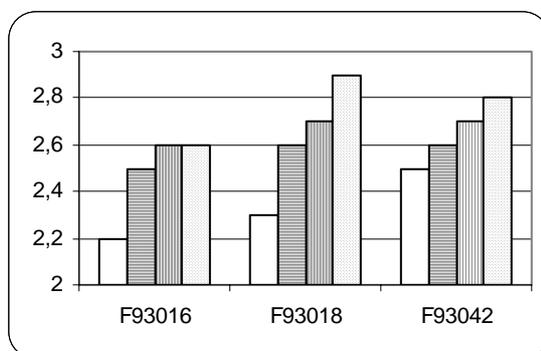
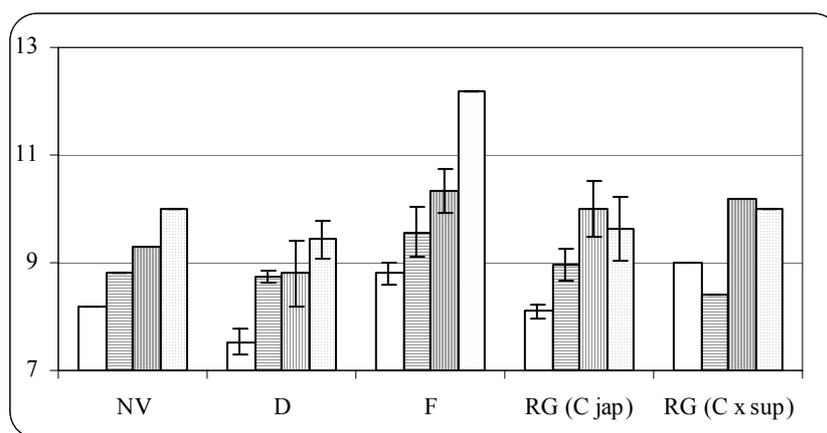
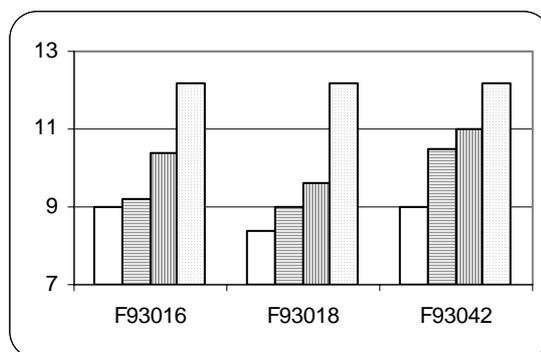


Figura IV.3.1.2.2. Evolución de los sólidos solubles del zumo durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) los distintos genotipos del cultivar F

A) Sólidos solubles (°Brix)



B) Sólidos solubles (°Brix)



□ Comienzo del almacenamiento

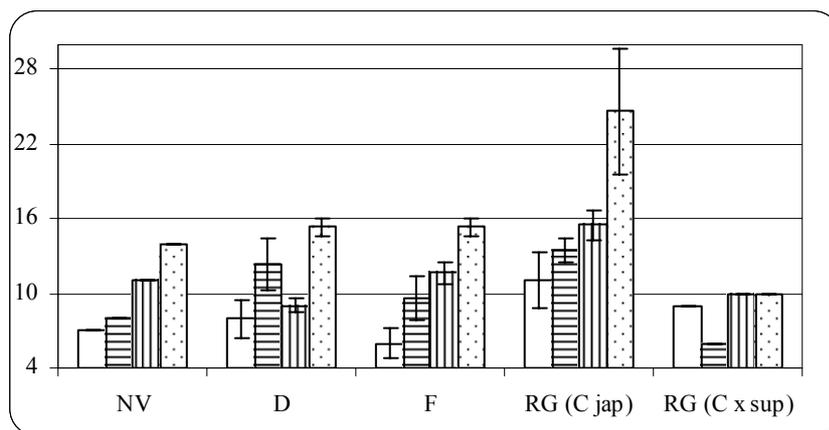
▨ 6ª Semana de almacenamiento

▨ 3ª Semana de almacenamiento

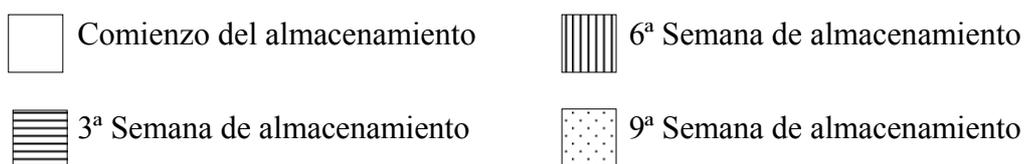
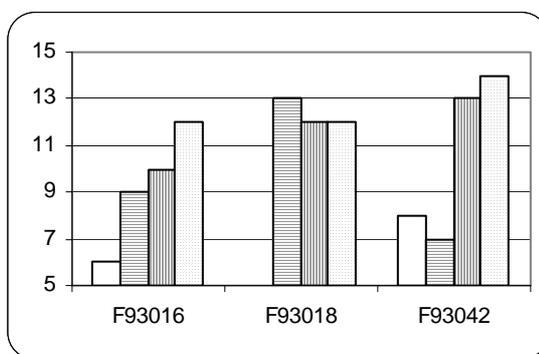
▨ 9ª Semana de almacenamiento

Figura IV.3.1.2.3. Evolución de los sólidos insolubles del zumo durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) los distintos genotipos del cultivar F

A) Sólidos insolubles (%)



B) Sólidos insolubles (%)



Turbidez.- Aunque se han obtenido datos con una alta variabilidad para la turbidez (Anexo 3), se ha determinado que en zumo procedente de frutos conservados a 5 °C la turbidez aumenta de modo considerable, dando lugar a zumos cada vez más turbios. Este fenómeno es muy significativo, como puede observarse en la Figura IV.3.1.2.4.A., correspondiente a las variedades NV, D y F. También ocurre, pero con una menor intensidad, en el caso de la variedad RG en la que en la última etapa no se produce un aumento tan importante de la turbidez, lo que podría ser un indicio de que esta especie responde más uniformemente a la conservación prolongada a esta temperatura, retrasando el proceso de avance en el desarrollo fisiológico del fruto.

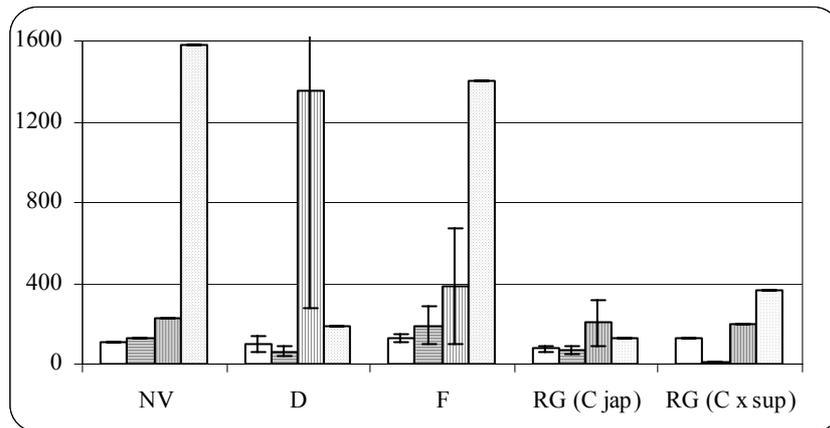
El aumento de la turbidez en el zumo coincide con lo descrito por Dever *et al.* (1991) en el caso de la manzana, y puede explicarse por dos motivos. En primer lugar, durante la maduración hay un ablandamiento del tejido del fruto con una progresiva disolución de la pared celular por enzimas pectolíticos, especialmente en la lámina media (Ben-Aire *et al.*, 1979). Cuando estas células debilitadas se exponen a las fuerzas que se provocan durante la extracción del zumo se fragmentan sus paredes en partículas más pequeñas que aumentan su tendencia a permanecer en suspensión; además el mayor contenido de pectina soluble del zumo actúa como protector del coloide, manteniendo así las partículas en suspensión y aumentando la nube o “cloud” del zumo.

Thomas *et al.* (2000) explican a su vez que este aumento de la turbidez con el tiempo de almacenamiento está relacionado con la degradación de polisacáridos en el zumo.

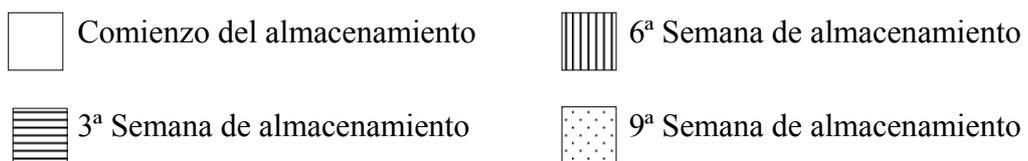
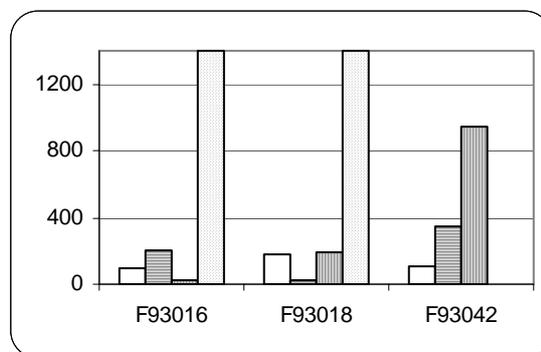
El aumento de la turbidez a lo largo de las seis primeras semanas de conservación frigorífica a 5 °C es lento, comparado con el que se produce en las últimas tres semanas por la influencia positiva de la temperatura de refrigeración sobre las reacciones de degradación.

Figura IV.3.1.2.4. Evolución de la turbidez del zumo durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) los distintos genotipos del cultivar F

A) Turbidez (NTU)



B) Turbidez (NTU)



Densidad.- La densidad es un parámetro que se mantiene entre unos límites estrechos (1.029-1.040 g/ml), tal como representa la Figura IV.3.1.2.5.A. No obstante, se detecta un ligero aumento con el tiempo de almacenamiento, debido a la concentración del jugo. Como muestra la Figura IV.3.1.2.5.B. los valores son muy similares entre especies RG (*C. japonica* y *C. x superba*) y entre cultivares (F y RG) de la misma especie (*C. japonica*). Estos resultados confirman los datos de Alvarado y Romero (1989), que determinan una correlación lineal entre la densidad de los zumos de frutas y el contenido en sólidos solubles de los mismos.

Viscosidad.- Para todos los cultivares se produce un aumento de la viscosidad hacia las etapas finales de la conservación, en concordancia con el aumento de la turbidez y de la fracción de sólidos solubles en los jugos de los frutos (Figuras IV.3.1.2.6.A. y B.).

Vitamina C.- Como se recoge en la Figura IV.3.1.2.7.A., el contenido en vitamina C de los frutos conservados a 5 °C aumenta durante las primeras semanas de almacenamiento, mostrando su máximo, en la mayoría de los casos, a la sexta semana con valores de hasta 104 mg de ácido ascórbico por 100 ml de zumo. Este valor es significativo en frutos cultivados en climas fríos, dada la importancia que tiene el contenido en vitamina C de los zumos.

El contenido en vitamina C nos da un índice de la conservación de los frutos, y sugiere que se obtendrían zumos de alta calidad, al menos nutricional, a partir de frutos conservados hasta las seis semanas de almacenamiento a 5 °C.

Se observa en la figura la alta variabilidad que presentan las medidas realizadas, debido a la heterogeneidad de las muestras de frutos que han sido tratados.

De entre los valores obtenidos cabe destacar que el fruto de la variedad RG, en cada una de las dos especies estudiadas, presenta valores muy similares, tanto en su

contenido como en su evolución, a excepción del último periodo comprendido entre las 6 y 9 semanas de conservación.

Acidez.- No hay una tendencia general definida de la acidez valorable del zumo procedente de los frutos a lo largo de la conservación, tanto en el caso de los distintos cultivares (Figura IV.3.1.2.8.A.), como en los genotipos considerados (Figura IV.3.1.2.8.B.).

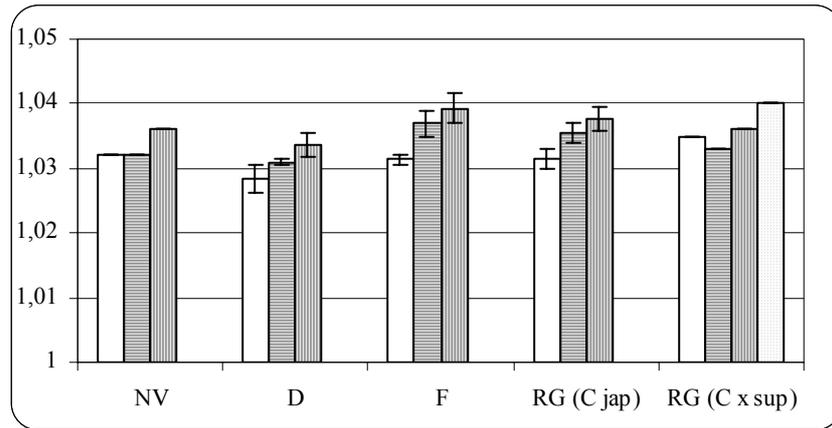
Como regla general, la acidez de los zumos de frutas disminuye durante el almacenamiento frigorífico, como ocurre en el caso de la manzana (Dilli et al., 2002). En el caso del limón, fruto que se caracteriza por su elevado contenido en ácido cítrico, la acidez aumenta (Bartolomew y Sinclair, 1951).

Compuestos fenólicos.- El contenido aumenta durante las seis primeras semanas del almacenamiento. Sólo en la etapa final se aprecia un descenso de la concentración de fenoles en los frutos. Las muestras evolucionan con una tendencia similar a la presentada por la vitamina C, aunque, como puede observarse en la figura IV.3.1.2.9.A., aparece alguna excepción, como es el cultivar F en que los compuestos fenólicos aumentan a lo largo de las nueve semanas.

Este valor es importante dada la relación que existe entre la cantidad de compuestos fenólicos en el zumo y su capacidad antioxidante, como describen Gardner et al. (2000) y Gil et al. (2002). La conservación frigorífica hace que las pérdidas de la capacidad antioxidante, debido a la disminución de la cantidad de compuestos fenólicos con el tiempo de almacenamiento, sean menores, como queda recogido por Arnao et al. (1996).

Figura IV.3.1.2.5. Evolución de la densidad del zumo durante el almacenamiento del fruto (5°C, 80% HR) para **(A)** los distintos cultivares y **(B)** los distintos genotipos del cultivar F

A) Densidad (g/ml)



B) Densidad (g/ml)

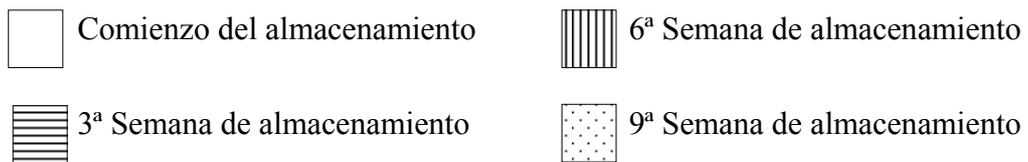
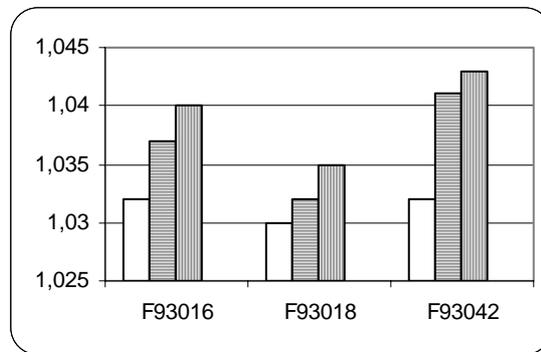
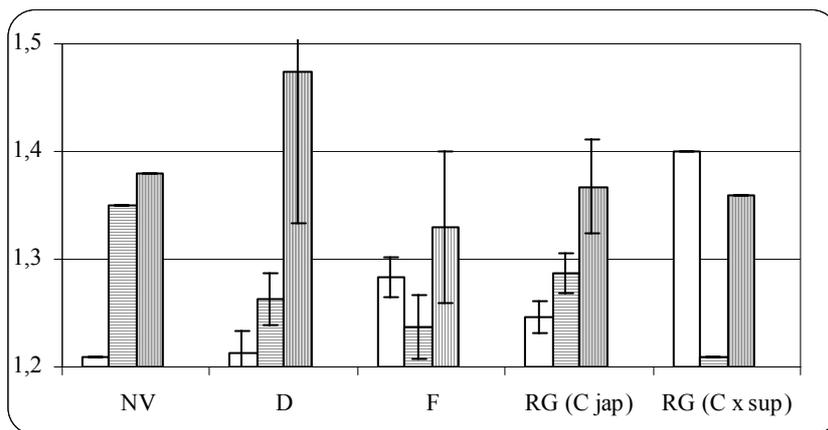


Figura IV.3.1.2.6. Evolución de la viscosidad del zumo durante el almacenamiento del fruto (5°C, 80% HR) para **(A)** los distintos cultivares y **(B)** los distintos genotipos del cultivar F

A) Viscosidad (cP)



B) Viscosidad(cP)

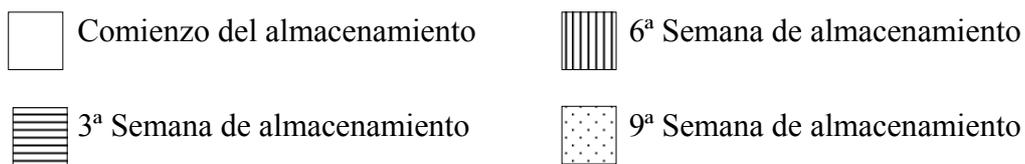
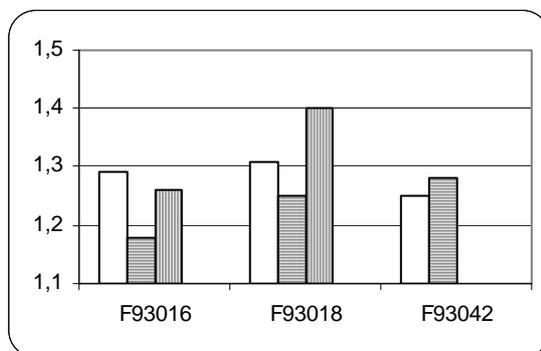
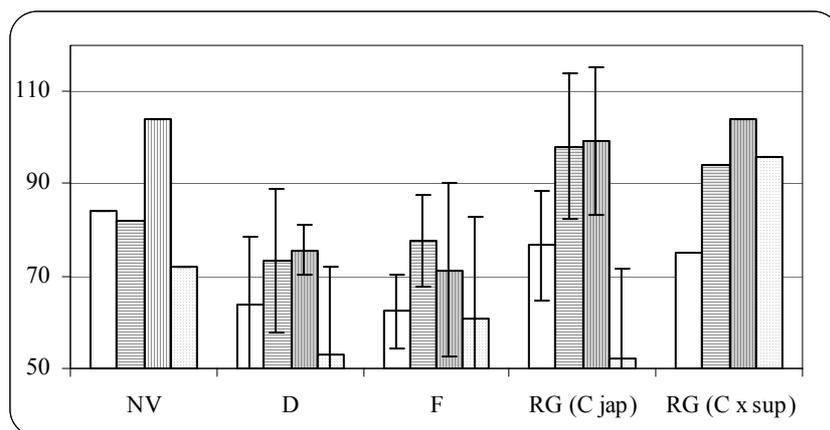
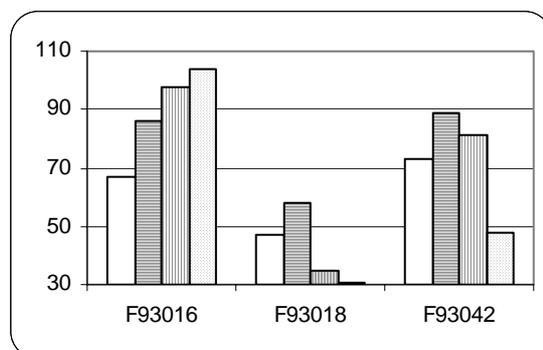


Figura IV.3.1.2.7. Evolución del contenido en vitamina C del zumo durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) los distintos genotipos del cultivar F

A) Vitamina C (mg ascórbico/100 ml)



B) Vitamina C (mg ascórbico/100 ml)



□ Comienzo del almacenamiento

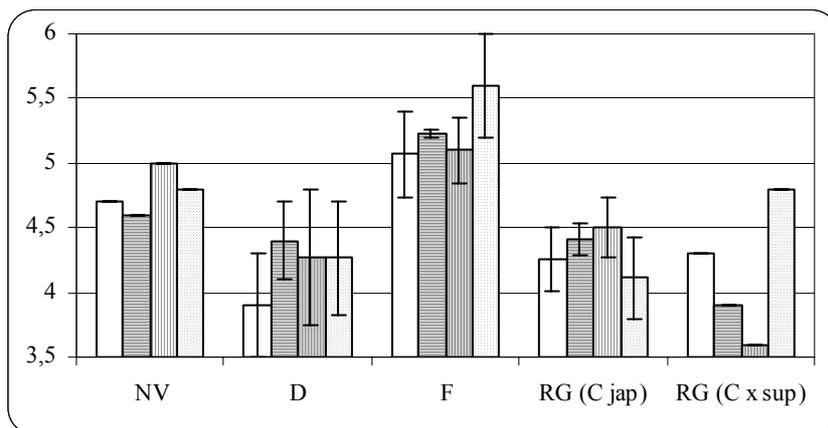
▨ 6ª Semana de almacenamiento

▧ 3ª Semana de almacenamiento

▩ 9ª Semana de almacenamiento

Figura IV.3.1.2.8. Evolución de la acidez del zumo durante el almacenamiento del fruto (5°C, 80% HR) para **(A)** los distintos cultivares y **(B)** los distintos genotipos del cultivar F

A) Acidez (%)



B) Acidez (%)

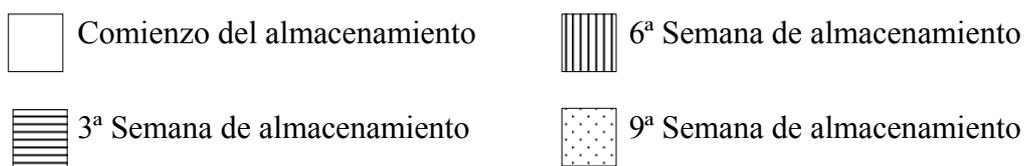
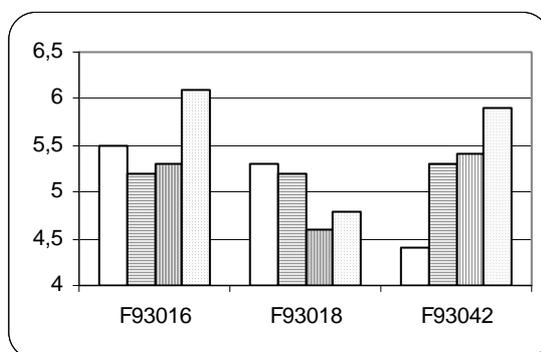
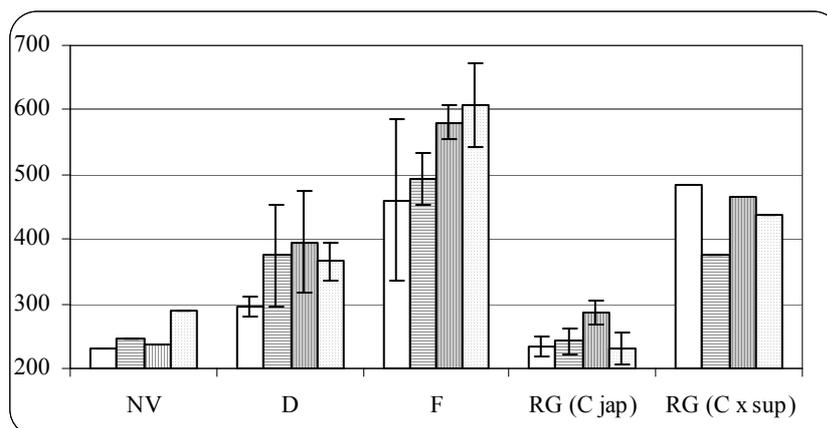
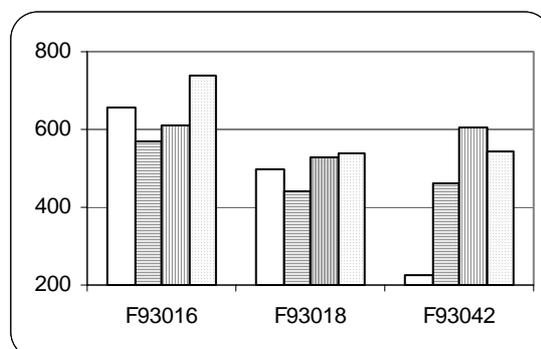


Figura IV.3.1.2.9. Evolución del contenido en compuestos fenólicos durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para **A)** los distintos cultivares y **(B)** los distintos genotipos del cultivar F

A) Compuestos fenólicos (mg fenol/100 ml)



B) Compuestos fenólicos (mg fenol/100 ml)



□ Comienzo del almacenamiento

▨ 6ª Semana de almacenamiento

▧ 3ª Semana de almacenamiento

▩ 9ª Semana de almacenamiento

Destaca la clara diferencia que se observa en el contenido en compuestos fenólicos entre los distintos cultivares de la misma especie, y entre especies. El cultivar con mayor contenido en compuestos fenólicos es el F, llegando a alcanzar valores de 607 mg de fenol por 100 ml de zumo. Los cultivares NV y RG (de la especie *C. japonica*) son los que contienen menores cantidades. La misma observación fue descrita por Burda *et al.* (1990) en un estudio sobre los cambios de los compuestos fenólicos durante la maduración de la manzana, para la que encontró una gran influencia del tipo de cultivar.

Azúcares.- Como se ha descrito en el apartado IV.2., al tratar de la composición en azúcares del zumo de *Chaenomeles*, los azúcares mayoritarios son fructosa, glucosa, sorbitol y xilosa. En menor cantidad se encuentran sacarosa, rafinosa, estaquiosa e inositol.

Puede observarse en las Figuras IV.3.1.2.10.A.-H., que cada uno de estos azúcares sigue una tendencia propia durante la conservación a 5 °C y la mayoría de las veces no muy regular.

La sacarosa, uno de los azúcares minoritarios, presenta una evolución muy parecida en todos los cultivares: desciende rápidamente tras la recolección. Este fenómeno es descrito también por Ackermann *et al.* (1992) en el caso de la manzana. Se podría explicar porque las manzanas se recogen justo antes del periodo climatérico. Esta fase se caracteriza por un periodo de aumento de respiración durante el que los azúcares y ácidos se usan rápidamente como sustratos en los procesos metabólicos.

En general la tendencia que sigue el resto de los azúcares no coincide con la descrita por Ackermann *et al.* (1992), que encontró que el valor más alto de concentración de azúcar se alcanza alrededor del momento de la cosecha, y éste va disminuyendo rápidamente hacia un valor más o menos constante en las primeras semanas de almacenamiento. La acumulación de azúcares está unida a la conversión del sorbitol translocado desde las hojas durante la fase de expansión de las células. La fructosa y la sacarosa son los principales favorecidos en esa conversión (Berütter,

1985). El aumento rápido de la glucosa justo después de la cosecha también está relacionado con la síntesis e hidrólisis de almidón (Osterloch, 1980).

Como se acaba de mencionar, y se puede observar en la Figura IV.3.1.2.10., en el caso del *Chaenomeles*, los azúcares no siguen esta tendencia, sino que, en general, después de la recolección la concentración de los azúcares sigue aumentando, o, al menos, fluctuando entre valores parecidos. El azúcar mayoritario -la fructosa- fluctúa entre 0.7-3.3 g por 100 ml de zumo; la glucosa entre 0.3-1.3 g por 100 ml y el sorbitol entre 0.01-0.5 g por 100 ml.

Las Figuras IV.3.1.2.11.A.-H., muestran la evolución de los azúcares durante la conservación para los distintos genotipos del cultivar F y, como queda registrado en ellas, en general, cada azúcar sigue el mismo tipo de evolución -distinta para cada uno de ellos- en cada uno de los genotipos. Esto se refleja de modo especialmente claro para el caso de los mayoritarios: sacarosa, glucosa, y fructosa.

Ácidos orgánicos.- Las Figuras IV.3.1.2.12.A., B. y C. recogen las evoluciones de los ácidos detectados en el zumo de los distintos cultivares de *Chaenomeles*, durante la conservación en condiciones frigoríficas a 5 °C. Como se menciona en el apartado IV.2.2. el ácido mayoritario es el ácido málico, que aparece en la Figura correspondiente con unos valores medios de 3.1-4.0 g por 100 ml de zumo en el momento de su recolección.

Como ocurre con la vitamina C y los compuestos fenólicos, este ácido aumenta durante el almacenamiento, al menos durante las seis primeras semanas, y ya en la novena semana se encuentra un descenso considerable en la mayoría de los frutos. Nuevamente el cultivar F registra la excepción al seguir aumentando el contenido del ácido málico, hasta la novena semana.

Figura IV.3.1.2.10. Evolución del contenido en azúcares en el zumo, durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para los distintos cultivares

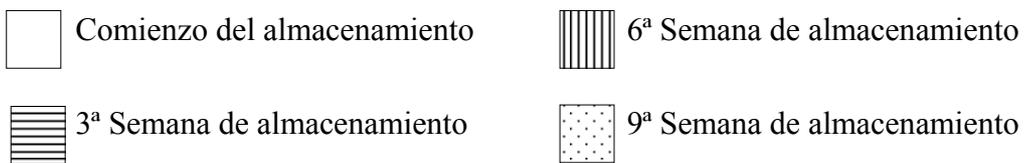
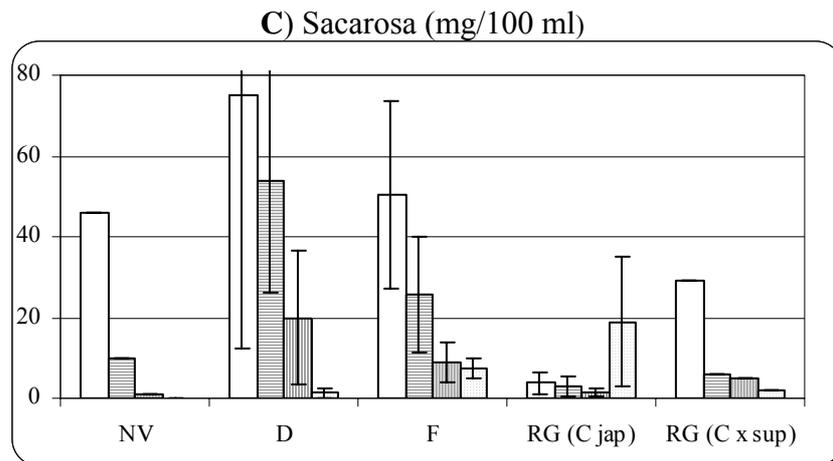
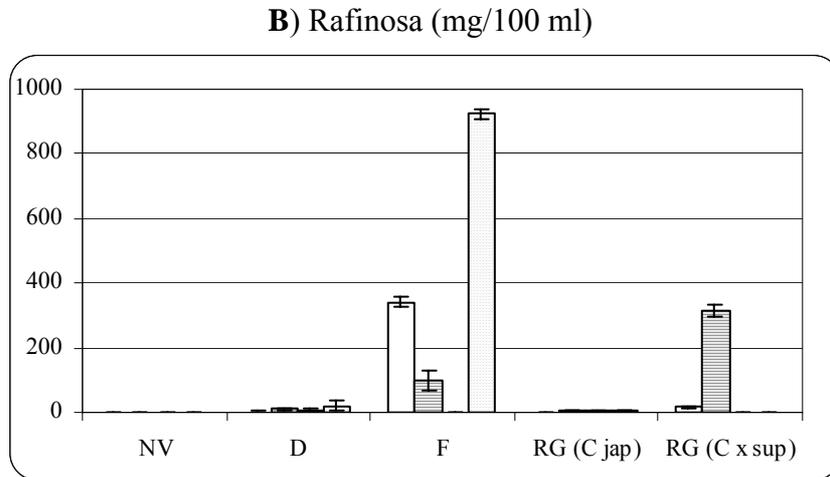
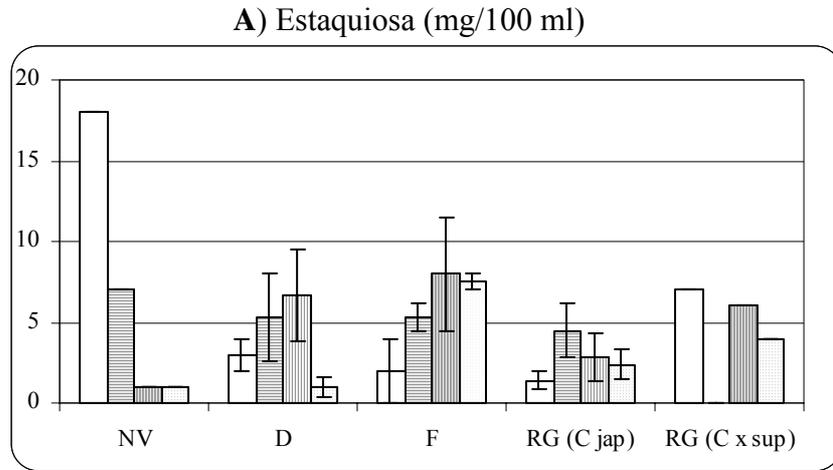
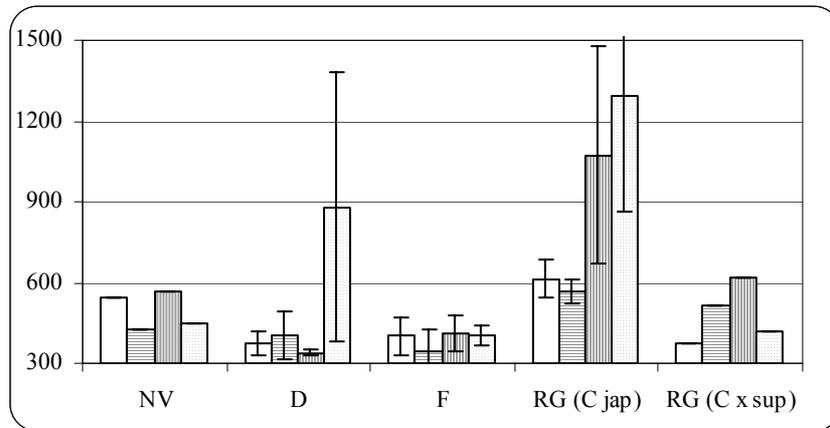
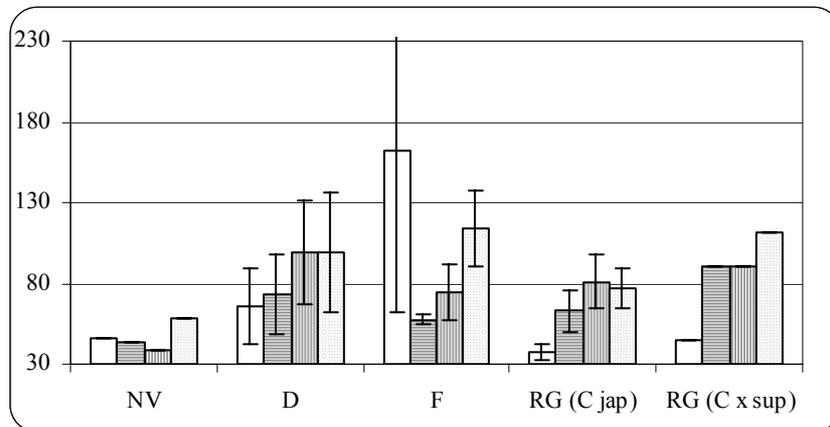


Figura IV.3.1.2.10. (Cont.)

D) Glucosa (mg/100 ml)



E) Xilosa (mg/100 ml)



F) Fructosa (mg/100 ml)

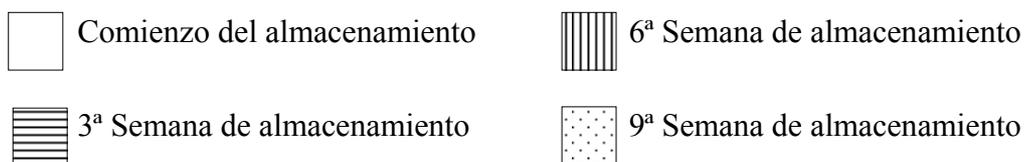
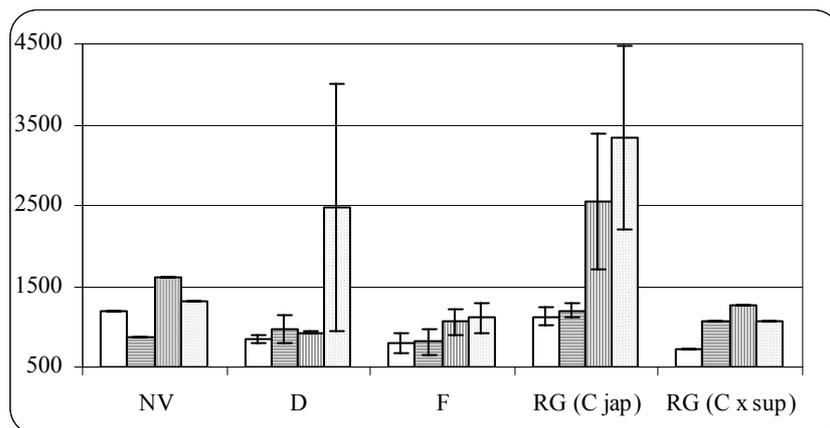
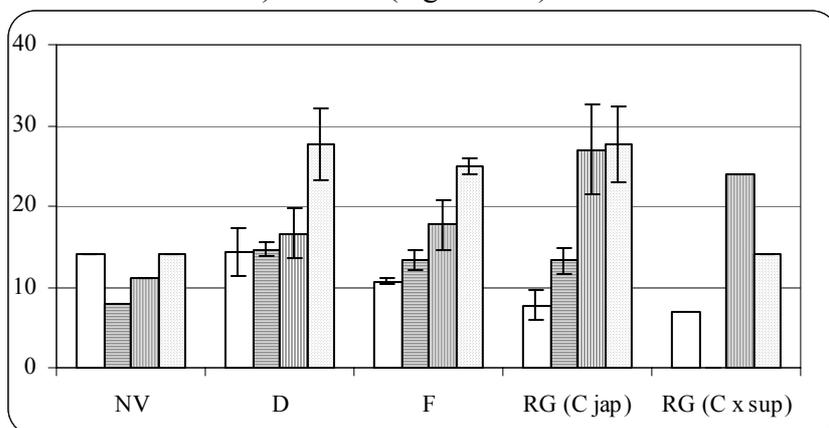
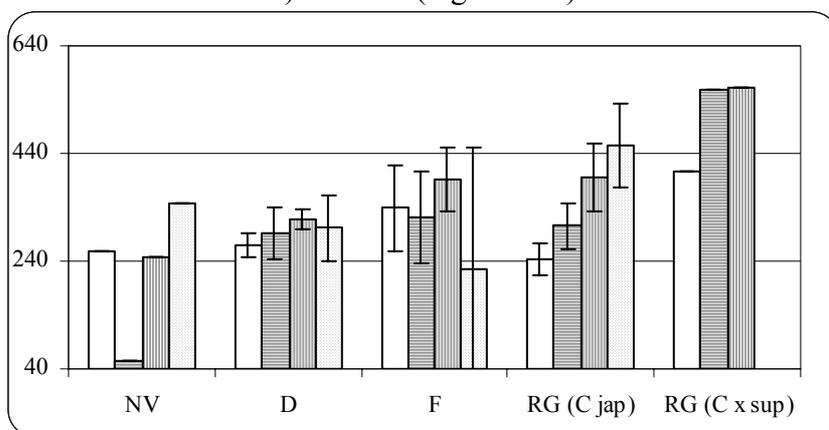


Figura IV.3.1.2.10. (Cont.)

G) Inositol (mg/100 ml)



H) Sorbitol (mg/100 ml)



□ Comienzo del almacenamiento

▨ 6ª Semana de almacenamiento

▧ 3ª Semana de almacenamiento

▩ 9ª Semana de almacenamiento

Figura IV.3.1.2.II. Evolución del contenido en azúcares en el zumo durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para los distintos genotipos del cultivar F

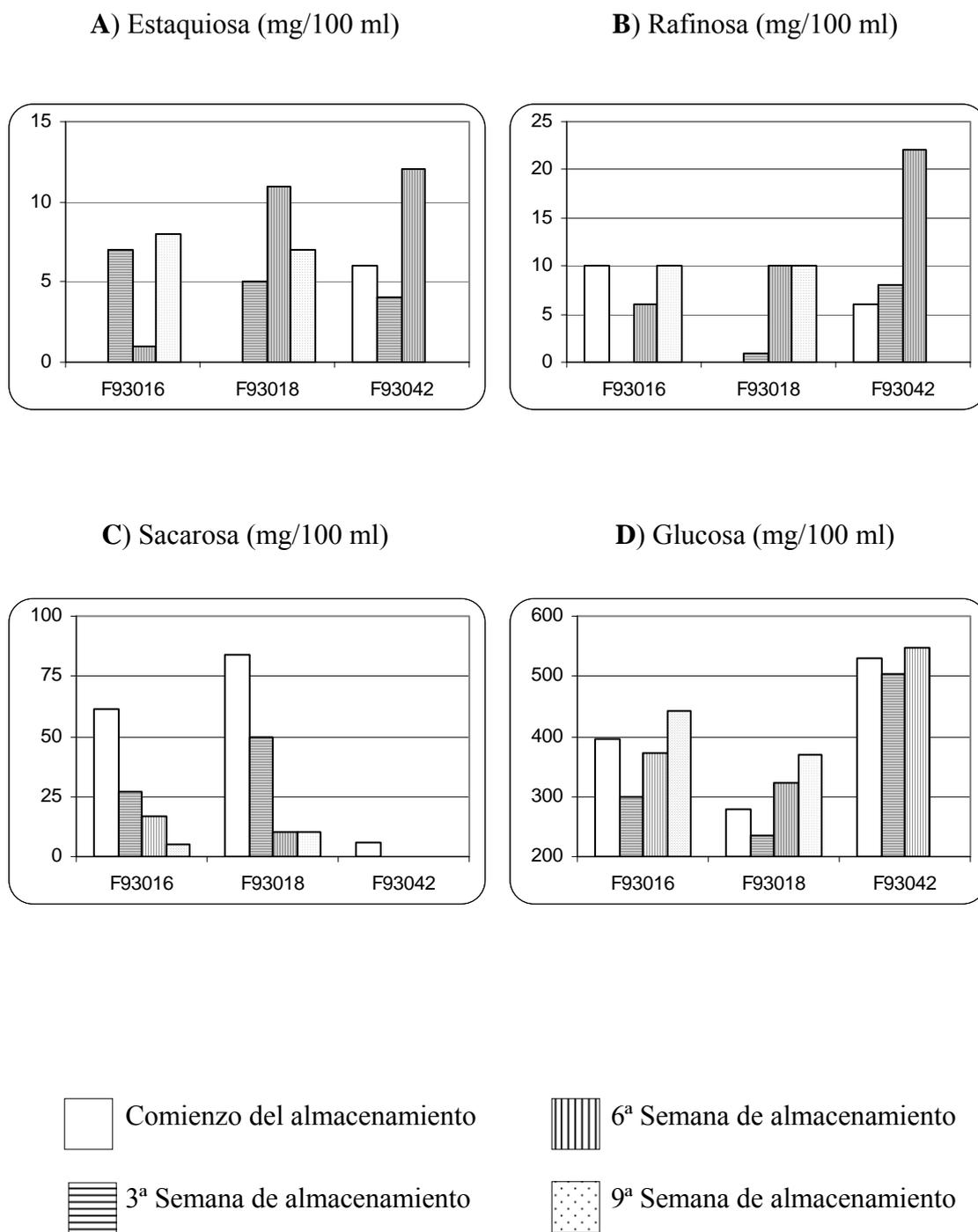


Figura IV.3.1.2.II. (Cont.)

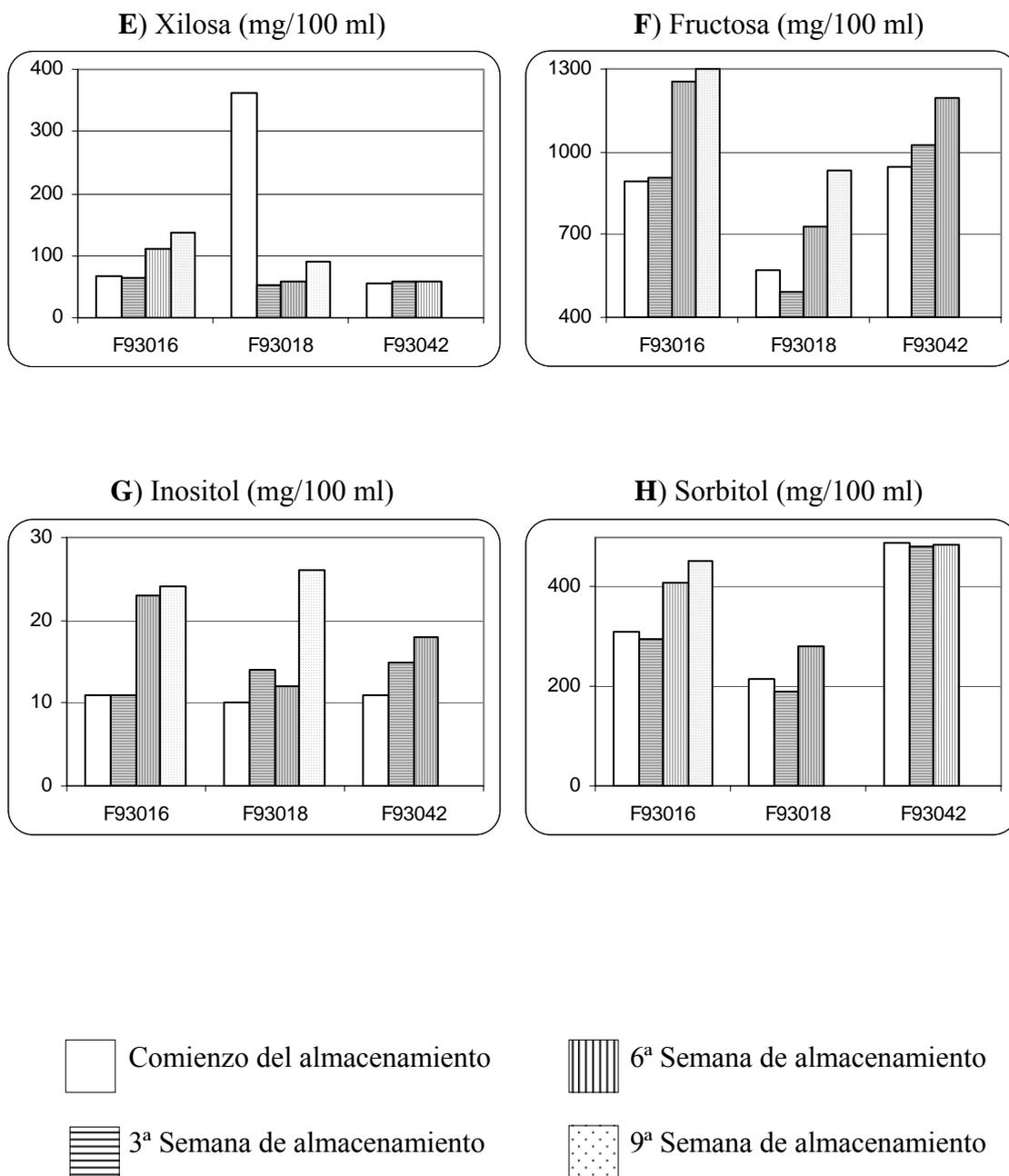
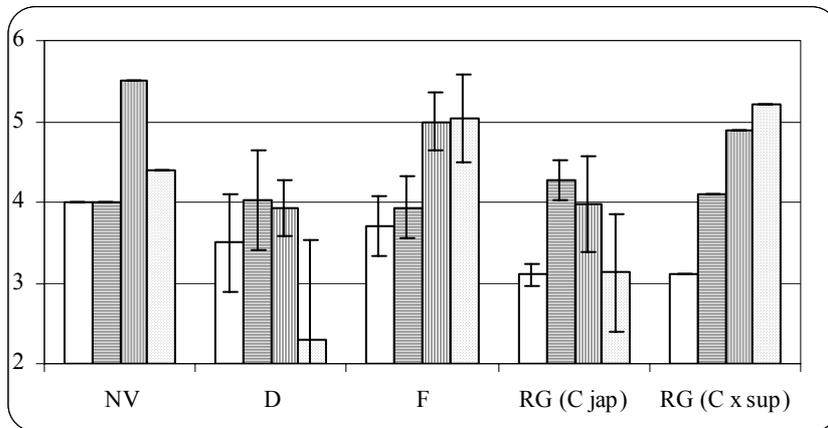
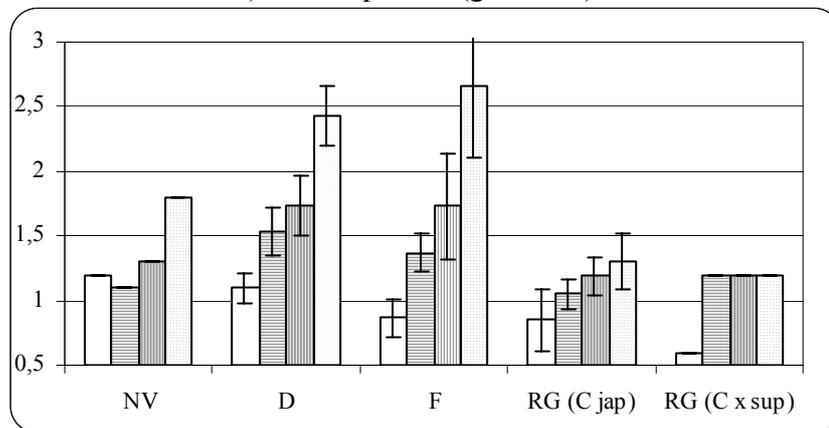


Figura IV.3.1.2.12. Evolución del contenido en ácidos orgánicos en el zumo durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para los distintos cultivares

A) Ácido málico (g/100 ml)



B) Ácido quínico (g/100 ml)



C) Ácido succínico (mg/100 ml)

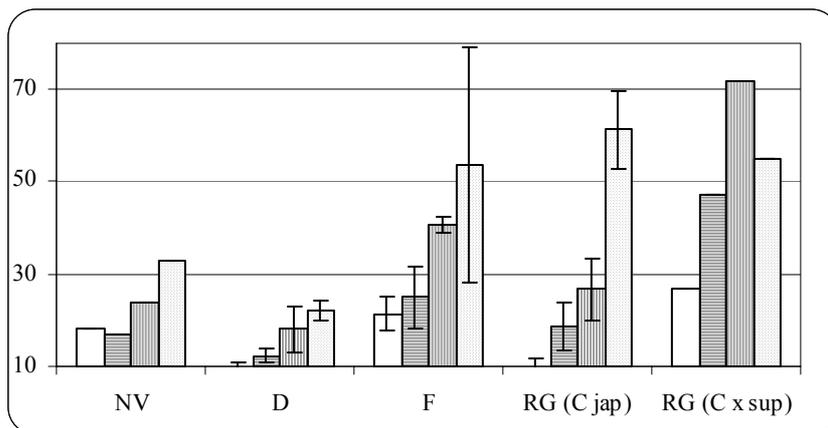
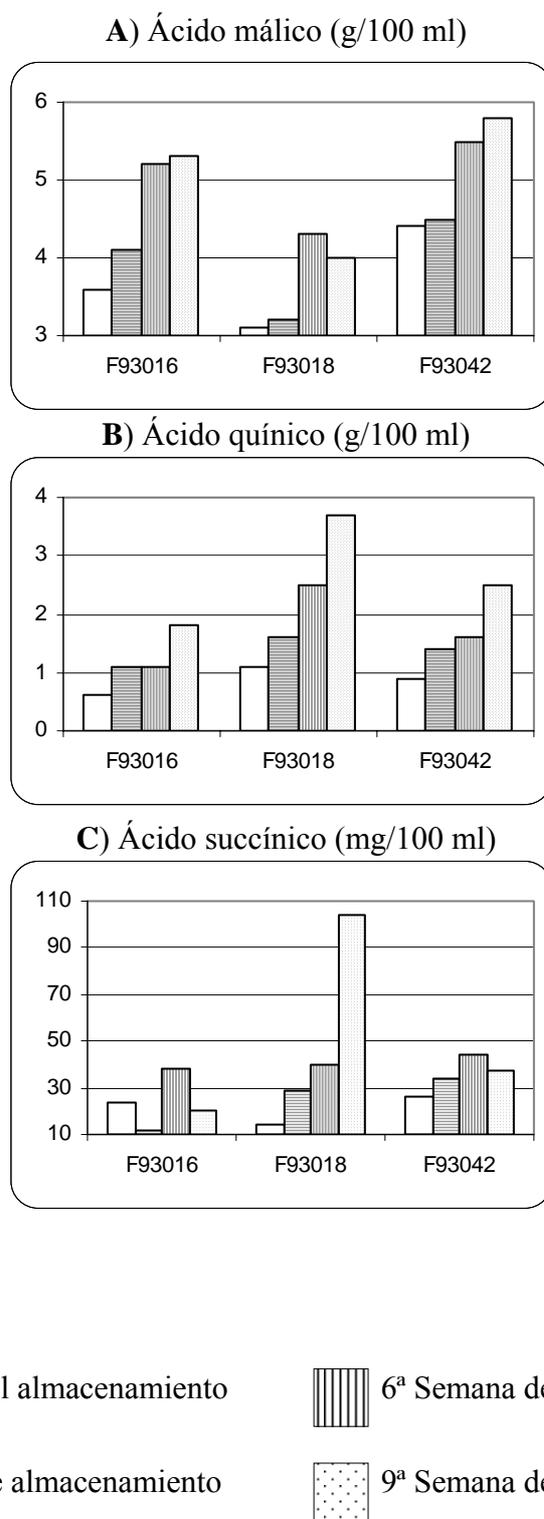


Figura IV.3.1.2.13. Evolución del contenido en ácidos orgánicos en el zumo durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para los distintos genotipos del cultivar F



La disminución que se observa de ácido málico se explica porque, tras recolectar el fruto, aumenta su respiración y en esta fase los azúcares y ácidos se utilizan como sustratos metabólicos (Ackerman *et al.*, 1992), como se cita anteriormente. También ha de considerarse el efecto de concentración, debido a la pérdida de agua por evaporación.

El siguiente ácido en concentración es el ácido quínico, con un rango de 0.6 a 1.2 g/100 ml de zumo, al recolectarlo. Este valor aumenta durante su almacenamiento frigorífico a 5° hasta la novena semana, llegando a alcanzar valores de 2.7 g/100 ml en el caso del cultivar F, es decir, cuatro veces más concentrado que al inicio. Durante las primeras semanas de la evolución no aparecen diferencias entre los distintos cultivares, pero sí a partir de la novena semana, donde se puede observar que son similares las evoluciones de los cultivares D y F, por una parte, y las de los RG, por otra. Estos últimos destacan por sus bajas concentraciones respecto del resto de cultivares.

Con una menor concentración, el ácido succínico en el *Chaenomeles* es mayor que para la manzana, en la que sólo se encontraron trazas (Ackermann *et al.*, 1992).

Igual que en el caso del ácido quínico, la concentración también aumenta de modo considerable durante la conservación. En este caso los cultivares que pueden asociarse en cuanto a los niveles de concentración y a la evolución son por una parte los NV y D y, por otra, los F y RG. El rango de concentración de este ácido en el momento en que fueron recolectados es de 9.6 a 27.0 mg por 100 ml de zumo y al final de este estudio se llegan a determinar una concentración de 61.3 mg por 100 ml de zumo en el caso de RG (*C. japonica*).

Destaca la similitud en la tendencia seguida en la evolución de los ácidos en los distintos genotipos. En la Figura IV.3.1.2.13.A., B. y C. se observa como los distintos ácidos, málico, quínico y succínico evolucionan del mismo modo independientemente del genotipo. Hay alguna excepción, como la sufrida por la concentración en succínico en la novena semana de almacenamiento en el genotipo F93018, ya que en los otros dos genotipos la concentración comienza a disminuir y en este caso continúa aumentando, es más, aumenta de un modo mucho más acelerado respecto del aumento que estaba experimentando las semanas previas. También destaca la diferencia en la magnitud de la

concentración de ácidos en el genotipo F93018, frente a los otros dos genotipos estudiados.

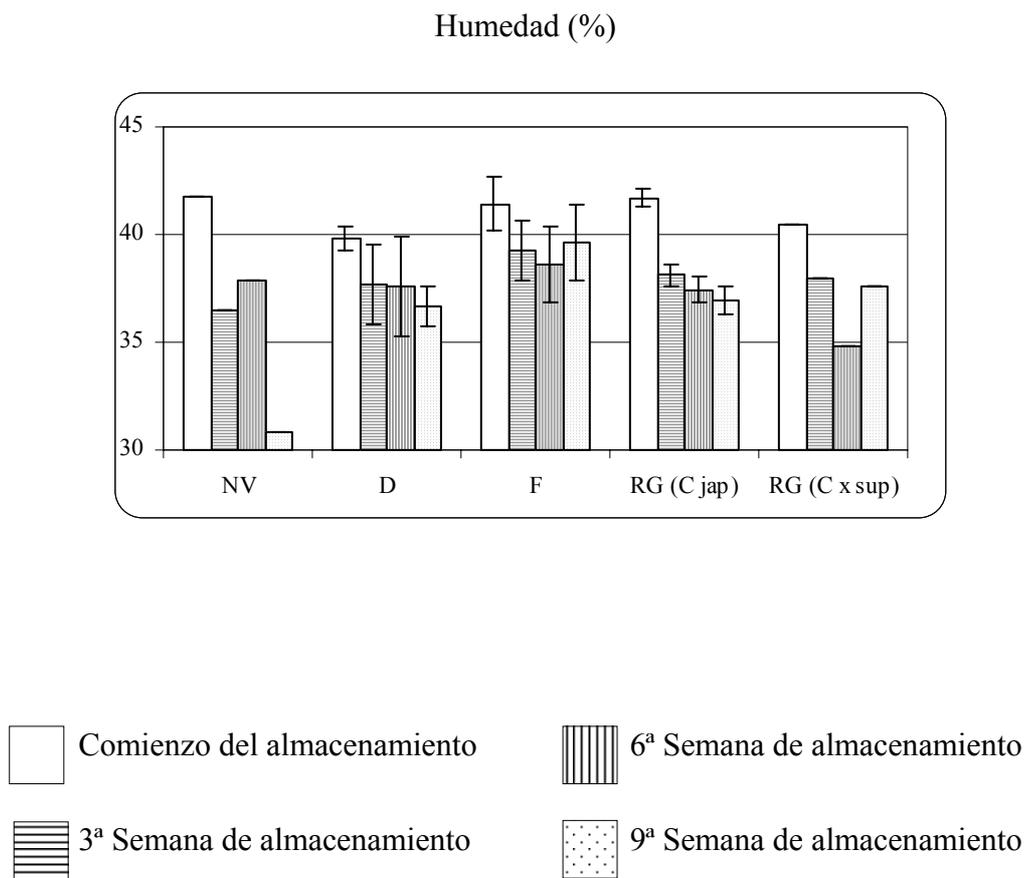
En el caso de la manzana (Ackermann *et al.*, 1992) la tendencia seguida por los ácidos es un pequeño aumento durante las tres primeras semanas de almacenamiento y, a partir de éstas, un descenso durante el almacenaje a 4 °C. En el mismo sentido, pero sólo en el caso del ácido málico, Heimler y Pieroni, (1992) describen como una vez recolectada la manzana y conservada en refrigeración a 8 °C, este mismo ácido disminuye, pues es utilizado en forma de malato para su actividad biológica durante el periodo de conservación.

Este comportamiento de los ácidos de seguir aumentando su concentración, podría deberse a que, a pesar de ser separado de la planta, los frutos siguen un tiempo manteniendo los procesos anabólicos, que además se ven favorecidos (o evitados los catabólicos) por la baja temperatura de la cámara. Este efecto sobre los ácidos no implicaría que fuera el mismo sobre cada uno de los componentes de la fruta. Otra explicación podría ser que tras ser separados los frutos de su planta origen, la respiración continúa, siendo los primeros sustratos metabólicos los azúcares. Los ácidos se ven afectados más tardíamente.

IV.3.1.3. Análisis de las semillas

Humedad.- La evolución de la humedad de las semillas de *Chaenomeles* representada en la Figura IV.3.1.3.1. manifiesta una tendencia general a la disminución a lo largo del almacenamiento frigorífico. En todos los casos, la disminución es más pronunciada durante las tres primeras semanas del almacenamiento. En las siguientes se muestra una ligera disminución o prácticamente una estabilidad, como es el caso de los genotipos de los cultivares D y RG (*C. japonica*). Incluso aumenta, como es el caso de los cultivares F y RG (*C. x superba*). En términos generales la humedad de las semillas se mantiene entre 35-40%.

Figura IV.3.1.3.1. Evolución de la humedad de las semillas durante el almacenamiento del fruto (5 °C, 80% HR) para los distintos cultivares



IV.3.2. Conservación frigorífica a 1 °C (Estudio 4)

Se ha realizado este estudio con cuatro genotipos de una única especie (*C. japonica*) y de un único cultivar (F). Los frutos se han cultivado en dos zonas geográficas distintas (Kärkölä, K y Hammaslahti, H).

IV.3.2.1. Evolución de las características del fruto

Peso unitario.- El peso medio del fruto conservado a 1 °C disminuye (Figura IV.3.2.1.1.), pero de modo más ligero que cuando se conserva a 5°. Si se compara la pérdida de peso sufrida por el genotipo F93018 a 5 °C (Figura IV.3.1.1.1.) con la sufrida por el mismo a 1 °C, se observa que en el primer caso la pérdida es de un 36.6% a las nueve semanas, y en el segundo caso en el mismo tiempo la pérdida sólo es del 10.2%. Ni si quiera a las 17 semanas de almacenamiento alcanza la pérdida que sufre almacenado a 5 °C, ya que en la decimoséptima semana alcanza una pérdida del 18.6%.

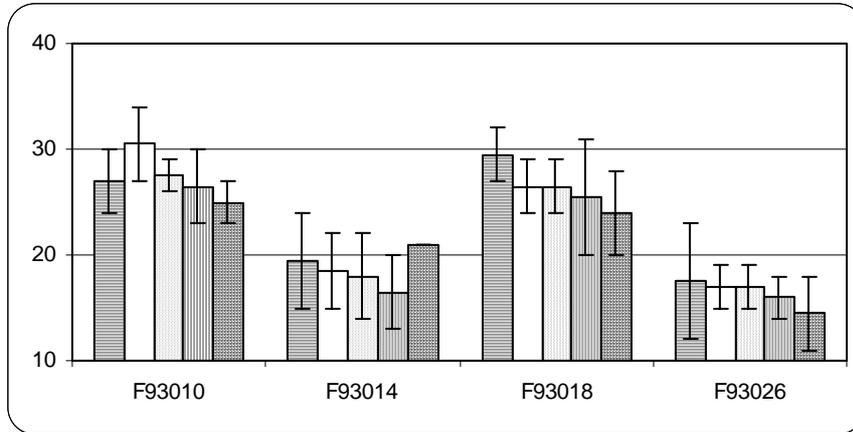
El porcentaje promedio de pérdida de peso en la novena semana es del 4.7%, y en la última semana de estudio, la decimoséptima, del 8.9%.

Como en el almacenamiento a 5 °C, las pérdidas de peso son mayores en los frutos más grandes, por tanto de mayor peso, debido a su mayor porcentaje de superficie expuesta a la evaporación.

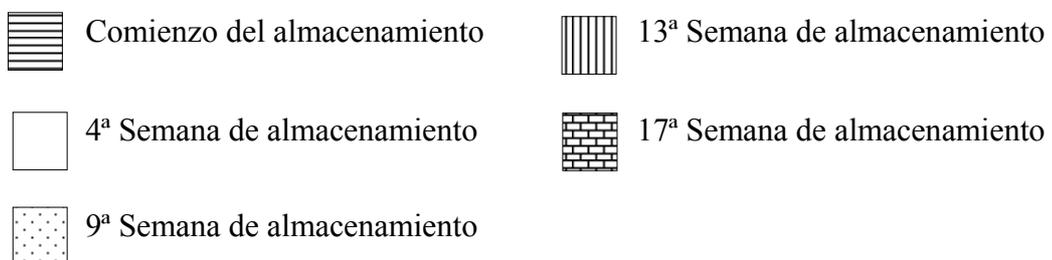
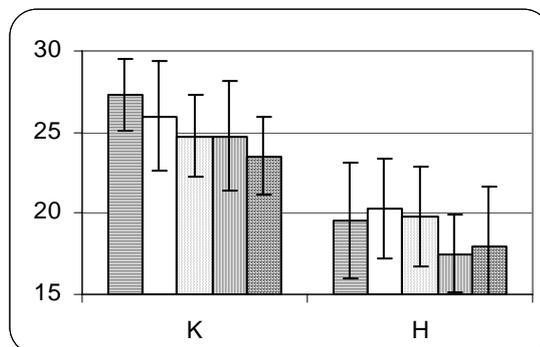
Como se puede observar en la Figura IV.3.2.1.1.A., el peso del fruto varía según el genotipo: los genotipos F93010 y 18 por una parte, y F93014 y 26 por otra, muestran valores parecidos en este parámetro.

Figura IV.3.2.1.1. Evolución del peso del fruto con el tiempo de almacenamiento (1 °C, 85% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) en las distintas zonas de cultivo

A) Peso unitario (g)



B) Peso unitario (g)



Al observar la Figura IV.3.2.1.1.B., se detecta la clara influencia de la zona de cultivo (K y H) sobre este parámetro. En la zona K, se obtienen frutos de mayor tamaño y peso.

Fracciones.- Los genotipos muestran un aumento del porcentaje de pulpa durante el primer mes de almacenamiento (Figura IV.3.2.1.2.A.), para luego comenzar a disminuir, llegando a valores menores que los de partida. Esto puede deberse a que a esta temperatura, en este primer mes, la velocidad de evaporación del zumo es mayor que la de degradación de la pulpa.

En la Figura IV.3.2.1.2.A. se observa que aunque la evolución sigue un modelo parecido para todos los genotipos, el porcentaje de variación es bastante distinto entre ellos. De la Figura IV.3.2.1.3.A. se deduce que la temperatura afecta menos a la variación de las fracciones de los frutos cultivados en la zona H, quizá porque esta zona es un poco más fría y los frutos están adaptados a esta temperatura, sin que se produzcan grandes cambios en este sentido.

Lógicamente, la fracción de zumo presenta un comportamiento inverso al mostrado por el contenido en pulpa. Durante el primer mes, su contenido disminuye ligeramente por la pérdida de agua del fruto, para después comenzar a aumentar, debido a la degradación de los polisacáridos del fruto.

Como ocurre con la pulpa, en este caso la temperatura afecta menos a los frutos cultivados en la zona H.

Debido a la pequeña variación del peso del fruto y a que la cantidad de semillas es la menor de las tres fracciones del fruto, la evolución del contenido en semillas es mínima. Este parámetro, a diferencia del peso del fruto, no se ve afectado por la zona de cultivo, y lo que se sigue manteniendo es el valor parecido en los genotipos F93010 y 18 por una parte, y los genotipos F93014 y 26 por otra (Figura IV.3.2.1.2.C. y Figura IV.3.2.1.3.C.).

Figura IV.3.2.1.2. Evolución de las fracciones del fruto con el tiempo de almacenamiento (1 °C, 85% HR) para los distintos cultivares

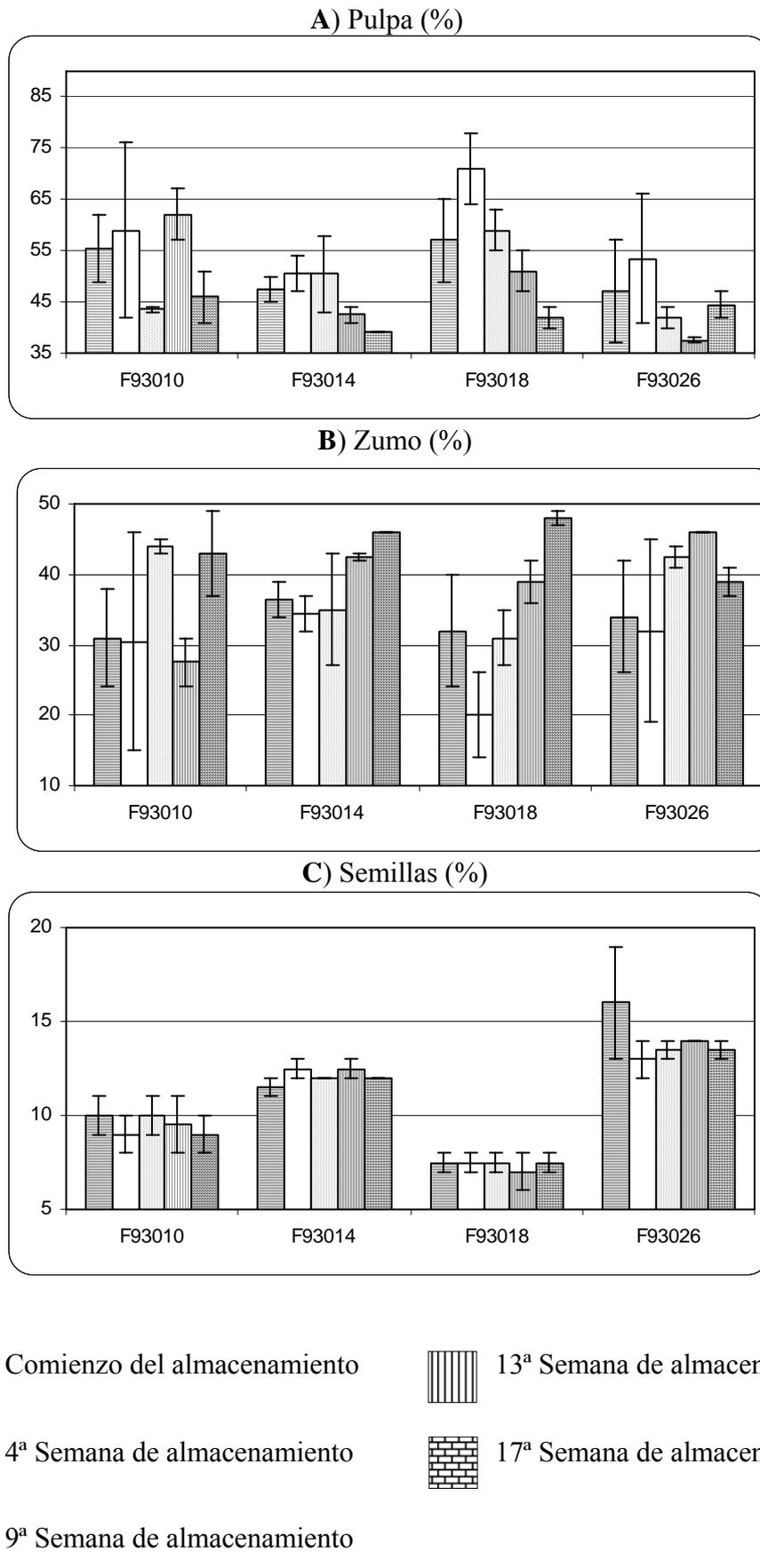
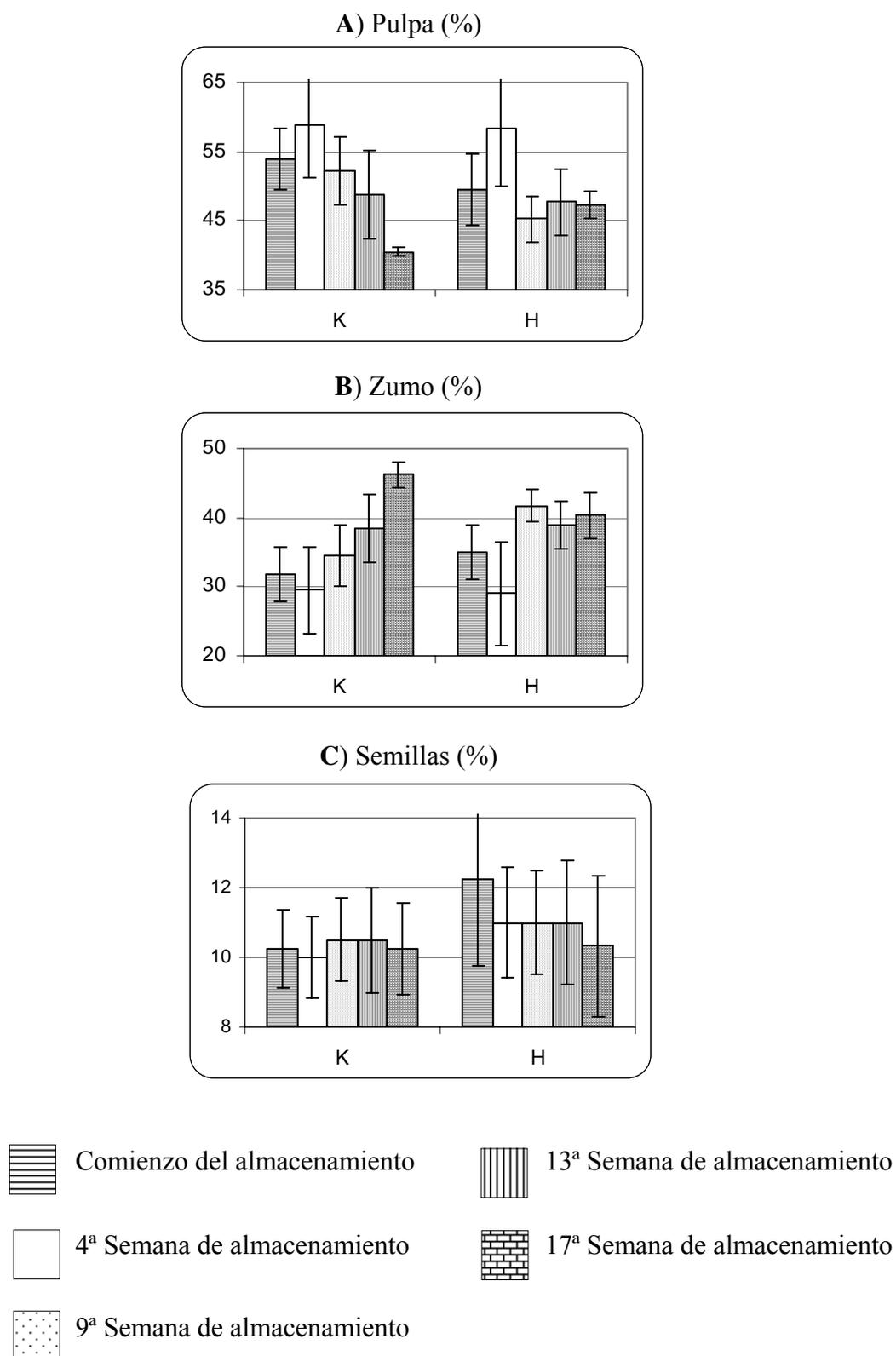


Figura IV.3.2.1.3. Evolución de las fracciones del fruto con el tiempo de almacenamiento (1 °C, 85% HR), en las distintas zonas de cultivo



IV.3.2.2. Modificaciones fisico-químicas del zumo

pH.- Exactamente igual que ocurre cuando los frutos se conservan a 5 °C, el zumo obtenido con los frutos conservados a 1 °C presenta unos valores de pH muy bajos durante todo el almacenamiento, entre 2.6-2.9, y apenas varían durante el mismo (Figura IV.3.2.2.1.A.). Tanto en los valores absolutos como en la evolución, no se observan diferencias significativas entre los genotipos cultivados en las dos zonas distintas (Figura IV.3.2.2.1.B.).

Sólidos solubles.- A diferencia de los frutos almacenados a 5 °C, que muestran un aumento continuo, la tendencia general durante el almacenamiento a 1 °C es el aumento en el primer mes de almacenamiento, para luego disminuir de manera más o menos brusca hasta la novena semana, y de nuevo aumentar más lentamente, hasta que alcanzan, o incluso en algún caso superan, los valores iniciales.

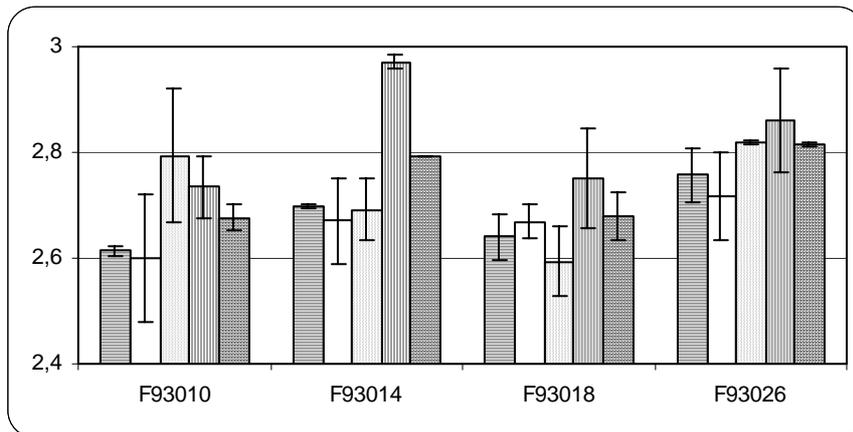
En valores promedio se pasa de 9.2 a 9.6 °Brix el primer mes, llega a 8.7 en la semana 9 y vuelve a 9.3 en la semana 17 (Figura IV.3.2.2.2.A.).

Observando la Figura IV.3.2.2.2.B., se concluye que la zona de cultivo sí afecta al comportamiento de este parámetro, ya que en general los frutos cultivados en K muestran unos valores ligeramente superiores a los cultivados en H.

De nuevo, aunque no con tanta claridad como en el caso del peso unitario, se puede observar para el contenido en sólidos solubles, un paralelismo en el comportamiento de los genotipos F93010 y 18, y los genotipos F93014 y 26, presentado estos últimos valores ligeramente superiores.

Figura IV.3.2.2.1. Evolución del pH del zumo con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR), para (A) los distintos cultivares y (B) en las distintas zonas de cultivo

A) pH



B) pH

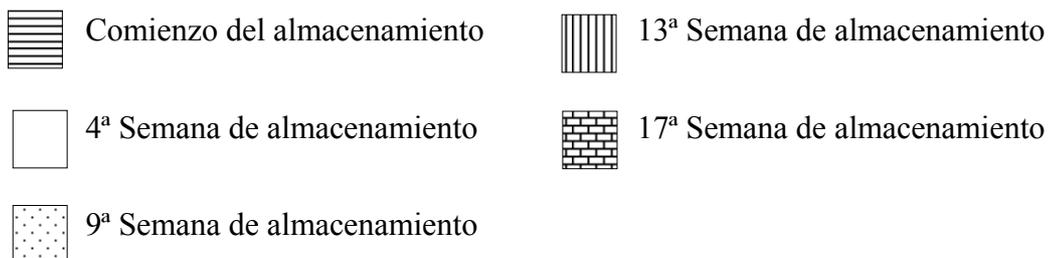
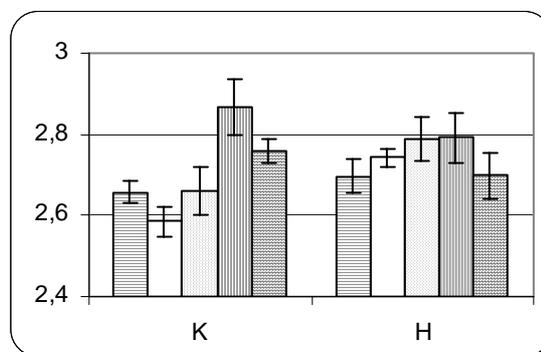
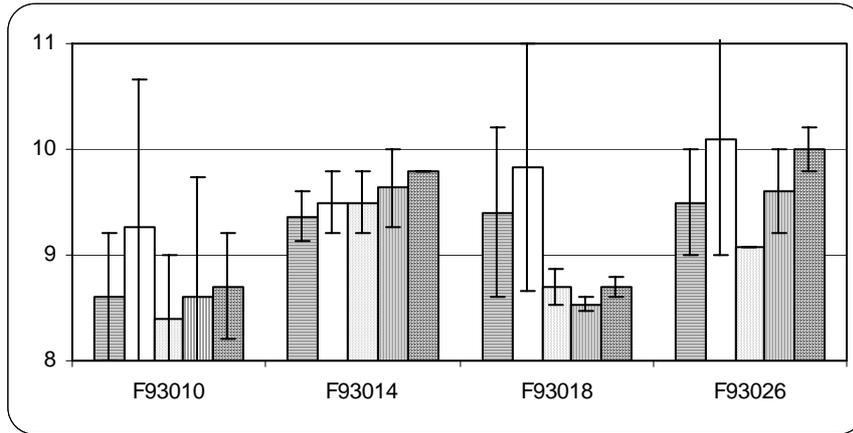
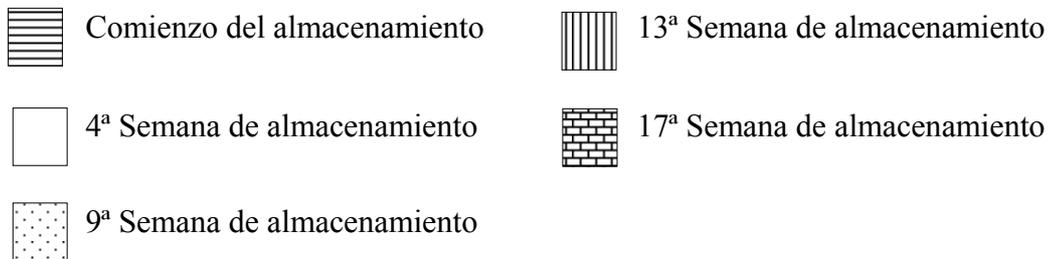
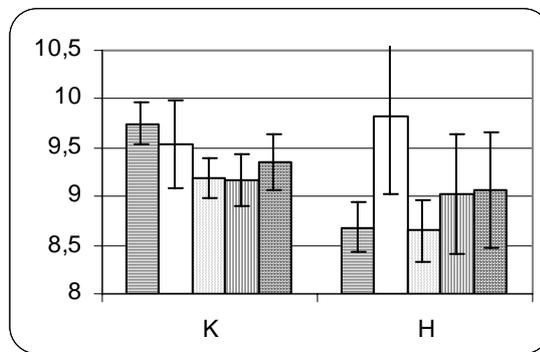


Figura IV.3.2.2.2. Evolución de los sólidos solubles del zumo con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR), para **(A)** los distintos cultivares y **(B)** en las distintas zonas de cultivo

A) Sólidos solubles (°Brix)



B) Sólidos solubles (°Brix)



Sólidos insolubles.- Como queda recogido en la Figura IV.3.2.2.3.A., la evolución del contenido en sólidos insolubles es irregular. Lo que destaca es el aumento de su contenido a lo largo del primer mes a 1°C, para disminuir a lo largo de las tres semanas siguientes.

Al analizar los resultados en función de la zona origen de los frutos, se detecta una marcada influencia de la misma sobre este parámetro. Los frutos de la zona K dan un zumo con menor contenido en sólidos insolubles (Figura IV.3.2.2.3.B.).

Turbidez.- Observando los valores de la turbidez y su evolución al estar conservados a 1 °C, destaca sobre todo, la alta influencia de la zona de cultivo sobre el valor de la misma, produciendo los frutos cultivados en la zona K unos zumos más turbios, a veces incluso el doble (Figura IV.3.2.2.4.A. y B.).

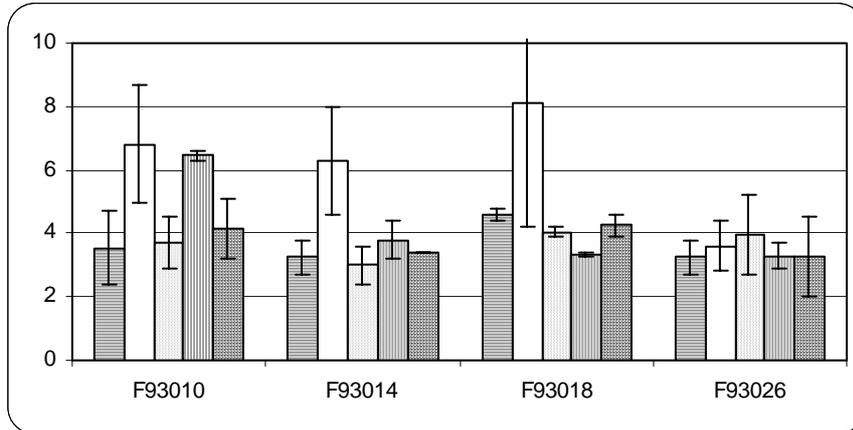
Hasta la novena semana de almacenamiento, los frutos cultivados en H y en K muestran tendencias contrarias; los cultivados en la zona K, disminuyen su turbidez y los de la zona H, aunque lentamente, la aumentan. La evolución que sufren a partir de la novena semana almacenados es la misma.

Comparando estos resultados con los obtenidos al conservarlos a 5 °C, se aprecia una gran influencia de la temperatura de conservación sobre este dato, ya que en la novena semana de conservación a 5 °C la turbidez de los zumos ya había aumentado más de cinco veces, y en el caso de la conservación a 1°C no llega en ningún caso a duplicarse.

Densidad.- La densidad del zumo obtenido con los frutos del *Chaenomeles* conservado a 1 °C, sigue la misma evolución que cuando se conservan a 5°, es decir, apenas varía, manteniéndose entre 1.030-1.036 g por ml. No se observan diferencias entre genotipos, pero sí una marcada influencia de la zona de cultivo. Los frutos cultivados en K dan unos zumos con una densidad relativamente mayor (Figura IV.3.2.2.5.A. y B.).

Figura IV.3.2.2.3. Evolución de los sólidos insolubles del zumo con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR), para **(A)** los distintos cultivares y **(B)** en las distintas zonas de cultivo

A) Sólidos insolubles (%)



B) Sólidos insolubles (%)

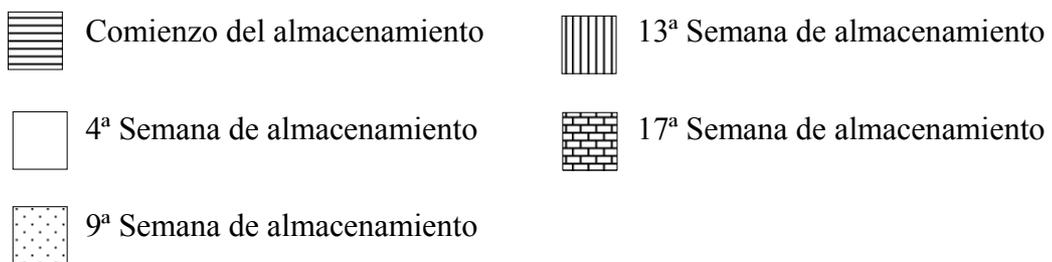
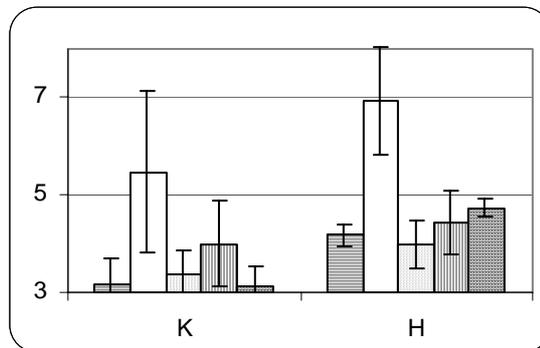
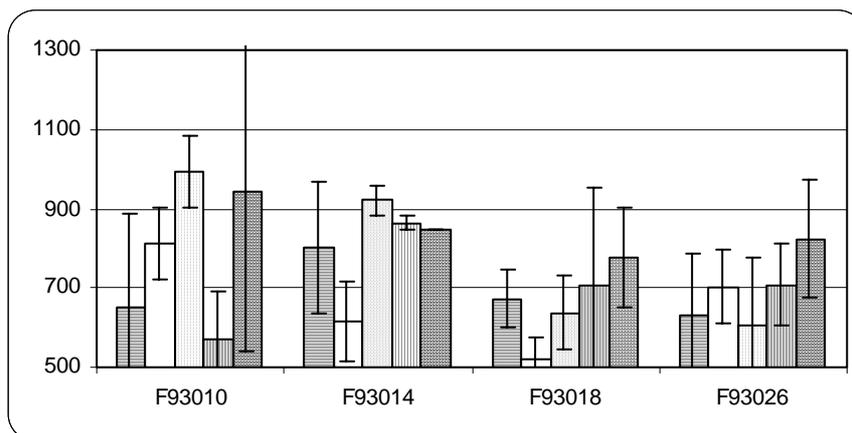


Figura IV.3.2.2.4. Evolución de la turbidez del zumo con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) en las distintas zonas de cultivo

A) Turbidez (NTU)



B) Turbidez (NTU)

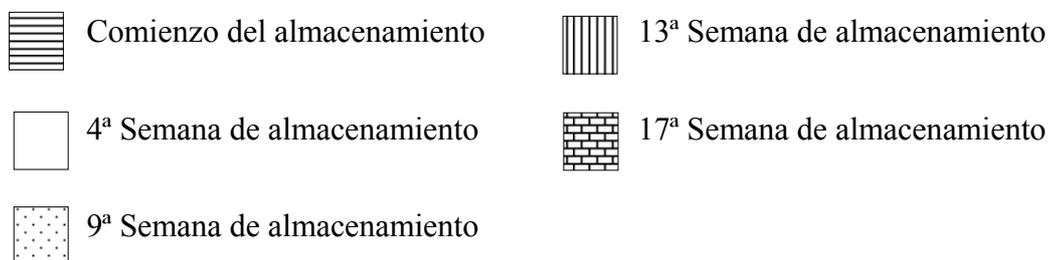
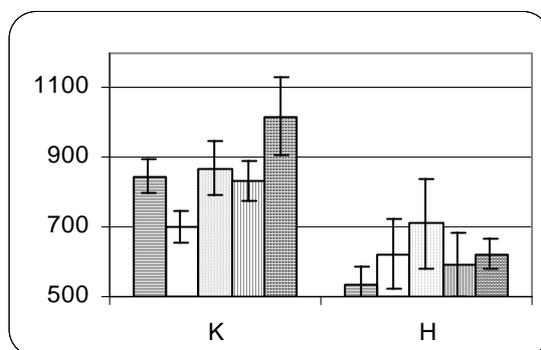
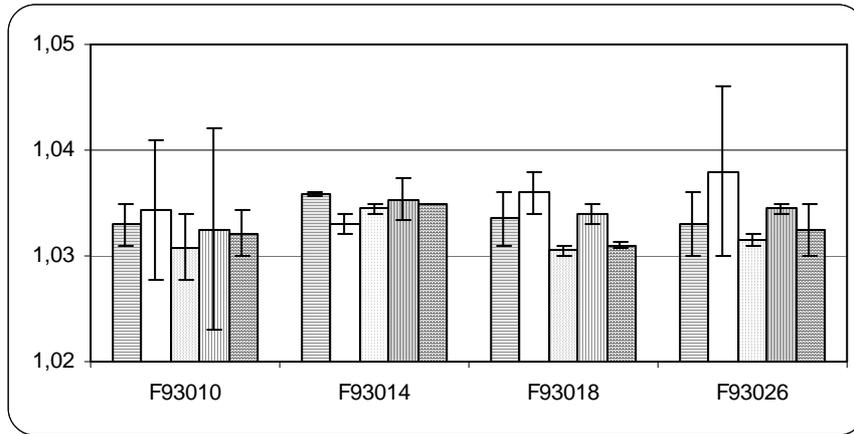
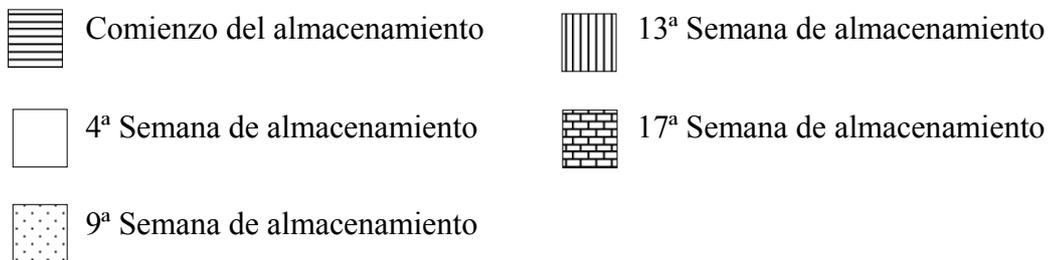
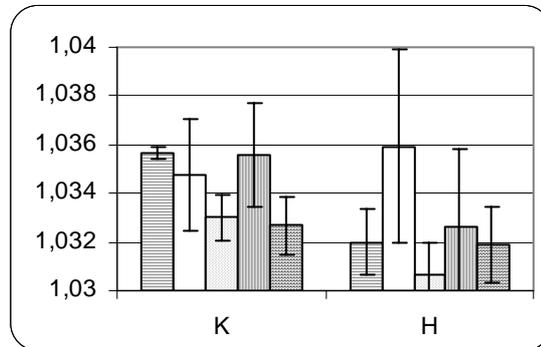


Figura IV.3.2.2.5. Evolución de la densidad del zumo con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) en las distintas zonas de cultivo

A) Densidad (g/ml)



B) Densidad (g/ml)



Viscosidad.- La viscosidad presenta unos valores variables, aunque se puede observar una tendencia general a la disminución de la misma durante las siete primeras semanas de estudio, para volver a aumentar hasta el final del mismo. Como en la mayoría de características estudiadas, la viscosidad también se ve afectada por la zona de cultivo. Se obtienen zumos con una mayor viscosidad en la zona K (Figura IV.3.2.2.6.A. y B.).

Como también puede se observar en las figuras correspondientes, ésta es una característica del zumo que muestra una gran variabilidad en su medida.

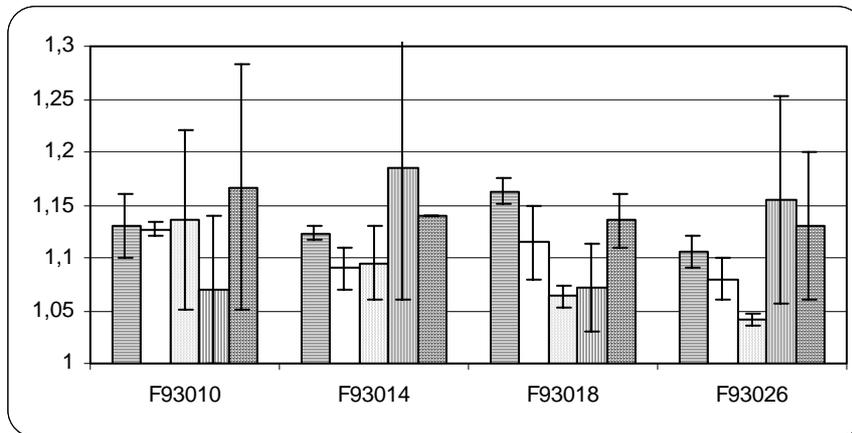
Vitamina C.- Se repite en este caso exactamente el mismo fenómeno que ocurre al conservar los *Chaenomeles* a 5 °C, es decir, el contenido en vitamina C aumenta, en algún caso, como se observa en la Figura IV.3.2.2.7., hasta la cuarta semana, en otros hasta la novena, y en el caso del genotipo F93010 sigue aumentando hasta la decimoséptima semana de estudio, llegando a triplicar el contenido inicial.

La figura anterior también muestra que la variabilidad en las concentraciones es alta, y esto, lógicamente, es debido a la heterogeneidad del muestreo.

El valor máximo encontrado en este estudio ha sido para el genotipo F93010 en la última semana de su análisis. Se determinaron 61.4 mg de ácido ascórbico por 100 ml de zumo. De cualquier forma, si recordamos los genotipos analizados en el apartado IV.2., comprobamos que los genotipos F eran los que mostraban un menor contenido de vitamina C (Tabla IV.2.2.2.1.). Por tanto, este fenómeno es de elevada importancia, ya que el contenido en vitamina C en los zumos es capital y por otra parte, este dato nos da un índice de conservabilidad del producto, sugiriendo que aún con cuatro meses de almacenamiento a 1 °C, se obtendrán zumos de calidad, al menos nutricional.

Figura IV.3.2.2.6. Evolución de la viscosidad del zumo con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) en las distintas zonas de cultivo

A) Viscosidad (cP)



B) Viscosidad (cP)

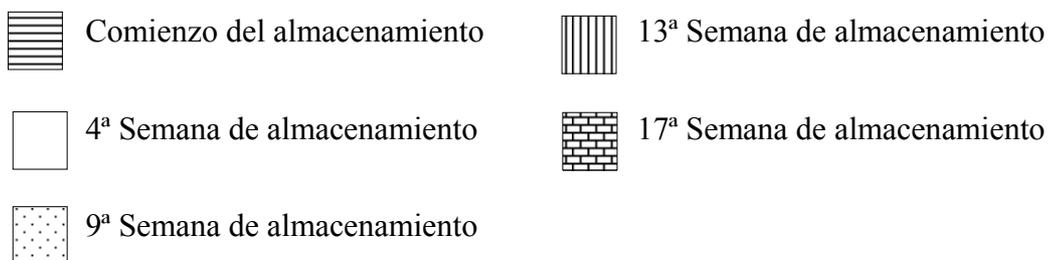
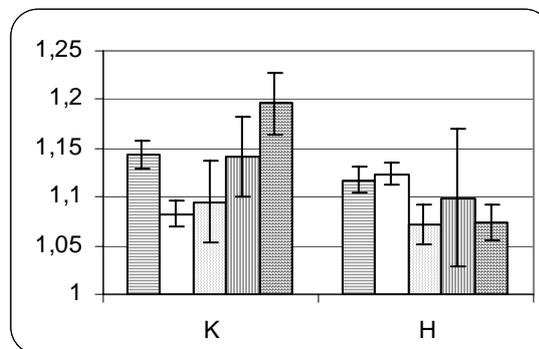
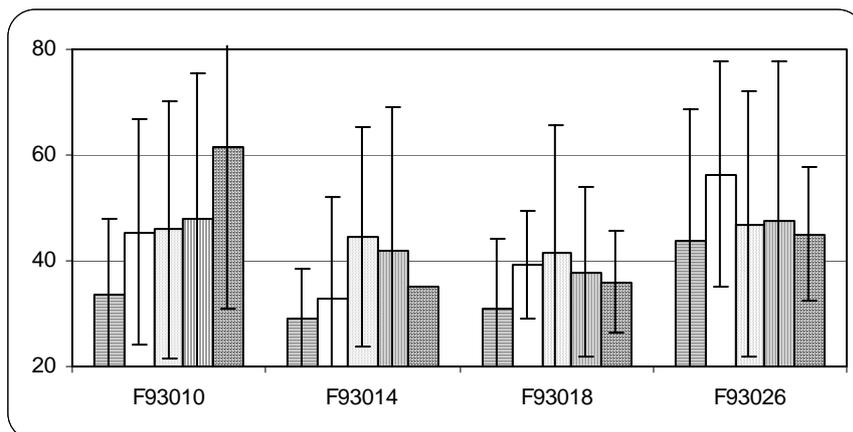
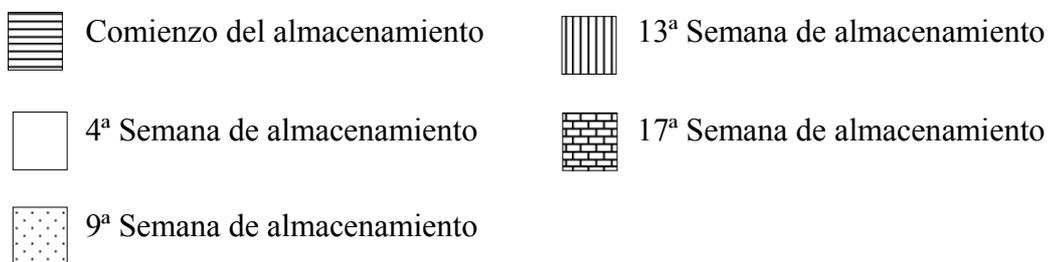
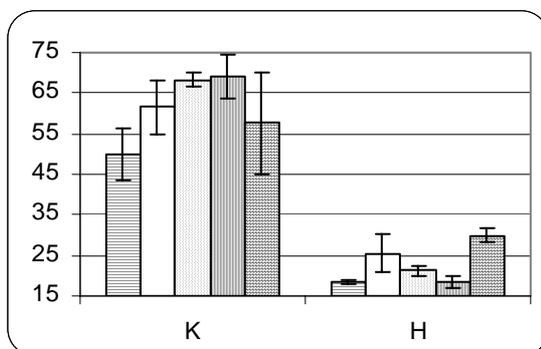


Figura IV.3.2.2.7. Evolución del contenido en vitamina C del zumo con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) en las distintas zonas de cultivo

A) Vitamina C (mg/100 ml)



B) Vitamina C (mg/100 ml)



Un dato muy a tener en cuenta, es la gran diferencia que muestran en cuanto al contenido en vitamina C los genotipos en función de la zona de cultivo, obteniendo en los frutos de los *Chaenomeles* cultivados en K unos contenidos notablemente superiores (Figura IV.3.2.2.7.B.). Los zumos de los *Chaenomeles* cultivados en K presentan un contenido medio de 51 mg de ácido ascórbico por 100 ml de zumo, con valores entre 50 y 69 mg de ácido ascórbico por 100 ml de zumo durante las 17 semanas de estudio. Los cultivados en H muestran un valor medio de 29 mg de ácido ascórbico por 100 ml de zumo, moviéndose entre los 18 y 30 mg de ácido ascórbico por 100 ml de zumo durante su almacenamiento.

Acidez - El comportamiento medio de la acidez valorable, como se puede observar haciendo un estudio comparativo, es paralelo al que presenta el contenido en sólidos solubles. En este caso, la tendencia general durante el almacenamiento a 1°C es al aumento en el primer mes de almacenamiento, para luego descender hasta la novena semana, y de nuevo aumentar más lentamente hasta el final del estudio. Pero a diferencia de lo que ocurre en el caso de los sólidos solubles, nunca se vuelven a alcanzar los valores iniciales de acidez.

En cualquier caso, la acidez valorable es alta, ya que fluctúa entre 3.6-5.1 g de ácido málico por 100 ml de zumo. Se observa una diferencia en la respuesta de los frutos a la temperatura en este aspecto, en función de la zona de cultivo, ya que según muestra la Figura IV.3.2.2.8.B., los *Chaenomeles* cultivados en K muestran un descenso lento, pero constante, de la acidez valorable, y en los cultivados en la zona H, los valores no siguen un comportamiento constante.

Esto refuerza lo expresado por Llanos (1999), según el cual la fruta de un mismo cultivo producido bajo climas distintos puede reaccionar de forma diferente ante las temperaturas de conservación frigorífica; la distinta composición de los lípidos de la membrana parece marcar la diferencia entre unas y otras.

Compuestos fenólicos.- La evolución del contenido en compuestos fenólicos en el zumo de los frutos de *Chaenomeles* conservados en refrigeración queda recogida en la Figura IV.3.2.2.9.A. y B., y como se observa, tiende a aumentar a lo largo del tiempo que se ha mantenido almacenado.

El genotipo F93010 es el que tiene un menor contenido en estos compuestos, con unos valores que varían desde 336 a 443 mg de fenol por 100 ml, es decir, supone un aumento de un 32%. Los genotipos F93014 y 26 presentan un contenido inicial mayor, una media de 430 mg de fenol por 100 ml, y también muestran un mayor aumento, una media del 46%. El genotipo F93018, aunque presenta un contenido inicial alto, presenta un aumento ligero comparado con el resto, tan sólo un 16%.

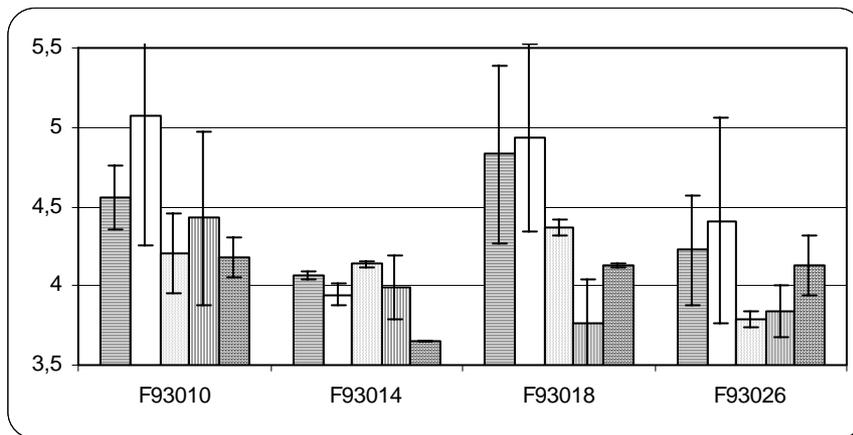
Este fenómeno, por tanto, repite la tendencia que se encuentra cuando se conservan a 5 °C, pero, si se compara el contenido en compuestos fenólicos del genotipo F93018, almacenado a 5° y 1 °C, se observa que cuando está almacenado a menor temperatura, el aumento es más lento, ya que en la novena semana el aumento a 5 °C es de un 9% y a 1°C es de 3%.

En cualquier caso, este fenómeno es importante ya que el contenido en compuestos fenólicos es interesante por su capacidad antioxidante, entre otras razones, y se observa que durante la conservación frigorífica no solo se mantiene constante sino que aumenta.

En la Figura IV.3.2.2.9.B., se puede observar como influye la zona de cultivo en el comportamiento de los frutos respecto a este parámetro, de modo que los *Chaenomeles* cultivados en H y conservados a 1 °C estabilizan la cantidad de compuestos fenólicos, mientras que los cultivados en K aumentan con el tiempo, además de tener un contenido inicial superior.

Figura IV.3.2.2.8. Evolución de la acidez valorable del zumo con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) en las distintas zonas de cultivo

A) Acidez valorable (mg ac.málico/100 ml)



B) Acidez valorable (mg ac.málico/100 ml)

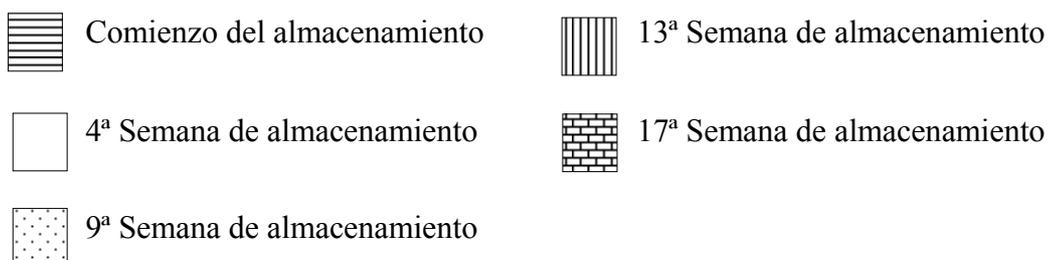
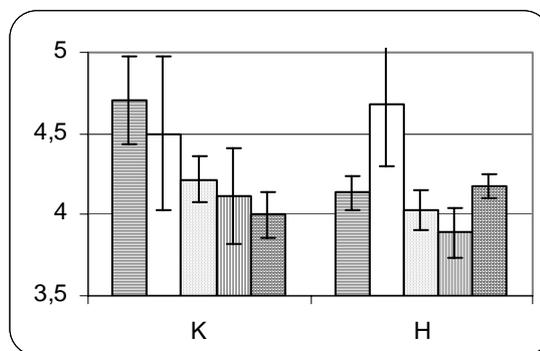
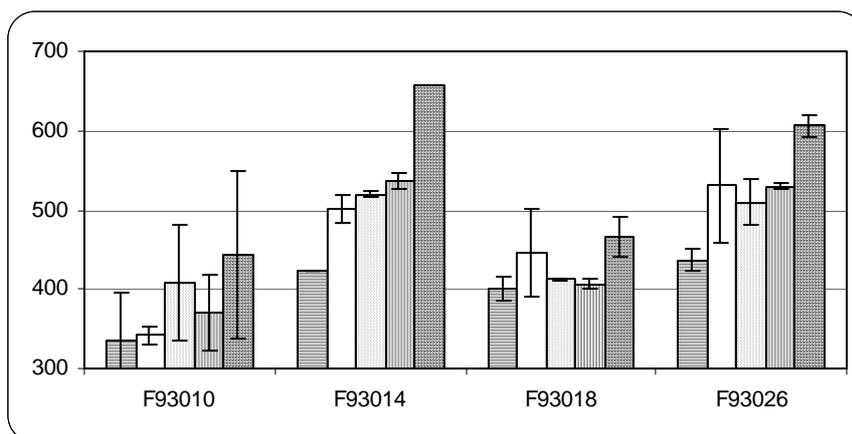
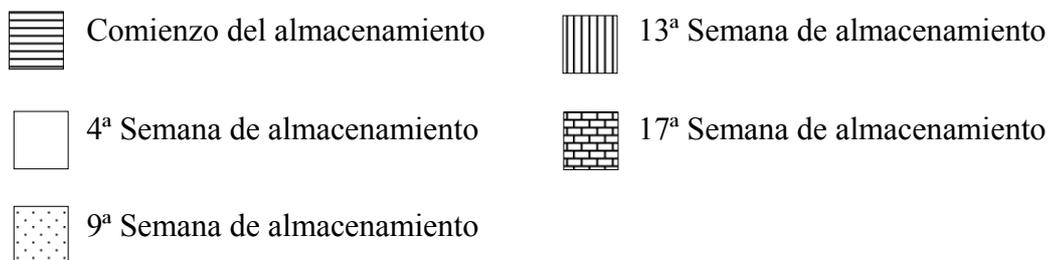
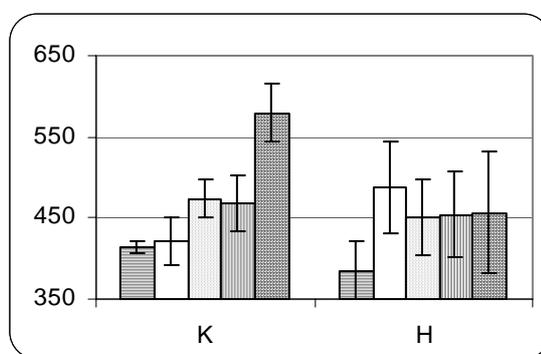


Figura IV.3.2.2.9. Evolución del contenido en compuestos fenólicos del zumo con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR) para los distintos cultivares (A) y en las distintas zonas de cultivo (B)

A) Compuestos fenólicos (mg fenol/100 ml)



B) Compuestos fenólicos (mg fenol/100 ml)



IV.3.2.3. Análisis de las semillas

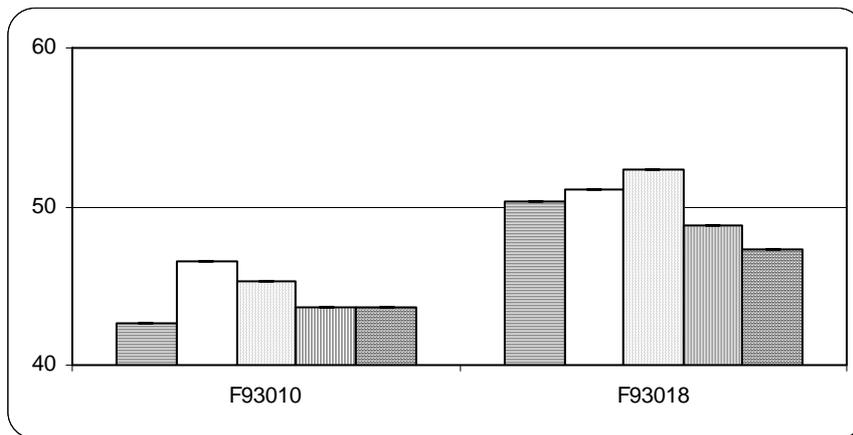
Humedad.- La evolución de la humedad de las semillas de *Chaenomeles* representada en la Figura IV.3.2.3.1., manifiesta una tendencia general en los genotipos analizados a la disminución con el tiempo de almacenamiento, aunque en el primer mes hay un pequeño aumento.

En términos generales, la humedad de las semillas se mantiene entre 45-52%.

Contenido de aceite.- Como se puede observar en la Figura IV.3.2.3.2. el contenido en aceite en las semillas es significativamente distinto en función del genotipo. El genotipo F93010 muestra un contenido (3.0%) bastante superior al que presenta el genotipo F93018 (1.7%). En los dos casos la evolución con el tiempo de almacenamiento es una fluctuación de modo que aparecen valores prácticamente constantes.

Figura IV.3.2.3.1. Evolución de la humedad de las semillas con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR) para (A) los distintos cultivares y (B) en las distintas zonas de cultivo

A) Humedad (%)



B) Humedad (%)

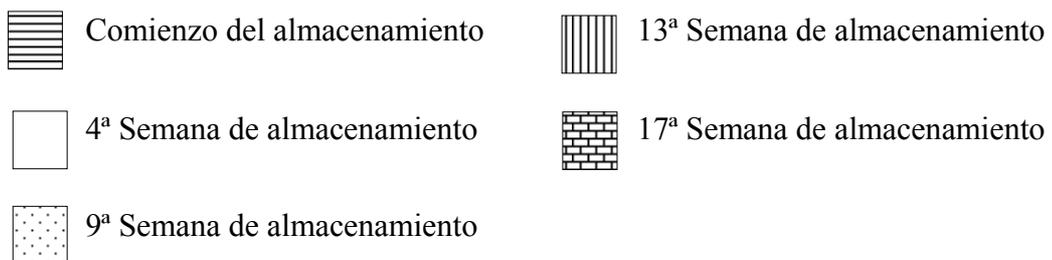
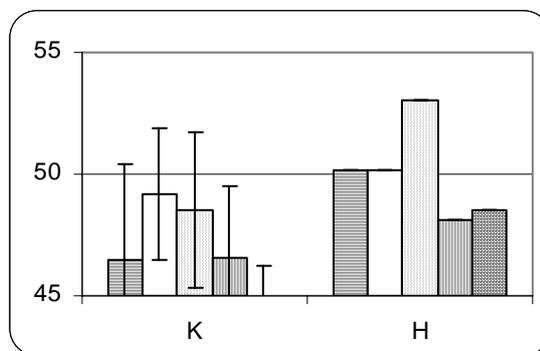
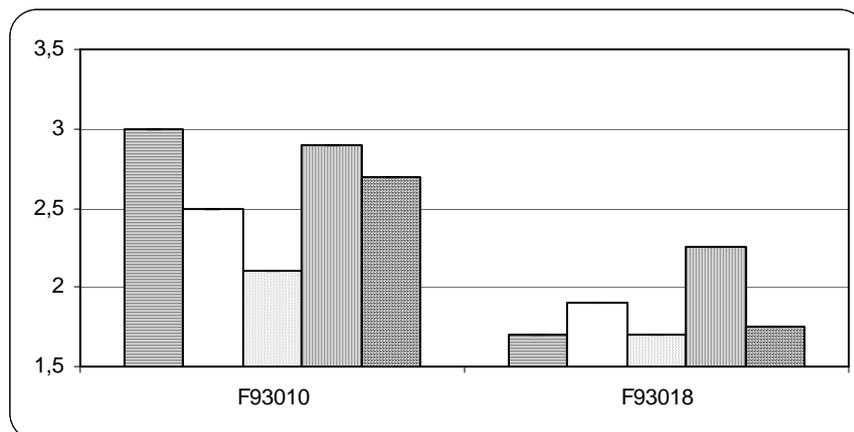
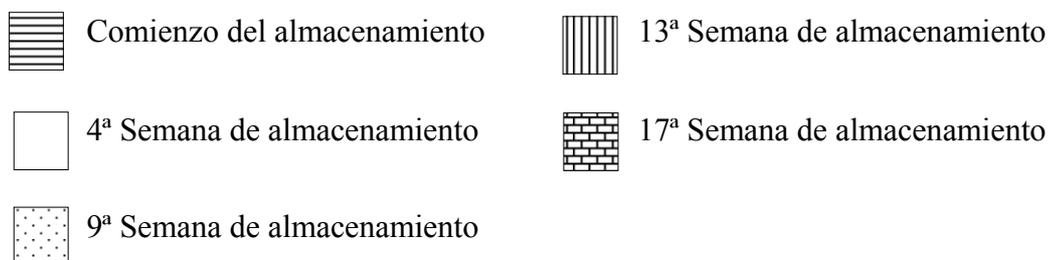
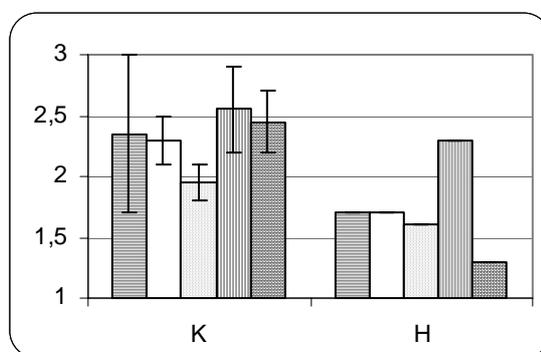


Figura IV.3.2.3.2. Evolución del contenido en aceite en las semillas con el tiempo de almacenamiento del fruto (1 °C, 85% HR) para **(A)** los distintos cultivares y **(B)** en las distintas zonas de cultivo

A) Aceite (%)



B) Aceite (%)



V. CONCLUSIONES

Primera. El fruto del *Chaenomeles* sp. es un pomo esférico con irregularidades, de mediano a pequeño tamaño y con un peso medio de 57 g. La especie *C. cathayensis* es la que produce frutos de mayor peso. También la zona de cultivo condiciona significativamente el peso del fruto, siendo los genotipos cultivados en Kärkölä (Finlandia) -que corresponde a la zona más templada de este estudio- los que presentan un mayor peso y, lógicamente, un mayor crecimiento del peso durante su desarrollo.

Segunda. De los frutos de *Chaenomeles* se obtiene un alto rendimiento en zumo con valores comprendidos entre 42-50 %, lo que contrasta con la extremada dureza de los frutos. El zumo refinado hasta una turbidez de 166 NTU presenta unos valores medios de 7-9 °Brix y una acidez valorable entre 2.9 y 4.4% como ácido málico, 69.7mg de ác. ascórbico/100 ml, y 323.3 mg de compuestos fenólicos/100ml.

Tercera. Los parámetros físico-químicos caracterizados dependen de la especie, de los distintos genotipos y de los diferentes clones en estudio y, a la vez, están influenciados por las condiciones agrobiológicas diversas de las zonas de cultivo del material vegetal analizado.

Cuarta. El contenido de Vitamina C es elevado en el conjunto de los frutos de *Chaenomeles* y constituye, por tanto, una característica destacable de los mismos. Entre

ellos sobresale la especie *C. cathayensis* por su gran contenido en vitamina C (103.8mg ác. ascórbico/100ml) y en compuestos de carácter fenólico (619.1mg/100ml).

Quinta. Observando los valores de la turbidez determinados en los zumos extraídos se puede considerar que este es un zumo límpido, factible de abrillantar por tratamientos tecnológicos sencillos, lo que aumenta su posible utilidad como aditivo alimentario.

Sexta. El componente mayoritario principal en el zumo del *Chaenomeles* es el ácido málico, que presenta un valor medio de 3.7 g/100ml. También se cuantifica la presencia de los ácidos quínico (1.1 g/100ml) y succínico(14 mg/100mL) en cantidades minoritarias frente a los dos anteriores. La concentración relativa de estos ácidos orgánicos está condicionada por el genotipo y la zona de cultivo. Se ha evidenciado la ausencia de los ácidos cítrico y tartárico en todas las muestras analizadas.

Séptima. El análisis cromatográfico del zumo de *Chaenomeles* sp. muestra la presencia de nueve azúcares libres: fructosa (1.13 g/100ml), glucosa (0.50 g/100ml), sorbitol (0.28 g/100ml), xilosa (0,12 g/100ml), sacarosa (46 mg/100ml), ramnosa (17 mg/100ml), inositol (12 mg/100ml), estaquiosa (7 mg/100ml) y rafinosa (6 mg/100ml). Se observan claras diferencias entre especies para el contenido del conjunto de azúcares, siendo, de un modo general, los pertenecientes a la especie *C. cathayensis* los que mayor contenido de azúcares muestran.

Octava. La elevada acidez y el bajo contenido de azúcares son un obstáculo tanto para el consumo de los frutos, como del zumo directamente extraído. Los frutos no resultan comestibles también por su extremada dureza, y el sabor del zumo no lo hace nada apetecible.

Novena. Durante la conservación frigorífica de los frutos de *Chaenomeles* se producen unas pérdidas de peso muy importantes, debido a un acusado fenómeno de deshidratación de los frutos almacenados. A 5 °C y 80% HR, el promedio de pérdida alcanza el 29% después de nueve semanas de conservación, mientras que a 1 °C y 85% HR disminuye al 8.9% al final de diecisiete semanas de almacenamiento.

Décima. Cuando los frutos se almacenan a 5 °C y 80% HR, los parámetros analíticos de la calidad del zumo disminuyen después del primer mes de conservación, estimándose en este tiempo el plazo máximo de conservación bajo estas condiciones.

Undécima. La conservación frigorífica a 1 °C y 85% HR permite duplicar el periodo práctico de almacenamiento de los frutos hasta dos meses.

VI. ANEXOS

ANEXO 1 Características físicas del fruto: Peso unitario (g) y fraccionamiento

Muestra	Peso unitario	%Semillas	%Sulpa	%Zumos
NV14-73*98-S	41	9	37	50
NV14-73*99-S	83	4	39	54
NV14-73*99-3-S	75	6	33	57
NV14-73*99-6-S	69	6	35	54
NV14-73*99-9-S	60	6	43	46
NV15-2*00-S	40	8	41	49
NV15-97*98-S	41	8	44	44
NV16-73*00-S	44	7	50	40
NV17-18*98-S	67	6	46	46
NV17-18*00-S	42	5	42	52
NV17-21*00-S	41	6	33	59
NV18-34*98-S	67	7	47	41
NV19-27*98-S	28	7	48	45
NV19-44*98-S	50	8	47	45
NV19-44*00-S	39	6	43	48
NV19-64*98-S	48	8	47	43
NV19-64*00-S	38	7	40	51
NV19-100*00-S	40	7	31	57
NV19-108*98-S	26	8	39	48
NV19-108*00-S	36	7	41	48
NV20-80*00-S	55	6	43	48
NV23-5*00-S	42	7	48	42
RG1-27*99-S	60	6	50	42
RG1-27*99-3-S	53	6	49	42
RG1-27*99-6-S	48	7	43	45
RG1-27*99-9-S	38	9	56	30
RG6-104*98-S	-	8	47	43
RG6-104*99-S	39	8	44	46
RG6-104*99-3-S	36	8	44	45
RG6-104*99-6-S	33	11	40	45
RG6-104*99-9-S	30	11	57	27
RG6-104*00-S	34	8	47	41
RG6-104*01-S	34	8	44	44
RG6-111*99-S	76	5	48	44
RG6-111-99-3-S	66	7	49	38
RG6-111*99-6-S	62	7	46	42
RG6-111*99-9-S	63	6	58	30
RG6-111*00-S	41	7	49	41
RG6-111*01-S	47	6	41	49
RG6-132*99-S	35	8	44	46
RG6-132*99-3-S	30	9	44	43
RG6-132*99-6-S	26	10	56	30
RG6-132*99-9-S	20	12	55	28

ANEXO 1 Continuación (1)

Muestra	Peso unitario	%Semillas	%Pulpa	%Zumo
RG6-132*00-S	25	11	51	35
RG6-132*01-S	26	10	46	42
RG7-50*99-S	45	6	45	47
RG7-50*99-3-S	36	7	50	40
RG7-50*99-6-S	25	9	57	30
RG7-50*99-9-S	19	13	63	19
RG7-50*00-S	34	7	38	52
RG7-50*00-S	36	6	52	39
RG7-69*99-S	42	8	44	45
RG7-69*99-3-S	34	11	42	43
RG7-69*99-6-S	28	12	46	37
RG7-69*99-9-S	28	12	47	37
RG7-69*00-S	37	9	35	54
RG7-69*01-S	31	9	47	41
RG8-22*98-S	-	9	36	52
RG8-22*99-S	49	8	37	52
RG8-22*99-3-S	44	9	40	47
RG8-22*99-6-S	36	11	43	42
RG8-22*99-9-S	29	14	65	15
RG8-22*00-S	38	10	52	25
RG8-22*01-S	40	9	50	39
RG8-25*99-S	36	8	48	42
RG8-25*99-3-S	32	10	37	47
RG8-25*99-6-S	30	11	46	38
RG8-25*99-9-S	26	13	59	56
RG8-25*00-S	26	9	47	41
RG8-25*01-S	26	9	37	51
D3-122*98-S	30	9	39	49
D3-122*00-S	31	9	43	45
D3-122*01-S	37	6	39	52
D5-96*99-S	48	5	48	44
D5-96*99-3-S	42	6	42	47
D5-96*99-6-S	34	7	44	45
D5-96*99-9-S	31	8	48	39
D5-96*00-S	44	6	44	47
D5-96*01-S	48	4	47	46
D6-94*98-S	54	5	46	46
D6-94*99-S	53	4	41	52
D6-94*99-3-S	48	5	48	43
D6-94*99-6-S	44	5	45	47
D6-94*99-9-S	34	6	49	38
D6-94*00-S	52	5	42	49

ANEXO 1 Continuación (2)

Muestra	Peso unitario	%Semillas	%Pulpa	%Zumo
D6-94*01-S	61	4	43	51
D10-19*98-S	-	5	41	52
D10-19*99-S	30	4	34	58
D10-19*99-3-S	27	6	44	45
D10-19*99-6-S	21	7	47	41
D10-19*99-9-S	18	9	50	35
D10-19*00-S	49	4	45	48
D10-19*01-S	45	3	39	54
93004*00-F	30	10	39	49
F93010*01-H-F-4	23	9	45	43
F93010*01-H-F-2	25	12	38	47
F93010*01-H-F	24	11	62	24
F93010*01-4-H-F	27	10	42	46
F93010*01-9-H-F	26	11	43	45
F93010*01-13-H-F	23	11	57	31
F93010*01-17-H-F	23	10	51	37
F93010*01-K-F-4	26	10	57	30
F93010*01-K-F-2	29	9	53	35
F93010*01-K-F	30	9	49	38
F93010*01-4-K-F	34	8	76	15
F93010*01-9-K-F	29	9	44	43
F93010*01-13-K-F	30	8	67	24
F93010*01-17-K-F	27	8	41	49
F93014*01-H-F-4	15	15	35	48
F93014*01-H-F-2	16	14	38	45
F93014*01-H-F	15	12	50	34
F93014*01-4-H-F	15	13	47	37
F93014*01-9-H-F	14	12	43	43
F93014*01-13-H-F	13	13	41	43
F93014*01-K-F-4	18	14	37	46
F93014*01-K-F-2	22	12	36	50
F93014*01-K-F	24	11	45	39
F93014*01-4-K-F	22	12	54	32
F93014*01-9-K-F	22	12	58	27
F93014*01-13-K-F	20	12	44	42
F93014*01-17-K-F	21	12	39	46
F93016*98-K-F	-	7	41	49
F93016*99-K-F	31	6	35	56
F93016*99-3-K-F	27	7	37	43
F93016*99-6-K-F	24	8	44	45
F93016*99-9-K-F	22	8	48	38
F93016*00-F	28	7	44	48
F93016*01-F	45	6	41	49

ANEXO 1 Continuación (3)

Muestra	Peso unitario	%Semillas	%Pulpa	%Zumo
F93018*98-K-F	-	8	42	46
F93018*99-K-F	30	8	53	36
F93018*99-3-K-F	27	8	45	41
F93018*99-6-K-F	21	9	41	44
F93018*99-9-K-F	19	12	51	31
F93018*00-F	29	7	40	50
F93018*01-F	34	8	43	48
F93018*01-H-F-4	24	13	35	49
F93018*01-H-F-2	26	8	40	50
F93018*01-H-F	27	7	49	40
F93018*01-4-H-F	24	7	78	14
F93018*01-9-H-F	24	7	55	35
F93018*01-13-H-F	20	6	55	36
F93018*01-17-H-F	20	7	44	47
F93018*01-K-F-4	27	9	45	44
F93018*01-K-F-2	29	8	52	38
F93018*01-K-F	32	8	65	24
F93018*01-4-K-F	29	8	64	26
F93018*01-9-K-F	29	8	63	27
F93018*01-13-K-F	31	8	47	42
F93018*01-17-K-F	28	8	40	49
F93026*01-H-F-4	16	18	33	46
F93026*01-H-F-2	16	15	37	45
F93026*01-H-F	12	19	37	42
F93026*01-4-H-F	15	14	66	19
F93026*01-9-H-F	15	14	40	44
F93026*01-13-H-F	14	14	38	46
F93026*01-17-H-F	11	14	47	37
F93026*01-K-F-4	18	16	39	43
F93026*01-K-F-2	19	13	48	36
F93026*01-K-F	23	13	57	26
F93026*01-4-K-F	19	12	41	45
F93026*01-9-K-F	19	13	44	41
F93026*01-13-K-F	18	14	37	46
F93026*01-17-K-F	18	13	42	41
F93042*98-K-F	-	7	43	48
F93042*99-K-F	17	9	39	48
F93042*99-3-K-F	15	11	36	48
F93042*99-6-K-F	13	12	10	43
F93042*99-9-K-F	10	16	52	26
F93042*00-F	25	8	41	49
F93042*01-F	37	8	36	54
C9*01-S	63	7	45	46

ANEXO 1 Continuación (4)

Muestra	Peso unitario	%Semillas	%Pulpa	%Zumo
C13*01-L	61	5	42	49
C13*01-F	63	5	39	53
C13*01-S	51	5	38	53
C14*01-S	70	5	34	59
C20*01-L	52	7	40	49
C20*01-F	54	7	45	45
C20*01-S	73	4	52	43
C23*01-S	69	5	41	52
C25*01-L	48	5	40	51
C25*01-F	47	5	35	57
C25-01*S	54	5	46	46
C26-01*	45	7	48	43
RG1-8*00-S (spec)	97	3	48	41
RG1-157*00-S(spec)	41	9	45	36
RG4-80*98-S(spec)	-	13	37	46
RG4-80*01-S(spec)	198	7	41	50
RG4-83*00-S(spec)	197	7	49	40
RG4-109*00-S(cat)	251	6	49	41
RG4-109*01-S(cat)	280	3	38	53
RG4-121*98-S(cat)	-	8	45	44
RG4-121*00-S(cat)	94	7	50	39
RG4-121*01-S(cat)	56	6	40	45
RG4-125*00-S(cat)	340	4	49	39
RG4-125*01-S(cat)	245	3	31	36
RG2-30*00-S(x sup)	102	6	47	42
RG2-43*99-S(x sup)	78	6	40	51
RG2-43*99-3-S(x sup)	71	9	40	46
RG2-43*99-6-S(x sup)	66	8	42	48
RG2-43*99-9-S(x sup)	62	11	43	42
RG2-43*01-S(x sup)	60	7	40	48

ANEXO 2 Características físicas del fruto: Color

Muestra	Color		
	L	a*	b*
NV14-73*99-S	64,80	1,27	54,90
NV14-73*99-3-S	60,29	4,73	57,35
NV14-73*99-6-S	59,22	8,75	50,61
NV14-73*99-9-S	55,17	12,01	31,56
NV15-2*00-S	59,10	5,60	56,20
NV16-73*00-S	59,40	-2,90	50,40
NV17-18*00-S	59,30	2,30	53,40
NV17-21*00-S	62,40	5,70	57,60
NV19-44*00-S	59,40	1,80	54,00
NV19-64*00-S	61,90	1,90	57,50
NV19-100*00-S	58,50	5,60	51,60
NV19-108*00-S	63,00	2,20	52,70
NV20-80*00-S	59,10	5,70	52,80
NV23-5*00-S	59,00	3,80	53,60
RG1-27*99-S	57,43	4,14	51,06
RG1-27*99-3-S	54,68	6,74	50,21
RG1-27*99-6-S	54,20	8,65	48,24
RG1-27*99-9-S	50,50	11,29	27,95
RG6-104*99-S	57,25	6,27	51,33
RG6-104*99-3-S	54,37	8,56	52,78
RG6-104*99-6-S	51,55	12,05	45,51
RG6-104*99-9-S	49,08	14,33	33,68
RG6-104*00-S	63,90	2,50	56,10
RG6-104*01-S	58,80	6,60	52,30
RG6-111*99-S	55,23	7,53	46,65
RG6-111-99-3-S	53,50	8,49	50,74
RG6-111*99-6-S	52,54	10,41	46,62
RG6-111*99-9-S	48,26	13,23	26,73
RG6-111*00-S	60,80	5,80	55,20
RG6-111*01-S	57,40	8,90	36,30
RG6-132*99-S	56,21	6,65	48,46
RG6-132*99-3-S	54,69	9,15	49,93
RG6-132*99-6-S	45,55	13,81	39,74
RG6-132*99-9-S	41,00	14,59	16,01
RG6-132*00-S	59,30	6,00	50,80
RG6-132*01-S	67,20	6,50	52,40
RG7-50*99-S	55,89	8,45	50,89
RG7-50*99-3-S	53,62	11,31	52,08
RG7-50*99-6-S	53,69	12,51	41,57
RG7-50*99-9-S	50,58	13,29	40,12
RG7-50*00-S	61,70	4,10	57,90
RG7-50*00-S	57,50	8,90	50,30

ANEXO 2 Continuación (1)

Muestra	Color		
	L	a*	b*
RG7-69*99-S	54,98	4,85	51,51
RG7-69*99-3-S	55,84	7,88	53,98
RG7-69*99-6-S	54,60	10,36	51,77
RG7-69*99-9-S	49,82	12,66	27,82
RG7-69*00-S	62,60	3,50	57,70
RG8-22*99-S	57,71	7,02	53,85
RG8-22*99-3-S	54,02	9,60	50,87
RG8-22*99-6-S	51,36	11,36	44,97
RG8-22*99-9-S	41,58	16,67	24,20
RG8-22*00-S	61,50	6,10	51,40
RG8-22*01-S	57,60	8,00	41,00
RG8-25*99-S	55,65	8,51	48,89
RG8-25*99-3-S	53,85	10,89	51,06
RG8-25*99-6-S	49,24	12,81	43,15
RG8-25*99-9-S	42,55	12,29	13,27
RG8-25*00-S	58,90	-7,10	54,60
RG8-25*01-S	55,70	9,90	40,90
D3-122*00-S	63,90	2,50	59,60
D3-122*01-S	60,70	3,60	41,50
D5-96*99-S	58,81	3,82	52,79
D5-96*99-3-S	56,62	5,96	53,64
D5-96*99-6-S	53,79	8,05	46,65
D5-96*99-9-S	49,65	12,53	35,19
D5-96*00-S	64,00	-1,20	58,80
D5-96*01-S	62,70	3,00	57,10
D6-94*99-S	63,71	1,14	58,86
D6-94*99-3-S	62,17	3,05	61,54
D6-94*99-6-S	62,29	5,87	60,62
D6-94*99-9-S	55,91	12,52	40,30
D6-94*00-S	63,50	2,40	57,20
D6-94*01-S	60,90	4,30	59,50
D10-19*99-S	63,86	1,08	56,64
D10-19*99-3-S	61,71	3,33	59,71
D10-19*99-6-S	60,92	6,48	54,58
D10-19*99-9-S	48,08	13,12	32,09
D10-19*00-S	65,40	1,30	58,70
D10-19*01-S	61,00	5,60	48,20
93004*00-F	50,30	-2,90	41,10
F93016*99-K-F	61,10	1,89	54,23
F93016*99-3-K-F	61,16	6,17	48,63
F93016*99-6-K-F	61,63	9,19	50,63
F93016*99-9-K-F	57,45	10,93	46,34
F93016*00-F	62,90	1,00	60,10
F93016*01-F	63,70	1,00	59,90

ANEXO 2 Continuación (2)

Muestra	Color		
	L	a*	b*
F93018*99-K-F	58,50	-2,59	48,18
F93018*99-3-K-F	57,35	-0,43	42,99
F93018*99-6-K-F	51,72	5,75	39,49
F93018*99-9-K-F	45,07	12,40	27,44
F93018*00-F	59,50	-1,80	50,90
F93018*01-F	60,20	-3,70	49,50
F93042*99-K-F	57,98	2,39	52,28
F93042*99-3-K-F	58,82	5,28	45,03
F93042*99-6-K-F	59,30	8,09	53,33
F93042*99-9-K-F	54,28	11,55	42,20
F93042*00-F	59,10	0,60	55,40
F93042*01-F	59,40	2,00	53,70
C9*01-S	54,80	2,20	49,30
C13*01-L	55,90	9,00	49,90
C13*01-F	56,70	-1,40	50,80
C13*01-S	58,60	4,98	53,90
C14*01-S	56,30	9,80	53,20
C20*01-L	52,10	9,20	47,30
C20*01-F	57,90	-0,70	48,40
C20*01-S	56,30	1,80	34,30
C23*01-S	56,80	4,40	34,10
C25*01-L	50,80	9,10	43,20
C25*01-F	54,10	0,20	47,60
C25-01*S	51,20	9,30	26,30
C26-01*	53,70	9,20	38,00
RG1-8*00-S (spec)	56,10	-7,80	35,40
RG1-157*00-S(spec)	60,50	8,90	43,20
RG4-80*01-S(spec)	57,80	-11,90	44,90
RG4-83*00-S(spec)	61,20	-4,20	46,30
RG4-109*00-S(cat)	64,00	4,60	50,40
RG4-109*01-S(cat)	56,40	-11,90	46,10
RG4-121*00-S(cat)	61,40	5,90	43,30
RG4-121*01-S(cat)	62,00	7,70	50,30
RG4-125*00-S(cat)	52,50	-6,80	27,40
RG4-125*01-S(cat)	59,70	-7,00	51,30
RG2-30*00-S(x sup)	59,40	0,00	41,70
RG2-43*99-S(x sup)	59,95	-9,30	54,47
RG2-43*99-3-S(x sup)	61,10	-5,99	57,31
RG2-43*99-6-S(x sup)	62,87	-3,29	60,18
RG2-43*99-9-S(x sup)	60,47	1,43	42,55
RG2-43*01-S(x sup)	63,40	2,10	60,90

ANEXO 3 Características físico-químicas del zumo de *Chaenomeles*:
pH, Sólidos solubles, Turbidez, Densidad, Viscosidad, Sólidos insolubles

Muestra	pH	Sol. solubles (°Brix)	Turbidez (NTU)	Densidad (g/ml)	Viscosidad (cP)	S.I.(%)
NV14-73*98-S	2,6	5,6	154	1,020	1,08	12
NV14-73*99-S	2,4	8,2	105	1,032	1,21	7
NV14-73*99-3-S	2,8	8,8	132	1,032	1,35	8
NV14-73*99-6-S	2,5	9,3	232	1,036	1,38	11
NV14-73*99-9-S	2,6	10,0	1577	-	-	14
NV15-2*00-S	2,5	7,6	37	1,028	-	9
NV15-97*98-S	2,7	5,8	50	1,020	1,07	16
NV16-73*00-S	2,7	7,6	90	1,026	-	7
NV17-18*98-S	2,6	5,2	10	1,021	1,08	8
NV17-18*00-S	2,5	7,6	102	1,026	-	7
NV17-21*00-S	2,5	7,4	242	1,028	-	8
NV18-34*98-S	2,7	7,0	200	1,024	1,13	10
NV19-27*98-S	2,8	5,2	18	1,020	1,06	13
NV19-44*98-S	2,6	6,2	51	1,021	1,08	11
NV19-44*00-S	2,5	8,8	102	1,030	-	6
NV19-64*98-S	2,3	6,8	20	1,024	1,08	3
NV19-64*00-S	2,5	8,6	43	1,028	-	6
NV19-100*00-S	2,4	8,0	62	1,028	-	7
NV19-108*98-S	2,6	5,6	24	1,020	1,06	8
NV19-108*00-S	2,4	7,0	331	1,022	-	7
NV20-80*00-S	2,4	7,8	66	1,026	-	6
NV23-5*00-S	2,6	7,2	24	-	-	6
RG1-27*99-S	2,6	8,0	21	1,030	1,23	6
RG1-27*99-3-S	2,5	8,0	8	1,031	1,27	14
RG1-27*99-6-S	2,6	8,2	28	1,032	1,24	16
RG1-27*99-9-S	2,8	10,0	-	-	-	13
RG6-104*98-S	2,7	8,2	15	1,029	1,26	5
RG6-104*99-S	2,5	7,8	58	1,026	1,21	6
RG6-104*99-3-S	2,4	9,1	132	1,034	1,26	17
RG6-104*99-6-S	2,6	10,0	772	1,040	1,60	15
RG6-104*99-9-S	2,6	11,6	-	-	-	17
RG6-104*00-S	2,5	8,8	45	-	-	6
RG6-104*01-S	2,7	7,8	162	1,028	0,99	3
RG6-111*99-S	2,4	8,2	160	1,032	1,32	19
RG6-111-99-3-S	2,4	9,1	29	1,036	1,28	12
RG6-111*99-6-S	2,5	8,6	29	1,032	1,28	13
RG6-111*99-9-S	2,7	9,8	126	-	-	13
RG6-111*00-S	2,5	9,0	10	1,028	-	7
RG6-111*01-S	2,8	7,4	87	1,029	1,01	2

ANEXO 3 Continuación (1)

Muestra	pH	Sol. solubles (°Brix)	Turbidez (NTU)	Densidad (g/ml)	Viscosidad (cP)	S.I.(%)
RG6-132*99-S	2,4	7,8	99	1,031	1,25	19
RG6-132*99-3-S	2,6	8,5	46	1,034	1,26	14
RG6-132*99-6-S	2,6	10,2	131	1,042	1,39	13
RG6-132*99-9-S	2,8	8,6	-	-	-	23
RG6-132*00-S	2,6	8,2	43	1,028	-	9
RG6-132*01-S	2,7	6,6	148	1,023	0,82	1
RG7-50*99-S	2,6	8,8	42	1,035	1,28	6
RG7-50*99-3-S	2,6	10,2	39	1,042	1,41	18
RG7-50*99-6-S	2,8	13,2	-	-	-	23
RG7-50*99-9-S	2,9	9,4	-	-	-	29
RG7-50*00-S	2,6	8,2	33	1,030	-	7
RG7-50*00-S	2,7	8,1	19	1,030	1,03	1
RG7-69*99-S	2,4	8,2	36	1,031	1,19	18
RG7-69*99-3-S	2,4	10,2	108	1,041	1,31	12
RG7-69*99-6-S	2,6	10,2	-	1,044	1,35	17
RG7-69*99-9-S	2,8	12,3	-	-	-	12
RG7-69*00-S	2,6	8,6	61	1,030	-	5
RG7-69*01-S	2,7	7,9	42	1,026	1,05	1
RG8-22*98-S	2,8	7,2	53	1,030	1,23	5
RG8-22*99-S	2,5	7,6	119	1,028	1,21	8
RG8-22*99-3-S	2,5	8,5	68	1,034	1,24	11
RG8-22*99-6-S	2,6	9,6	110	1,034	1,34	12
RG8-22*99-9-S	2,8	7,2	-	-	-	50
RG8-22*00-S	2,6	7,2	14	1,024	-	9
RG8-22*01-S	2,9	7,0	75	1,025	0,86	1
RG8-25*99-S	2,6	8,4	63	1,039	1,28	6
RG8-25*99-3-S	2,6	8,2	149	1,032	1,27	10
RG8-25*99-6-S	2,7	10,0	161	1,040	1,37	15
RG8-25*99-9-S	2,8	8,2	-	-	-	40
RG8-25*00-S	2,6	8,0	16	1,032	-	4
RG8-25*01-S	2,8	7,6	138	1,031	1,08	2
D3-122*98-S	2,6	5,8	56	1,029	1,14	3
D3-122*00-S	2,7	8,2	69	1,030	-	3
D3-122*01-S	2,7	9,5	101	1,036	1,06	1
D5-96*99-S	2,5	7,4	19	1,031	1,21	7
D5-96*99-3-S	2,3	8,9	54	1,031	1,31	9
D5-96*99-6-S	2,6	8,0	228	1,030	1,31	9
D5-96*99-9-S	2,7	9,5	183	-	-	14
D5-96*00-S	2,4	8,6	55	1,030	-	7
D5-96*01-S	2,7	7,2	27	1,025	1,03	1
D6-94*98-S	2,5	7,0	73	1,025	1,13	11
D6-94*99-S	2,3	8,0	117	1,030	1,25	11

ANEXO 3 Continuación (2)

Muestra	pH	Sol. solubles (°Brix)	Turbidez (NTU)	Densidad (g/ml)	Viscosidad (cP)	S.I.(%)
D6-94*99-3-S	2,4	8,8	34	1,032	1,25	16
D6-94*99-6-S	2,6	8,4	325	1,036	1,36	8
D6-94*99-9-S	2,7	10,0	-	-	-	16
D6-94*00-S	2,5	7,4	87	1,024	-	7
D6-94*01-S	2,7	6,7	122	1,024	0,85	1
D10-19*98-S	2,6	7,2	26	1,028	1,21	5
D10-19*99-S	2,5	7,2	160	1,024	1,18	6
D10-19*99-3-S	2,4	8,5	104	1,030	1,23	12
D10-19*99-6-S	2,7	10,0	3495	1,035	1,75	10
D10-19*99-9-S	2,9	8,8	-	-	-	16
D10-19*00-S	2,3	8,0	27	1,028	-	4
D10-19*01-S	2,7	7,7	174	1,025	0,85	2
93004*00-F	2,6	10,8	141	1,038	-	7
F93010*01-H-F-4	2,5	6,3	475	1,028	1,04	3
F93010*01-H-F-2	2,6	7,2	955	1,025	1,14	3
F93010*01-H-F	2,6	8,0	419	1,031	1,10	5
F93010*01-4-H-F	2,7	7,9	904	1,028	1,13	303
F93010*01-9-H-F	2,9	7,8	902	1,028	1,05	3
F93010*01-13-H-F	2,8	7,5	450	1,023	1,00	6
F93010*01-17-H-F	2,7	8,2	538	1,030	1,05	5
F93010*01-K-F-4	2,5	7,7	890	1,028	1,14	3
F93010*01-K-F-2	2,6	8,6	977	1,030	1,14	2
F93010*01-K-F	2,6	9,2	887	1,035	1,16	2
F93010*01-4-K-F	2,5	10,7	721	1,041	1,12	10
F93010*01-9-K-F	2,7	9,0	1083	1,034	1,22	4
F93010*01-13-K-F	2,7	9,7	692	1,042	1,14	7
F93010*01-17-K-F	2,7	9,2	1343	1,034	1,28	3
F93014*01-H-F-4	2,7	8,0	609	1,028	1,12	3
F93014*01-H-F-2	2,6	8,6	1127	1,036	1,27	3
F93014*01-H-F	2,7	9,1	638	1,036	1,13	4
F93014*01-4-H-F	2,8	9,2	513	1,032	1,11	8
F93014*01-9-H-F	2,8	9,2	959	1,034	1,13	4
F93014*01-13-H-F	3,0	10,0	848	1,037	1,31	4
F93014*01-K-F-4	2,6	8,4	858	1,029	1,11	3
F93014*01-K-F-2	2,7	9,0	1136	1,031	1,15	2
F93014*01-K-F	2,7	9,6	968	1,036	1,12	3
F93014*01-4-K-F	2,6	9,8	716	1,034	1,07	5
F93014*01-9-K-F	2,6	9,8	881	1,035	1,06	2
F93014*01-13-K-F	3,0	9,3	880	1,033	1,06	3
F93014*01-17-K-F	2,8	9,8	848	1,035	1,14	3
F93016*98-K-F	2,6	8,2	48	1,031	1,13	7

ANEXO 3 Continuación (3)

Muestra	pH	Sol. solubles (°Brix)	Turbidez (NTU)	Densidad (g/ml)	Viscosidad (cP)	S.I.(%)
F93016*99-K-F	2,2	9,0	99	1,032	1,29	6
F93016*99-3-K-F	2,5	9,2	200	1,037	1,18	9
F93016*99-6-K-F	2,6	10,4	18	1,040	1,26	10
F93016*99-9-K-F	2,6	12,2	1400	-	-	12
F93016*00-F	2,6	9,0	9	1,030	-	5
F93016*01-F	2,7	8,2	150	1,030	0,86	2
F93018*98-K-F	2,8	8,2	31	1,030	1,14	9
F93018*99-K-F	2,3	8,4	175	1,030	1,31	4
F93018*99-3-K-F	2,6	9,0	28	1,032	1,25	13
F93018*99-6-K-F	2,7	9,6	194	1,035	1,40	12
F93018*99-9-K-F	2,9	12,2	1400	-	-	12
F93018*00-F	2,6	8,8	38	1,030	-	4
F93018*01-F	2,7	8,2	272	1,030	0,89	3
F93018*01-H-F-4	2,6	7,6	663	1,028	1,16	3
F93018*01-H-F-2	2,4	8,8	709	1,032	1,14	2
F93018*01-H-F	2,7	8,6	599	1,031	1,15	4
F93018*01-4-H-F	2,7	11,0	463	1,038	1,15	12
F93018*01-9-H-F	2,7	8,5	543	1,030	1,07	4
F93018*01-13-H-F	2,7	8,6	461	1,035	1,03	3
F93018*01-17-H-F	2,6	8,8	653	1,031	1,11	5
F93018*01-K-F-4	2,5	7,8	809	1,029	1,09	2
F93018*01-K-F-2	2,6	8,4	653	1,031	1,28	4
F93018*01-K-F	2,6	10,2	745	1,036	1,18	5
F93018*01-4-K-F	2,6	8,7	575	1,034	1,08	4
F93018*01-9-K-F	2,5	8,9	734	1,031	1,05	4
F93018*01-13-K-F	2,8	8,5	951	1,033	1,11	3
F93018*01-17-K-F	2,7	8,6	903	1,031	1,16	4
F93026*01-H-F-4	2,6	7,2	467	1,026	1,00	2
F93026*01-H-F-2	2,6	8,4	645	1,030	1,10	2
F93026*01-H-F	2,8	9,0	474	1,030	1,10	4
F93026*01-4-H-F	2,8	11,2	611	1,046	1,10	4
F93026*01-9-H-F	2,8	9,1	439	1,031	1,04	5
F93026*01-13-H-F	2,8	10,0	605	1,035	1,06	4
F93026*01-17-H-F	2,8	10,2	675	1,035	1,06	4
F93026*01-K-F-4	2,7	8,3	873	1,029	1,12	3
F93026*01-K-F-2	2,7	8,8	886	1,031	1,35	3
F93026*01-K-F	2,7	10,0	784	1,036	1,12	3
F93026*01-4-K-F	2,6	9,0	795	1,030	1,06	3
F93026*01-9-K-F	2,8	9,1	776	1,032	1,05	3
F93026*01-13-K-F	3,0	9,2	810	1,034	1,25	3
F93026*01-17-K-F	2,8	9,8	974	1,030	1,20	2

ANEXO 3 Continuación (4)

Muestra	pH	Sol.solubles (°Brix)	Turbidez (NTU)	Densidad (g/ml)	Viscosidad (cP)	S.I.(%)
F93042*98-K-F	2,6	9,2	136	1,036	1,19	12
F93042*99-K-F	2,5	9,0	109	1,032	1,25	8
F93042*99-3-K-F	2,6	10,5	347	1,410	1,28	7
F93042*99-6-K-F	2,7	11,0	948	1,043	-	13
F93042*99-9-K-F	2,8	12,2	-	-	-	14
F93042*00-F	2,4	9,8	224	1,030	-	8
F93042*01-F	2,6	9,1	482	1,035	0,93	4
C9*01-S	2,8	6,8	72	1,025	1,08	2
C13*01-L	2,7	7,0	140	1,026	0,83	2
C13*01-F	2,5	8,6	361	1,033	0,91	3
C13*01-S	2,6	6,4	113	1,028	0,85	3
C14*01-S	2,6	7,2	64	1,025	0,99	2
C20*01-L	2,7	7,2	99	1,026	0,82	1
C20*01-F	2,6	7,0	473	1,024	0,88	2
C20*01-S	2,8	7,7	72	1,028	0,88	1
C23*01-S	2,7	7,8	88	1,029	1,10	1
C25*01-L	2,7	8,0	230	1,031	0,83	1
C25*01-F	2,6	7,8	1281	1,030	0,86	2
C25-01*S	2,7	7,9	249	1,032	0,86	1
C26-01*	2,7	6,2	37	1,023	0,94	1
RG1-8*00-S (spec)	2,4	9,0	47	1,025	-	6
RG1-157*00-S(spec)	-	8,5	117	-	-	8
RG4-80*98-S(spec)	2,9	8,8	6	1,030	1,17	7
RG4-80*01-S(spec)	2,8	8,2	11	1,029	0,98	1
RG4-83*00-S(spec)	2,6	9,0	6	1,030	-	2
RG4-109*00-S(cat)	2,6	8,8	4	1,030	-	3
RG4-109*01-S(cat)	2,9	10,8	62	1,035	1,03	2
RG4-121*98-S(cat)	2,7	8,6	17	1,030	1,23	6
RG4-121*00-S(cat)	2,5	7,0	6	1,020	-	4
RG4-121*01-S(cat)	2,7	8,6	60	1,034	1,08	1
RG4-125*00-S(cat)	2,9	10,0	105	1,030	-	4
RG4-125*01-S(cat)	2,7	11,1	21	1,037	0,86	2
RG2-30*00-S(x sup)	2,8	9,0	5	1,030	-	4
RG2-43*99-S(x sup)	2,5	9,0	124	1,035	1,40	9
RG2-43*99-3-S(x sup)	2,7	8,4	9	1,033	1,21	6
RG2-43*99-6-S(x sup)	2,5	10,2	200	1,036	1,36	10
RG2-43*99-9-S(x sup)	2,7	10,0	369	1,040	-	10
RG2-43*01-S(x sup)	2,8	9,6	16	1,035	1,06	2

ANEXO 4 Características químicas del zumo de *Chaenomeles*:
Contenido en Vitamina C, Acidez valorable, Compuestos fenólicos, Proteínas

Muestra	Vitamina C (mg ascórbico +DHA/100 mL)	Acidez valorable (g málico/100 ml)	Comp. fenólicos (mg fenol/100 ml)	Proteínas (mg BSA/100 ml)
NV14-73*98-S	72	-	305	33
NV14-73*99-S	84	4,7	230	-
NV14-73*99-3-S	82	4,6	247	-
NV14-73*99-6-S	104	5,0	238	-
NV14-73*99-9-S	72	4,8	289	-
NV15-2*00-S	56	4,1	242	-
NV15-97*98-S	48	-	216	29
NV16-73*00-S	71	3,7	185	-
NV17-18*98-S	25	-	219	31
NV17-18*00-S	85	4,9	266	-
NV17-21*00-S	92	3,9	272	-
NV18-34*98-S	45	-	191	37
NV19-27*98-S	30	-	192	31
NV19-44*98-S	56	-	209	27
NV19-44*00-S	99	4,8	245	-
NV19-64*98-S	50	-	272	36
NV19-64*00-S	88	-	189	-
NV19-100*00-S	71	4,5	214	-
NV19-108*98-S	20	-	328	37
NV19-108*00-S	109	4,8	195	-
NV20-80*00-S	95	4,5	138	-
NV23-5*00-S	78	3,2	-	-
RG1-27*99-S	69	3,7	204	-
RG1-27*99-3-S	106	3,8	197	-
RG1-27*99-6-S	115	3,5	203	-
RG1-27*99-9-S	63	3,1	238	-
RG6-104*98-S	112	-	293	46
RG6-104*99-S	135	4,1	250	-
RG6-104*99-3-S	184	4,6	333	-
RG6-104*99-6-S	184	5,3	348	-
RG6-104*99-9-S	171	5,6	346	-
RG6-104*00-S	180	-	326	-
RG6-104*01-S	150	3,5	289	-
RG6-111*99-S	92	3,9	236	-
RG6-111-99-3-S	106	4,4	195	-
RG6-111*99-6-S	135	3,6	240	-
RG6-111*99-9-S	70	4,0	199	-
RG6-111*00-S	124	-	283	-
RG6-111*01-S	112	3,2	248	-

ANEXO 4 Continuación (1)

Muestra	Vitamina C (mg ascórbico +DHA/100 ml)	Acidez valorable (g málico/100 ml)	Comp. fenólicos (mg fenol/100 ml)	Proteínas (mg BSA/100 ml)
RG6-132*99-S	25	4,1	229	-
RG6-132*99-3-S	35	4,2	225	-
RG6-132*99-6-S	35	4,8	315	-
RG6-132*99-9-S	10	3,7	225	-
RG6-132*00-S	21	-	287	-
RG6-132*01-S	45	3,2	253	-
RG7-50*99-S	97	3,8	183	-
RG7-50*99-3-S	122	4,4	197	-
RG7-50*99-6-S	92	4,3	265	-
RG7-50*99-9-S	34	4,2	-	-
RG7-50*00-S	83	4,4	193	-
RG7-50*00-S	125	3,2	282	-
RG7-69*99-S	84	5,9	335	-
RG7-69*99-3-S	94	5,0	248	-
RG7-69*99-6-S	92	4,9	361	-
RG7-69*99-9-S	58	5,3	282	-
RG7-69*00-S	48	4,7	196	-
RG7-69*01-S	70	3,7	272	-
RG8-22*98-S	35	-	311	39
RG8-22*99-S	43	4,1	221	-
RG8-22*99-3-S	73	4,7	327	-
RG8-22*99-6-S	75	4,9	282	-
RG8-22*99-9-S	5	3,6	167	-
RG8-22*00-S	58	-	264	-
RG8-22*01-S	65	3,7	265	-
RG8-25*99-S	68	4,2	209	-
RG8-25*99-3-S	64	4,2	213	-
RG8-25*99-6-S	66	4,7	272	-
RG8-25*99-9-S	7	3,4	166	-
RG8-25*00-S	74	4,4	289	-
RG8-25*01-S	55	3,9	234	-
D3-122*98-S	57	-	252	44
D3-122*00-S	53	3,8	282	-
D3-122*01-S	66	4,1	241	-
D5-96*99-S	91	3,6	290	-
D5-96*99-3-S	104	4,2	294	-
D5-96*99-6-S	86	3,6	308	-
D5-96*99-9-S	89	4,6	308	-
D5-96*00-S	92	4,0	378	-
D5-96*01-S	84	3,6	239	-
D6-94*98-S	40	-	247	40
D6-94*99-S	42	4,7	272	-
D6-94*99-3-S	64	5,0	299	-

ANEXO 4 Continuación (2)

Muestra	Vitamina C (mg ascórbico +DHA/100 mL)	Acidez valorable (g málico/100 ml)	Comp. fenólicos (mg fenol/100 ml)	Proteínas (mg BSA/100 ml)
D6-94*99-6-S	69	5,3	326	-
D6-94*99-9-S	46	4,8	400	-
D6-94*00-S	81	4,4	288	-
D6-94*01-S	71	3,7	211	-
D10-19*98-S	62	-	255	42
D10-19*99-S	59	3,4	327	-
D10-19*99-3-S	52	4,0	532	-
D10-19*99-6-S	72	3,9	551	-
D10-19*99-9-S	24	3,4	388	-
D10-19*00-S	64	5,1	285	-
D10-19*01-S	54	4,2	258	-
93004*00-F	35	-	555	-
F93010*01-H-F-4	7	3,9	219	-
F93010*01-H-F-2	11	4,3	271	-
F93010*01-H-F	19	4,4	278	-
F93010*01-4-H-F	24	4,3	331	-
F93010*01-9-H-F	22	4,0	336	-
F93010*01-13-H-F	20	3,9	323	-
F93010*01-17-H-F	31	4,1	337	-
F93010*01-K-F-4	19	4,6	288	-
F93010*01-K-F-2	37	4,9	316	-
F93010*01-K-F	48	4,8	395	-
F93010*01-4-K-F	67	5,9	353	-
F93010*01-9-K-F	70	4,5	481	-
F93010*01-13-K-F	75	5,0	418	-
F93010*01-17-K-F	92	4,3	550	-
F93014*01-H-F-4	2	3,6	475	-
F93014*01-H-F-2	12	4,0	525	-
F93014*01-H-F	19	4,0	424	-
F93014*01-4-H-F	14	3,9	518	-
F93014*01-9-H-F	24	4,1	516	-
F93014*01-13-H-F	15	4,2	546	-
F93014*01-K-F-4	12	3,6	583	-
F93014*01-K-F-2	33	4,0	522	-
F93014*01-K-F	39	4,0	423	-
F93014*01-4-K-F	52	4,0	483	-
F93014*01-9-K-F	65	4,2	524	-
F93014*01-13-K-F	69	3,8	527	-
F93014*01-17-K-F	35	3,7	658	-
F93016*98-K-F	62	-	472	55
F93016*99-K-F	67	5,2	657	-
F93016*99-3-K-F	86	5,5	571	-
F93016*99-6-K-F	98	5,3	608	-
F93016*99-9-K-F	104	6,1	737	-

ANEXO 4 Continuación (3)

Muestra	Vitamina C (mg ascórbico +DHA/100 ml)	Acidez valorable (g málico/100 ml)	Comp. fenólicos (mg fenol/100 ml)	Proteínas (mg BSA/100 ml)
F93016*00-F	55	-	705	-
F93016*01-F	57	4,5	508	-
F93018*98-K-F	45	-	567	70
F93018*99-K-F	47	5,3	495	-
F93018*99-3-K-F	58	5,2	443	-
F93018*99-6-K-F	35	4,6	529	-
F93018*99-9-K-F	31	4,8	538	-
F93018*00-F	39	-	385	-
F93018*01-F	33	4,1	472	-
F93018*01-H-F-4	7	3,9	404	-
F93018*01-H-F-2	20	4,7	336	-
F93018*01-H-F	17	4,5	386	-
F93018*01-4-H-F	29	5,5	500	-
F93018*01-9-H-F	17	4,3	414	-
F93018*01-13-H-F	22	3,5	413	-
F93018*01-17-H-F	26	4,1	440	-
F93018*01-K-F-4	18	4,1	346	-
F93018*01-K-F-2	31	4,4	426	-
F93018*01-K-F	44	5,4	416	-
F93018*01-4-K-F	50	4,4	391	-
F93018*01-9-K-F	66	4,4	411	-
F93018*01-13-K-F	54	4,0	400	-
F93018*01-17-K-F	45	4,1	492	-
F93026*01-H-F-4	1	3,4	585	-
F93026*01-H-F-2	10	4,3	498	-
F93026*01-H-F	19	3,9	450	-
F93026*01-4-H-F	35	5,1	602	-
F93026*01-9-H-F	22	3,7	538	-
F93026*01-13-H-F	17	4,0	533	-
F93026*01-17-H-F	33	4,3	593	-
F93026*01-K-F-4	24	3,7	418	-
F93026*01-K-F-2	36	4,0	477	-
F93026*01-K-F	69	4,6	423	-
F93026*01-4-K-F	78	3,8	460	-
F93026*01-9-K-F	72	3,8	480	-
F93026*01-13-K-F	78	3,7	527	-
F93026*01-17-K-F	58	3,9	620	-
F93042*98-K-F	75	-	555	51
F93042*99-K-F	73	4,4	228	-
F93042*99-3-K-F	89	5,3	464	-
F93042*99-6-K-F	81	5,4	605	-
F93042*99-9-K-F	48	5,9	545	-
F93042*00-F	39	5,2	462	-
F93042*01-F	50	5,4	394	-

ANEXO 4 Continuación (4)

Muestra	Vitamina C (mg ascórbico +DHA/100 ml)	Acidez valorable (g málico/100 ml)	Comp. fenólicos (mg fenol/100 ml)	Proteínas (mg BSA/100 ml)
C9*01-S	69	3,9	239	-
C13*01-L	57	3,7	132	-
C13*01-F	33	5,2	293	-
C13*01-S	46	3,7	281	-
C14*01-S	93	3,8	211	-
C20*01-L	76	4,2	161	-
C20*01-F	60	3,5	221	-
C20*01-S	99	3,6	208	-
C23*01-S	78	3,7	208	-
C25*01-L	104	3,9	184	-
C25*01-F	66	4,9	162	-
C25*01*S	56	4,4	195	-
C26*01*	62	3,4	193	-
RG1-8*00-S (spec)	53	4,8	216	-
RG1-157*00-S(spec)	169	5,4	334	-
RG4-80*98-S(spec)	58	-	480	70
RG4-80*01-S(spec)	59	3,3	364	-
RG4-83*00-S(spec)	127	4,1	439	-
RG4-109*00-S(cat)	205	2,6	774	-
RG4-109*01-S(cat)	73	3,1	961	-
RG4-121*98-S(cat)	61	-	436	60
RG4-121*00-S(cat)	138	2,9	576	-
RG4-121*01-S(cat)	62	3,7	367	-
RG4-125*00-S(cat)	7	2,9	580	-
RG4-125*01-S(cat)	84	3,3	640	-
RG2-30*00-S(x sup)	109	3,2	353	-
RG2-43*99-S(x sup)	75	4,3	483	-
RG2-43*99-3-S(x sup)	94	3,9	377	-
RG2-43*99-6-S(x sup)	104	3,6	465	-
RG2-43*99-9-S(x sup)	96	4,8	437	-
RG2-43*01-S(x sup)	99	4,1	525	-

ANEXO 5 Composición de ácidos orgánicos en el zumo

Muestra	Málico (g/100 ml)	Quínico (g/100 mL)	Succínico (mg/100 ml)
NV14-73*98-S	2,41	1,25	0
NV14-73*99-S	4,00	1,20	18
NV14-73*99-3-S	4,00	1,10	17
NV14-73*99-6-S	5,50	1,30	24
NV14-73*99-9-S	4,40	1,80	33
NV15-97*98-S	2,92	1,31	0
NV17-18*98-S	3,26	0,86	5
NV18-34*98-S	3,65	0,99	0
NV19-27*98-S	3,08	1,18	6
NV19-44*98-S	3,44	0,98	12
NV19-64*98-S	3,65	0,99	0
NV19-108*98-S	2,27	1,44	9
RG1-27*99-S	3,00	0,60	5
RG1-27*99-3-S	3,70	0,80	8
RG1-27*99-6-S	3,70	0,90	7
RG1-27*99-9-S	0,00	1,20	49
RG6-104*98-S	5,86	1,33	4
RG6-104*99-S	2,90	0,60	12
RG6-104*99-3-S	4,60	1,50	14
RG6-104*99-6-S	5,10	1,90	35
RG6-104*99-9-S	4,50	2,20	28
RG6-111*99-S	3,00	0,60	8
RG6-111-99-3-S	3,40	0,70	11
RG6-111*99-6-S	3,70	0,90	12
RG6-111*99-9-S	4,10	0,90	65
RG6-132*99-S	3,10	2,50	9
RG6-132*99-3-S	4,60	1,20	23
RG6-132*99-6-S	0,00	1,00	32
RG6-132*99-9-S	3,60	1,50	79
RG7-50*99-S	2,70	0,50	12
RG7-50*99-3-S	4,40	1,10	41
RG7-50*99-6-S	4,70	1,20	43
RG7-50*99-9-S	0,00	1,00	32
RG7-69*99-S	3,00	0,90	12
RG7-69*99-3-S	5,50	1,50	38
RG7-69*99-6-S	4,60	1,70	60
RG7-69*99-9-S	5,90	2,10	63
RG8-22*98-S	5,05	1,08	0
RG8-22*99-S	3,20	0,60	18
RG8-22*99-3-S	3,50	0,80	15
RG8-22*99-6-S	5,20	1,10	18
RG8-22*99-9-S	3,40	0,40	92

ANEXO 5 Continuación (1)

Muestra	Málico (g/100 ml)	Quínico (g/100 ml)	Succínico (mg/100 ml)
RG8-25*99-S	3,90	0,50	5
RG8-25*99-3-S	4,50	0,80	0
RG8-25*99-6-S	4,80	0,80	7
RG8-25*99-9-S	3,50	1,10	82
D3-122*98-S	4,84	1,48	4
D5-96*99-S	3,10	0,90	8
D5-96*99-3-S	4,60	1,40	12
D5-96*99-6-S	3,30	1,50	27
D5-96*99-9-S	0,00	2,00	21
D6-94*98-S	4,74	1,24	0
D6-94*99-S	4,70	1,10	9
D6-94*99-3-S	4,70	1,30	10
D6-94*99-6-S	4,50	1,50	10
D6-94*99-9-S	4,20	2,50	19
D10-19*98-S	5,23	1,27	0
D10-19*99-S	2,70	1,30	12
D10-19*99-3-S	2,80	1,90	15
D10-19*99-6-S	4,00	2,20	17
D10-19*99-9-S	2,70	2,80	26
F93016*98-K-F	4,56	1,30	0
F93016*99-K-F	3,60	0,60	24
F93016*99-3-K-F	4,10	1,10	12
F93016*99-6-K-F	5,20	1,10	38
F93016*99-9-K-F	5,30	1,80	20
F93018*98-K-F	3,93	1,87	0
F93018*99-K-F	3,10	1,10	14
F93018*99-3-K-F	3,20	1,60	29
F93018*99-6-K-F	4,30	2,50	40
F93018*99-9-K-F	4,00	3,70	104
F93042*98-K-F	5,72	1,62	0
F93042*99-K-F	4,40	0,90	26
F93042*99-3-K-F	4,50	1,40	34
F93042*99-6-K-F	5,50	1,60	44
F93042*99-9-K-F	5,80	2,50	37
RG4-80*98-S(spec)	3,19	2,27	174
RG4-121*98-S(cat)	5,09	1,70	52
RG2-43*99-S(x sup)	3,10	0,60	27
RG2-43*99-3-S(x sup)	4,10	1,20	47
RG2-43*99-6-S(x sup)	4,90	1,20	72
RG2-43*99-9-S(x sup)	5,20	1,20	55

ANEXO 6 Composición de azúcares en el zumo fresco (mg/100 ml)

Muestra	Estaquiosa	Rafinosa	Sacarosa	Glucosa	Xilosa	Ramnosa	Fructosa	Inositol	Sorbitol
NV14-73*98-S	0	0	19	130	95	10	493	6	88
NV14-73*99-S	18	2	46	541	46	22	1188	14	258
NV14-73*99-3-S	7	0	10	426	43	0	870	8	53
NV14-73*99-6-S	1	1	1	563	39	0	1606	11	248
NV14-73*99-9-S	1	0	0	451	58	0	1319	14	347
NV15-97*98-S	2	5	54	137	159	9	514	5	90
NV17-18*98-S	2	3	31	131	99	7	351	0	87
NV18-34*98-S	0	9	21	553	115	0	1339	0	179
NV19-27*98-S	13	17	19	299	71	13	951	16	10
NV19-44*98-S	6	1	8	399	75	16	972	9	118
NV19-64*98-S	4	11	303	448	55	4	1056	3	136
NV19-108*98-S	22	20	12	137	131	18	490	5	124
RG1-27*99-S	2	3	0	660	51	0	1338	7	367
RG1-27*99-3-S	8	4	0	654	112	0	1557	14	361
RG1-27*99-6-S	1	2	0	441	78	0	1501	16	205
RG1-27*99-9-S	0	7	4	3042	103	0	8196	35	661
RG6-104*98-S	0	6	25	883	303	63	2489	16	492
RG6-104*99-S	3	2	0	354	35	0	754	12	213
RG6-104*99-3-S	0	17	0	570	67	0	1311	17	384
RG6-104*99-6-S	9	0	0	437	92	0	1013	22	352
RG6-104*99-9-S	4	0	0	792	95	0	2138	33	719

ANEXO 6 Continuación (1)

Muestra	Estaquirosa	Rafinosa	Sacarosa	Glucosa	Xilosa	Ramnosa	Fructosa	Inositol	Sorbitol
RG6-111*99-S	4	0	4	698	55	0	1326	0	303
RG6-111-99-3-S	0	4	1	507	59	0	1287	20	324
RG6-111*99-6-S	2	3	9	510	154	0	1635	20	361
RG6-111*99-9-S	6	5	132	923	75	0	2232	37	454
RG6-132*99-S	2	6	1	682	20	0	1010	0	237
RG6-132*99-3-S	0	8	3	639	17	0	1382	6	163
RG6-132*99-6-S	0	3	0	3692	63	0	8010	33	467
RG6-132*99-9-S	0	6	0	520	27	0	1367	30	391
RG7-50*99-S	0	0	0	732	53	0	1386	15	305
RG7-50*99-3-S	3	0	0	566	81	0	1244	17	454
RG7-50*99-6-S	0	1	3	1690	139	0	3725	62	753
RG7-50*99-9-S	0	5	7	3411	138	0	8680	36	322
RG7-69*99-S	0	3	23	432	29	0	1013	12	116
RG7-69*99-3-S	9	13	1	773	105	0	918	11	420
RG7-69*99-6-S	10	20	0	795	72	0	1978	32	487
RG7-69*99-9-S	4	2	0	1030	79	0	2202	35	363
RG8-22*98-S	0	0	17	512	133	25	119	17	251
RG8-22*99-S	0	0	3	429	28	0	674	7	182
RG8-22*99-3-S	4	0	20	396	45	0	855	9	177
RG8-22*99-6-S	1	1	0	516	37	0	1080	14	279
RG8-22*99-9-S	5	0	9	188	52	0	648	15	664

ANEXO 6 Continuación (2)

Muestra	Estaquiosa	Rafinosa	Sacarosa	Glucosa	Xilosa	Ramnosa	Fructosa	Inositol	Sorbitol
RG8-25*99-S	0	0	0	923	25	0	1490	9	228
RG8-25*99-3-S	12	0	0	416	17	0	1071	12	162
RG8-25*99-6-S	0	0	0	510	14	0	1390	17	263
RG8-25*99-9-S	0	10	0	452	50	0	1263	0	65
D3-122*98-S	0	39	55	1056	285	101	2515	0	311
D5-96*99-S	1	2	2	457	86	19	939	20	249
D5-96*99-3-S	0	6	0	584	116	0	1298	15	375
D5-96*99-6-S	9	8	4	318	119	0	898	14	326
D5-96*99-9-S	2	5	0	1878	151	0	5514	31	248
D6-94*98-S	0	0	215	550	182	0	1221	0	226
D6-94*99-S	4	0	200	310	92	3	861	10	313
D6-94*99-3-S	9	12	91	303	75	0	862	13	295
D6-94*99-6-S	1	0	53	336	142	0	922	13	282
D6-94*99-9-S	0	0	0	422	118	0	1103	19	422
D10-19*98-S	0	36	94	455	137	36	1019	0	126
D10-19*99-S	4	5	23	355	19	11	756	13	247
D10-19*99-3-S	7	17	71	325	29	0	756	16	209
D10-19*99-6-S	10	14	3	368	36	0	952	23	344
D10-19*99-9-S	1	11	4	343	27	0	790	33	235
F93016*98-K-F	109	0	150	661	486	91	2175	68	308
F93016*99-K-F	0	10	61	396	68	0	890	11	311

ANEXO 6 Continuación (3)

Muestra	Estaquirosa	Rafinosa	Sacarosa	Glucosa	Xilosa	Ramnosa	Fructosa	Inositol	Sorbitol
F93016*99-3-K-F	7	0	27	299	63	0	909	11	297
F93016*99-6-K-F	1	6	17	371	110	0	1252	23	408
F93016*99-9-K-F	8	10	5	441	137	0	1300	24	452
F93018*98-K-F	4	2	63	439	251	44	1142	58	301
F93018*99-K-F	0	0	84	280	362	0	570	10	217
F93018*99-3-K-F	5	1	50	235	52	0	495	14	188
F93018*99-6-K-F	11	10	10	322	57	0	728	12	280
F93018*99-9-K-F	7	10	10	369	90	0	931	26	0
F93042*98-K-F	0	0	0	544	49	0	1197	0	710
F93042*99-K-F	6	6	6	529	56	0	943	11	489
F93042*99-3-K-F	4	8	0	504	57	0	1024	15	480
F93042*99-6-K-F	12	22	0	546	57	0	1192	18	487
F93042*00-F	18	6	3	560	62	0	1326	23	806
RG4-80*98-S(spec)	0	4	32	414	91	9	1035	4	519
RG4-121*98-S(cat)	0	14	23	1065	229	96	2293	17	452
RG2-43*99-S(x sup)	7	0	29	372	45	0	728	7	407
RG2-43*99-3-S(x sup)	0	4	6	516	90	0	1062	0	557
RG2-43*99-6-S(x sup)	6	9	5	616	90	0	1255	24	563
RG2-43*99-9-S(x sup)	4	9	2	422	111	0	1080	14	698

ANEXO 7 Perfil de aniones y cationes en el zumo de chaenomeles (mg/100 ml)

Muestra	Sodio	Amonio	Potasio	Magnesio	Calcio	Fluoruro	Cloruro
NV14-73*98-S	3,5	0,3	176	5,9	12,6	120	5,2
NV14-73*99-S	3,3	0,4	179	8,7	12,2	-	-
NV15-97*98-S	2,6	1,4	179	8,7	13,0	101	3,7
NV17-18*98-S	2,7	0,3	146	4,4	9,2	70	4,9
NV18-34*98-S	5,3	0,9	150	4,4	10,3	74	8,1
NV19-27*98-S	4,2	1,5	167	4,2	9,1	87	5,1
NV19-44*98-S	3,4	1,0	165	6,5	11,0	25	1,5
NV19-64*98-S	4,3	0,7	163	5,1	8,0	80	5,1
NV19-108*98-S	1,9	0,2	149	3,8	9,8	122	9,4
RG1-27*99-S	3,7	0,4	184	6,6	11,7	-	-
RG6-104*98-S	2,4	1,2	185	4,6	9,9	65	6,8
RG6-104*99-S	2,8	0,0	190	3,8	11,7	-	-
RG6-111*99-S	3,7	1,2	157	5,4	13,7	-	-
RG6-132*99-S	12,3	0,8	187	7,7	18,5	-	-
RG7-50*99-S	3,3	0,8	182	7,4	11,5	-	-
RG7-69*99-S	0,4	0,4	206	4,1	11,8	-	-
RG8-22*98-S	3,3	0,5	232	6,1	11,4	21	1,4
RG8-22*99-S	3,1	0,0	195	4,8	13,9	-	-
RG8-25*99-S	5,5	0,6	207	6,4	11,3	-	-
D3-122*98-S	5,1	1,2	175	3,9	11,9	96	8,1
D5-96*99-S	3,4	0,0	145	4,9	13,2	-	-
D6-94*98-S	3,5	0,7	145	4,8	12,7	80	7,5
D6-94*99-S	4,0	0,0	167	7,1	15,4	-	-
D10-19*98-S	2,6	1,2	163	5,4	12,7	82	4,8
D10-19*99-S	5,6	0,0	153	5,2	17,4	-	-
F93016*98-K-F	1,8	0,8	183	5,9	13,9	90	3,5
F93016*99-K-F	2,3	0,5	217	8,2	19,4	-	-
F93018*98-K-F	2,3	0,7	226	9,3	16,5	133	3,4
F93018*99-K-F	3,3	0,3	215	7,8	20,9	-	-
F93042*98-K-F	4,9	0,8	230	10,3	15,8	83	-
F93042*99-K-F	5,9	0,0	152	5,5	12,8	-	-
RG4-80*98-S(spec)	5,7	0,0	241	5,7	19,0	139	8,7
RG4-121*98-S(cat)	4,7	0,5	153	3,8	15,2	83	8,7
RG2-43*99-S(x sup)	8,7	0,4	213	6,5	15,1	-	-

ANEXO 8 Composición de las semillas de *Chaenomeles*

Muestra	Humedad (%)	Grasa total (%)
NV14-73*99-S	41,8	5,9
NV14-73*99-3-S	36,5	-
NV14-73*99-6-S	37,9	-
NV14-73*99-9-S	30,8	-
RG1-27*99-S	40,2	4,5
RG1-27*99-3-S	37,8	-
RG1-27*99-6-S	34,8	-
RG1-27*99-9-S	34,9	-
RG6-104*99-S	41,3	5,2
RG6-104*99-3-S	36,8	-
RG6-104*99-6-S	37,8	-
RG6-104*99-9-S	35,4	-
RG6-111*99-S	41,5	5,8
RG6-111-99-3-S	37,8	-
RG6-111*99-6-S	37,4	-
RG6-111*99-9-S	37,8	-
RG6-132*99-S	43,1	4,3
RG6-132*99-3-S	39,4	-
RG6-132*99-6-S	35,2	-
RG6-132*99-9-S	37,3	-
RG7-50*99-S	43,3	4,4
RG7-50*99-3-S	38,3	-
RG7-50*99-6-S	39,4	-
RG7-50*99-9-S	35,5	-
RG7-69*99-S	40,1	5,6
RG7-69*99-3-S	38,9	-
RG7-69*99-6-S	38,1	-
RG7-69*99-9-S	36,2	-
RG8-22*99-S	41,3	6
RG8-22*99-3-S	40,3	-
RG8-22*99-6-S	39,8	-
RG8-22*99-9-S	38,9	-
RG8-22*01-S	43,1	5
RG8-25*99-S	42,7	5,2
RG8-25*99-3-S	35,6	-
RG8-25*99-6-S	37,0	-
RG8-25*99-9-S	39,6	-
D5-96*99-S	40,9	5,9
D5-96*99-3-S	41,2	-
D5-96*99-6-S	41,9	-
D5-96*99-9-S	37,5	-

ANEXO 8 Continuación (1)

Muestra	Humedad (%)	Grasa total (%)
D6-94*99-S	39,0	7,0
D6-94*99-3-S	34,8	-
D6-94*99-6-S	34,1	-
D6-94*99-9-S	34,8	-
D6-94*01-S	41,3	5,2
D10-19*99-S	39,6	6,5
D10-19*99-3-S	37,1	-
D10-19*99-6-S	36,8	-
D10-19*99-9-S	37,7	-
D10-19*01-S	41,1	3,2
F93010*01-K-F-4	57,8	1,2
F93010*01-K-F-2	55,7	2,3
F93010*01-K-F	42,6	3,0
F93010*01-4-K-F	46,5	2,5
F93010*01-9-K-F	45,3	2,1
F93010*01-13-K-F	43,6	2,9
F93010*01-17-K-F	43,7	2,7
F93016*99-K-F	39,0	7,1
F93016*99-3-K-F	36,5	-
F93016*99-6-K-F	35,9	-
F93016*99-9-K-F	36,2	-
F93016*01-F	45,5	3,7
F93018*99-K-F	43,4	4,6
F93018*99-3-K-F	40,1	-
F93018*99-6-K-F	41,9	-
F93018*99-9-K-F	42,1	-
F93018*01-F	47,0	3,8
F93018*01-H-F-4	59,9	1,4
F93018*01-H-F-2	54,4	2,8
F93018*01-H-F	50,2	1,7
F93018*01-4-H-F	50,2	1,7
F93018*01-9-H-F	53,0	1,6
F93018*01-13-H-F	48,1	2,3
F93018*01-17-H-F	48,5	1,3
F93018*01-K-F-4	63,9	1,4
F93018*01-K-F-2	56,7	2,6
F93018*01-K-F	50,4	1,7
F93018*01-4-K-F	51,9	2,1
F93018*01-9-K-F	51,7	1,8
F93018*01-13-K-F	49,5	2,2
F93018*01-17-K-F	46,2	2,2

ANEXO 8 Continuación (2)

Muestra	Humedad (%)	Grasa total (%)
F93042*99-K-F	41,9	3,3
F93042*99-3-K-F	41,1	-
F93042*99-6-K-F	38,0	-
F93042*99-9-K-F	40,6	-
F93042*01-F	49,2	1,9
C13*01-L	39,3	4,5
C13*01-F	44,1	3,0
C13*01-S	41,0	6,4
C20*01-L	38,1	3,7
C20*01-F	42,2	3,4
C20*01-S	45,2	2,5
C25*01-L	37,5	3,9
C25*01-F	41,3	3,6
C25-01*S	40,5	3,5
RG2-43*99-S(x sup)	40,5	10,0
RG2-43*99-3-S(x sup)	38,0	-
RG2-43*99-6-S(x sup)	34,8	-
RG2-43*99-9-S(x sup)	37,6	-

ANEXO 9 Perfil de ácidos grasos en semillas de chaenomeles (%)

Muestra	Palmitico	Estearico	Araquidico	Behénico	Oleico	Cis-11- Eicosanoico	Linoleico	Linolénico
NV14-73*99-S	7,92	1,45	0,71	0,31	36,42	0,50	47,80	0,55
RG1-27*99-S	0,00	1,25	0,73	0,28	33,80	0,61	53,16	0,53
RG6-104*99-S	7,46	1,09	0,60	0,23	41,25	0,51	48,30	0,57
RG6-111*99-S	8,58	1,11	0,59	0,00	37,94	0,48	50,81	0,51
RG6-132*99-S	9,33	1,07	0,59	0,24	38,50	0,51	49,26	0,54
RG7-50*99-S	7,10	0,95	0,60	0,19	36,63	0,51	52,51	1,53
RG7-69*99-S	9,68	0,87	0,58	0,26	35,99	0,50	51,56	0,59
RG8-22*99-S	10,36	0,98	0,63	0,29	36,88	0,52	49,91	0,46
RG8-25*99-S	11,42	0,82	0,65	0,26	33,55	0,51	52,34	0,48
D5-96*99-S	6,31	1,03	0,60	0,00	38,96	0,53	52,02	0,58
D6-94*99-S	8,70	0,92	0,56	0,24	40,14	0,57	48,42	0,48
D10-19*99-S	6,64	1,07	0,65	0,21	48,65	0,65	41,68	0,48
F93016*99-K-F	7,65	1,19	0,69	0,00	35,58	0,57	53,76	0,58
F93018*99-K-F	6,74	1,30	0,79	0,25	36,20	0,65	53,51	0,60
F93042*99-K-F	10,00	1,05	0,64	0,29	34,81	0,53	52,01	0,69
RG2-43*99-S(x sup)	8,96	0,94	0,72	0,28	44,16	0,61	43,94	0,39

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Abe H., Yasuda T., Ueda J., Osawa S. y Iwabuchi H. (1990). The constituents of *Chaenomeles sinensis* (Thouin) Koehne. *Annu. Rep. Tooku Coll. Pahrn.*, 37: 107-112.
- Abbott J. (1999). Quality measurement of fruits and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 207-225.
- Abrahao E., Albarenga A. y de Souza M. (1995). Germination of the seeds of quince tree (*Chaenomeles sinensis* cv. JAPONES). *Ciencia e Pratica*, 19: 342-343.
- Albarenga A., Abrahao E., de Souza M., de Carvalho V., Nascimento P.S. y Alvarenga C.A. (1994). Physical and chemical characterization of Japonese quince (*Chaenomeles sinensis* Koehne). *Ciencia e Pratica*, 18: 178-180.
- Ackermann J., Fischer M., Amadó R. (1992). Changes in sugars, acids, and amino acids during ripening and storage of apples (Cv. *Glockenapfel*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1131-1134.
- Adrián J. y Fragüe, R. (1990). La ciencia de los alimentos de la A a la Z. Ed. Acribia S.A. Zaragoza.
- Ahmad J.I. (1995). Health and dietary fibre. *Nutrition and Food Science*, 1: 18-22.
- Al-Maiman S.A. y Ahmad D. (2002). Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum* L) fruit maturation. *Food Chemistry*, 76: 437-441.
- Albison B. y Wendin K. (2001). Consumer preferences for Japanese quince products. SIK. The Swedish Institute for Food and Biotechnology. Göteborg 1-36.
- Alcaráz O., Cano A., Acosta M. y Arnao M.B. (2002). La actividad antioxidante de zumos refrigerados: relación con la temperatura de conservación y el contenido en ácido ascórbico. En: Avances en ciencias y técnicas del frío-1. I Congreso de Ciencias y Técnicas del Frío. CYTEF'2002 Cartagena, 561-565.
- Alvarado J.D. y Romero C.H. (1989). Physical properties of fruits I. Density and viscosity of juices as functions of soluble solids content and temperature. *Latin American Applied Research*, 19: 15-21.

- Ames B.N., Shigenaga M.K. y Hagen T.M. (1993). Oxidants, antioxidants, and the degenerative diseases of aging. *Proceedings of National Academy of Science, USA*, 90: 7915-7922.
- AMITOM. (2000). White book on the antioxidants in tomatoes and tomato products and their health benefits. FAIR CT97-3233.
- Amore J.E. (1970). Molecular basis of odour. Thomas C.C. Ed. Springfield, Illinois, USA, 10-27.
- Andrade P.B., Carvalho A.R. F., Seabra R.M. y Ferreira M.A. (1998). A previous study of phenolic profiles of quince, pear, and apple purees by HPLC-diode array detection, for evaluation of quince purees genuineness. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 968-972.
- Angberg M., Nyström C. y Castenson S. (1993). Evaluation of heat conduction microcalorimetry in pharmaceutical stability studies VII. Oxidation of ascorbic acid in aqueous solution. *International Journal of Pharmacology*, 90: 19-33.
- Antolovich M., Prenzler P., Robards K. y Ryan D. (2000). Sample preparation in the determination of phenolic compounds in fruits. *Analyst*, 125: 989-1009.
- Anónimo. (1989). Medicinal plants in China -a selection of 150 commonly used species. WHO Regional Publ., Western Pacific Ser. 2, Manila. 72-73.
- Anónimo. (2003). Quince-*Chaenomeles* sp. www.bonsai-bci.com/species/quince.html
- AOAC Internacional (1990). Official Methods of Analysis. Gaithersburg: 15th Ed.
- Arai Y., Watanabe S., Simira M., Simio K., Mochizuki R. y Kinai N. (2000). Dietary intakes of flavonols, flavones and isoflavones by Japanese women and the inverse correlation between quercetin intake and plasma LDL cholesterol. *Journal of Nutrition*, 130: 2378-2383.
- Arnao M.B., Cano A., Hernández-Ruiz J., García Canovas F. y Acosta M. (1996). Total antioxidant activity. A method for its estimation in plant material. Current trends in fruit and vegetables phytochemistry, García-Viguera C., Castaner M. ; Gil

- M.I., Ferreres F., Tomás-Barberán F.A., (Eds) Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 265-269.
- Artés F. y Artés-Hernandez F. (2002). Daños por frío en la postrecolección de frutas y hortalizas. En: Avances en ciencias y técnicas del frío-1. I Congreso de Ciencias y Técnicas del Frío. CYTEF'2002 Cartagena. 299-310.
- Arthey D. y Ashurs P.R. (1997). Procesado de frutas. Ed Acribia. Zaragoza.
- Ayaz F.A., Kadioglu A. y Reunanen M. (1997). Changes in phenolic acid contents of *Diospyros lotus* L. during fruit development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45:2539-2541.
- Ayaz F.A., Kucukislamoglu M. y Reunanen M. (2000). Sugar, non-volatile and phenolics of strawberry tree. *Journal of Food Composition and Analysis* 13: 171-177.
- Barceló A., Granados M.V., Hellín P., Jordán M.J., Bañón S., Ros J.M. y Laencina (2000). Behaviour of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) stored under refrigeration conditions. En: Artés F., Gil M.I., Conesa M.A. (Eds). Improving postharvest technologies of fruits, vegetables and ornamentals, refrigeration science and technology. Proceedings International Institute of Refrigeration I: 158-162.
- Bartish I., Rumpunen K. y Nybom H. (1999). Genetic diversity in *Chaenomeles* revealed by RAPD analysis. *Plant Systematics and Evolution*, 214: 131-145.
- Bartish I., Rumpunen K. y Nybom H. (2000). Combined analysis of RAPDs, cpDNA and morphology demonstrate spontaneous hybridization in the plant genus *Chaenomeles*. *Heredity*, 85: 383-392.
- Bartish I., Garkaba L.P., Rumpunen K. y Nybom H. (2000). Phylogenetic relationships and differentiation among and within populations of *Chaenomeles* Lindl. (Rosaceae) estimated with RAPDs and isozymes. *Theoretical and Applied Genetics*, 101: 554-563.
- Bartolomew E. y Sinclair W. (1951). The lemon fruit. Its composition, physiology, and

- products. University of California Press, Berkeley and Los Angeles.
- Beare-Rogers J. (1999). Invited commentary: SI Units for nutrient analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12: 3-4.
- Belitz H.D. y Grosch W. (1987). Fruit and fruits products. In: Food Chemistry. Springer-Verlag, Heidelberg.
- Belitz, H.D. y Grosch, W. (1997). Química de los alimentos. 2ª ed. Ed. Acribia. Zaragoza.
- Bello J. (1997). Principales ámbitos clínicos de aplicación de los alimentos funcionales o nutraceuticos. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, 16: 43-48.
- Bellon-Maurel V. y Vigneau J.L., (1995). NIR fast spectrometer for fruit infernal quality assessment: reproductibility study. *Harvest and postharvest technologies for fresh fruits and vegetables*, 471-476, ASAE publication.
- Ben-Aire R., Kislev N. y Frenkel C. (1979). Ultrastructural changes in the cell walls of ripening apple and pear fruit. *Plant Physiology*, 64: 197.
- Bengoechea A., Sancho A., Estrella I., Gómez-cordovés C. y Hernández T. (1996). Influence of technological processes in the phenolic composition of apple and peach fruits. Current trends in fruit and vegetables phytochemistry, García-Viguera C., Castañer M., Gil M.I., Ferreres F., Tomás-Barberán F.A., (Eds) Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 21-25.
- Bengoechea M.L., Sancho A. I., Bartolomé B., Estrella I., Gómez-cordovés C. y Hernández T. (1997). Phenolic composition of industrially manufactured purées and concentrates from peach and apple fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 4071-4075.
- Berütter J. (1985). Sugar accumulation and changes in the activities of related enzymes during development of the apple fruit. *Journal of Plant Physiology*, 121: 331-334.
- Bitters W. P. (1961). Physical characters and chemical composition as affected by scions and rootstock. En: The orange. It's Biochemistry and Physiology. Sinclair

- W.B. University of California. Division of Agricultural Sciences, 80-93.
- Block G., Patterson B. y Suber A. (1992). Fruit, vegetables and cancer prevention: a review of the epidemiological evidence. *Nutrition and Cancer*, 18: 1-29.
- Board P.W. (1989). Control de calidad en la elaboración de frutas y hortalizas. Estudio FAO. Alimentación y Nutrición. Roma.
- Brignoli C. A., Kinsella J.E. y Weihrauch J.L. (1976). Comprehensive evaluation of fatty foods. *Journal of American Dietetic Association*, 68: 224-229.
- Brown M.L. (1990). Present knowledge in nutrition. 6th Ed. Intl. Life Sciences Institute, Washington.
- Buchter-Weisbrodt H. (1992). CIDO Nordische Zitrone. Ostbau, 10: 490.
- Burda S., Oleszek W. y Lee C.Y. (1990). Phenolic compounds and their changes in apples during maturation and cold storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 945-948.
- Buttery R.G. (1981). Vegetable and fruit flavors. En: Flower research recent advances. Ed. Teramishir; flath R.A. sugisawa H. Ed, Marsel Decker, New York, 175-216.
- Cámara M., Díez C. y Torija E. (1995). Chemical characterization of pineapple juices and nectars. Principal component analysis. *Food Chemistry*, 54: 93-100.
- Cámara M. (2002). Importancia del consumo de frutas y hortalizas y su incidencia en la salud. En: Aspectos relativos a la calidad de frutas y hortalizas frescas. Monografía I. Fundación Sabor y Salud.
- Campbell C.S., Donoughue M.J., Baldwin B.G. y Wojciechowski M.F. (1995). Relaciones filogenéticas en Maloideae (Rosaceae): Evidencia de secuencias de los espaciadores transcritos internos de la DNA nuclear ribosomal y de su congruencia con morfología. *Journal of Botany*, 82: 903-918.
- Campbell J.M., Bauer L.L., Fahey G.C., Hogarth J., Wolf B.W. y Hunter D.E. (1997). Selected fructooligosaccharide (1-ketose, Nystose and 1f-b-fructofuranosyl-nystose), composition of food and feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 3076-3082.

- Cepeda E. y Villarán M.C. (1999). Density and viscosity of *Malus floribunda* juice as a function of temperature. *Journal of Food Engineering*, 41: 103-107.
- Clark L.C., Combs G.F. y Turnbull B.W. (1996). Effects of selenium supplementation for cancer prevention in patients with carcinoma of the skin. *Jama*, 276: 1957-1963.
- Claye S.S., Idouraine A. y Weber C.W. (1998). In-vitro mineral binding capacity of five fiber sources and their insoluble components for magnesium and calcium. *Food Chemistry*, 61: 333-338.
- Clydesdale F.M. (1978). Colorimetry-methodology and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 10: 243-301.
- Cliff M.A., Kukumoto L.K., King M.C., Edwards B.J. y Girard B. (2000). Sensory, physical, and chemical properties of ultrafiltered apple juice. *Journal of Food Quality*, 23: 171-184.
- Código Alimentario Español. (C.A.E). (1991). 6ª Ed. Madrid: Boletín oficial del Estado. Colección Textos Legales.
- Collado M., Gonzalez M.L., Pino R. (2002). Evaluation of turbidity: correlation between Kerstesz turbidimeter and nephelometric turbidimeter. *Food Chemistry*, 71: 563-566.
- Conway W.S., Sams C.E., Wang C.Y. y Abbott J.A. (1994). Additive effects of postharvest calcium and heat treatment on reducing decay and maintaining quality in apples. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 119: 49-53.
- Cotte P. (1999). Tackling diet-related disease by promoting fruit and vegetables. *Nutrition and Food Science*, 4: 173-177.
- Coultate T. y Davies J. (1997). Alimentos. Lo que conviene saber para una alimentación correcta. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.

- Craig S.A.S., Holden J.F., Troup J.P., Auerbach M.H. y Frier H.I. (1998). Polydextrose as soluble fiber: Physiological and analytical aspects. *Cereal Foods World*, 43: 370-376.
- Creelman D.W. (1962). Summary of the prevalence of plant disease in Canada in 1961. *Canada Plant Dis. Surv.*, 42: 23-102.
- Chapman G.W. y Hovart R.J. (1990). Changes in nonvolatile acid, sugars, pectin and sugar composition of pectin during peach (Cv. Monroe) maturation. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 38: 383-387.
- Charley H. (1987). Tecnología de alimentos. Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos. Ed. Limusa. Méjico.
- Chaves M^a G., Montiel G., Sgroppo S. y Avanza J. (2001). Caracterización del jugo de Lima Rangpur (Citrus Limonia Osbeck). Laboratorio de Tecnología Química - Facultad de Ciencias Exactas y Naturales y Agrimensura - UNNE. Corrientes - Argentina. www1.une.edu.ar
- Childs N.M. (1997). Foods that enhance health- Time to validate and Pursue. *Journal of Nutraceuticals, Functional and Medical Foods*, 1: 1-5.
- De Hoya M. y Mata P. (1989). Estudio de los distintos componentes de la dieta y la aterosclerosis. Boletín campaña difusión conocimiento científico aceite oliva. European Community Commission, Madrid 4: 1-4.
- Dever M.C., Cliff M. y Veto L. (1991). Effect of apple storage on the quality of non-oxidative juice. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 24: 252-258.
- Dick A.J., Redden P.R., De Marco A.C., Lidster P.D. y Grindley, T.B. (1987). Flavonoids glycosides of spartan apple peel. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35: 529-531.
- Dilli C.A., Bañón S., Ros J.M. y Laencina J. (2002). Influencia de diferentes épocas de recolección sobre la calidad de los frutos durante la conservación frigorífica de manzanas en Brasil. En: Avances en ciencias y técnicas del frío-1. I Congreso de

- Ciencias y Técnicas del Frío. CYTEF'2002 Cartagena. 619-624.
- Dimick P.S. y Hoskin J.C. (1983). Review of apple flower-state. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 18: 387-409.
- Drawert F., Heimann W., Emberger R. y Tressl R. (1969). Gas chromatographic investigation of vegetables aromas II. Concentration, separation, and identification of apple flavor components. *Chromatographia*, 2: 57.
- Durán S. (1983). Frigoconservación de la fruta. AEDOS. 366.
- Eastwood, M.A. y Morris E.R. (1992). Physical properties of dietary fiber that influence physiological function. *American Journal of Clinic Nutrition*, 55: 436-442.
- Ebbsen A., Rysstad G. y Baxter A. (1998). Effect of temperature, oxigen, and packaging material on orange juice quality during storage. *Fruit Process*, 8: 446-455.
- Elad Y. (1992). The use of antioxidants (free radical scavengers) to control grey mould (*Botrytis cinerea*) and white mould (*sclerotinia sclerotiorum*) in various crops. *Plant Pathology*, 41: 417-426.
- Eley F.H. (1970). Propagation by root cutting. *Combined Proceedings on the International Plant Propagators Society*, 20: 332-333.
- Eliade E. y Barbu V. (1963). Diseases of Japanese quince (*C. japonica*) and their control. *Studii Cerc. Biol.*, 15: 531-540.
- El-Zeftawi B., Brohier L., Dooley L., Goubran F., Colmes R. y Scout B. (1988). Some maturity indices for tamarillos and pepino fruits. *Journal of Horticultural Science*, 63: 163-169.
- Esti M., Messia M.C., Sinesio F., Nicotra A., Conte L., La Notte L. y Palleschi G. (1997). Quality evaluation of peaches and nectarines by electrochemical and multivariate analysis: relationship between analytical measurements and sensory attributes. *Food Chemistry*, 60: 659-666.
- Farré R. y Frasquet I. (2002). Biodisponibilidad de vitaminas liposolubles y licopeno de origen dietético. *Alimentación Nutrición y Salud*, 9: 39-45.

- Fellman J.K., Mattinson D.S., Bosckit B.C., Matéis T.T. y Patterson M.E. (1993).
Esther biosynthesis in arome apples subjected to low oxigen atmospheres.
Postharvest Biology and Technology, 3: 201-214.
- Ferreira I.M., Pestana N., Rui M., Mota F.J.M., Reu C., Cunha S. y Oliveira M.B.
(2004b). Quince jam quality: microbiological, physicochemical and sensory
evaluation. *Food Control*, 15: 291-295.
- Floros J.D.(1993). The shelf life of fruits and vegetables. Shelf Life Studies of Foods
and Beverages: Chemical, Biological, Physical, and Nutritional Aspects (G.
Charambous, ed.). Elsevier Science. Publishers B.V., Amsterdam.
- Francis F.J. (1980). Color quality evaluation of horticultural crops. *HortScience*, 15: 14-
15.
- Gabrielska J., Oszmianski J. y E. Lamer-Zarawska-Zarawska. (1997). Efecto protector
de los flavonoides de la planta en la oxidación de los liposomas de la lecitina.
Pharmazie, 52: 170-171.
- Gardner P.T., White T.A.C., McPhail D.B. y Duthie G.G. (2000). The relative
contributions of vitamin C carotenoid and phenolics to the antioxidant potential
of fruit juices. *Food Chemistry*, 68: 471-474.
- Garkava L.P., Rumpunen K. y Bartish I. (2000). Genetic relationships in Chaenomeles
revealed by isozyme analysis. *Scientia Horticulture*, 85: 21-35.
- Giambanco de Ena H. (1999). Trazabilidad, identificar el producto. *Horticultura*,
marzo: 23-34.
- Gil M.I., Tomás-Barberán F.A., Hess-pierce B. y Kader A.A. (2002). Antioxidant
capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of
nectarine, peach and plum cultivars from California. *Journal of Agricultural and
Food Chemistry*, 50: 4976-4982.
- Golubev V.N., Kolechick A.A. y Rigavs U.A. (1990). Carbohydrate complex of the
fruit of Chaenomeles maulei. *Khimiya Prirodnykh Soedinenii*, 4: 460-463.
- Goyle A. y Ojha P. (1998). Effect of storage on vitamin C, microbial load and sensory

- attributes of orange juice. *Journal of Food Science and Technology*, 35: 346-348.
- Granado F. y Olmedilla B. (2003). Frutas y hortalizas: fuentes de compuestos con actividad biológica beneficiosa para el hombre. Clínica Puerta de Hierro. Publicado por la Fundación Sabor y Salud.
- Guldner A. y Winterhalter P. (1991). Structures of two new ionone glycosides from quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39: 2142-2146.
- Harris J.R. (1996). Subcellular biochemistry, ascorbic acid: biochemistry and biomedical cell biology. Vol 25, Plenum, New York.
- Heatherbell D.A. (1984). Fruit juice clarification and fining. *Confructa*, 3:192.
- Heaton J.B. (1979). A new record of *Monilinia fruticola* on flowering quince at Stanthorpe, Queensland. *Australasian Plant Pathology*, 8: 47-52.
- Heimler D. y Pieroni A. (1992). Influence of environmental factor (acid rains and long term storage) on the concentration of carboxylic acid in apple fruits. *Agrochimica*, 36: 494-499.
- Hellín P., Ros J.M. y Laencina J. (2001). Changes in high and low molecular weight carbohydrates during *Rhizopus nigricans* cultivation on lemon peel. *Carbohydrate Polymers*, 45: 169-174.
- Hellín P., Vila R., Jordán M.J., Laencina J., Rumpunen K. y Ros J.M. (2003a). Characteristics and composition of *Chaenomeles* fruit juice. En: Japanese quince: Potential fruit crop for Northern Europe.(Eds.) Kimmo Rumpunen, 127-140.
- Hellín P., Jordán M.J., Vila R., Gustfsson M., Göransson E., Akesson B., Gröön I., Laencina J. y Ros J.M. (2003b). Processing and Products of Japanese Quince (*Chaenomeles japonica*) Fruits. En: Japanese quince: potential fruit crop for Northern Europe.(Eds.) Kimmo Rumpunen 169-175.

- Hendrix C.M. y Redd J.B. (1995). Chemistry and technology of citrus juice and their by-products. En: Ashurst P.R. (Ed) Production and packaging of non-carbonated fruit juices and fruit beverages. Blackie Academic and Profesional, Glasgow.
- Hermann K. (1990). Significance of hydroxycinnamic acid compounds in food I. Antioxidant activity-effect on the use, digestibility and microbial spoilage of food. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.*, 12: 137-144.
- Hernández M. y Alique R. (1999). Changes of phenolic compounds in cherimoya (*Annona Chermola* Mill.) during ripening. En: Current trends in fruit and vegetables phytochemistry. Chapter12.
- Hertog M.G.L., Hollman P.C.H. y van de Putte B. (1993). Content of potentially anticarcinogenic flavonoids in tea infusions, wine and fruit juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41: 1242-1246.
- Hirvi T. y Kanen E. (1983). The aroma of some hybrids between Highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) and Bog Blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.). *Lebensmittel Untersuchung*, 176: 346-349.
- Ho C.T., Lee C.Y. y Houngh M.T. (1992). Phenolic compounds in food and their effects on health I. Analysis, occurrence and chemistry. *ACS symp. Ser.* n° 506.
- Hoffpauer D.W. y Bonnette R.E. (1998). Enrichment update on folic acid. *Cereal Foods World*, 43: 365-367.
- Holdsworth S.D. (1988). Conservación de frutas y hortalizas. Ed Acribia. Cap. 7.
- Horie H. y Kobayashi T. (1979). Punto de la hoja de Entomosporium de Pomoideae (Rosaceae) en Japón I. Distribución de la enfermedad: morfología y fisiología del hongo. *European Journal of Forest Path*, 9: 366-379.
- Horvart R., Chapman G. y Payne J. (1994). Volatiles of ripe flowering quince (*Chaenomeles speciosa* Nakai). *Journal of Essential Oil Research*, 6: 81-83.
- Huang P.Q. (1999). D-Quinic acid, a versatile chiron in organic synthesis. *Youji Huaxue*, 19: 364-373.
- Hubbard N. L., Huber S.C. y Pharr D.M. (1989). Sucrose phosphate synthase and acid

- invertase as determinants of sucrose concentration in developing Muskmelon (*Cucumis melo* L.). *Plant Physiology*, 91: 1527-1534.
- Hudina M. e Ytampar F. (2000). Sugar and organic acids contents in European *Pyrus comminus* L. and Asian *Pyrus serotina* r *Rehd.* pears cultivars. *Acta alimentaria, An International Journal of Food Science*, 29: 217-230.
- Hulme A.C. (1958). Some aspects of the biochemistry of apple and pear fruits. *Advances in Food Research*, 8: 297-413.
- Hulme A.C. (1970). The biochemistry of fruits and their products. Vol. 1, Academic Press, London.
- Hulme A.C. y Rhodes M.J.C. (1971). The biochemistry of fruits and their products. Hulme A.C. Ed. Academic Press London 2, Chapter 10.
- Hunter R.S. y Harold R.W. (1987). The measurement of appearance. Wiley-interscience, New York.
- Jang M., Cai L., Udeani G.O., Slowing K.V., Thomas C.F., Beecher C.W.W., Fong H.S.S., Farnsworth N.R., Kinghorn A.D., Mehta R.G., Moon R.C. y Pezzuto J.M. (1997). Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grapes. *Science*, 275: 218-220.
- Jamin E., Gonzalez J., Remaud G., Naulet N. y Martín G.G. (1997). Detection of exogenous sugars or organic acid addition in pineapple juices and concentrates by ¹³C IRMS analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 3961-3967.
- Jordán M.J., Hellín P., Mucci B., Ros J.M. y Laencina J. (1998). Study of volatile constituents of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) under refrigerated storage. Conference Physiological and technological Aspects of Gaseous and thermal treatments of fresh fruit and vegetables.
- Jordán M.J., Vila R., Hellín P., Laencina J., Rumpunen K., Ros J.M. (2003). Volatile compounds associated with the fragrance and flavour of *Chaenomeles* juice. En:

- Japanese quince. Potencial fruit crop for Northern Europe. Ed: Rumpunen K. Kristianstad, Sweden.
- Kabasakalis V., Siopidou D. y Moshatou E. (2000). Ascorbic acid content of commercial fruit juices and its rate of loss upon storage. *Food Chemistry*, 70: 325-328.
- Kader A.A. (1983). Postharvest quality maintenance of fruits and vegetables in developing countries. En: Lieberman M., Post-Harvest Physiology and Crop Preservation. Plenum Publishing Corporation, 455-469.
- Kader A.A. (1988). Influence of preharvest and postharvest environment on nutritional composition of fruits and vegetables. En: Quebedeaux B., Bliss F.A. (Eds) Horticulture and human health: contributions of fruits and vegetables. Proceedings of the 1st International symposium on horticulture and human health. Prentice-Hall, Englewood cliffs, NJ, 18-32.
- Kader A.A., Zagory D. y Kerbel E.L. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Reviews of Food Science and Nutrition*, 28: 1-30.
- Kähkönen M.P., Hopia A. I., Vuorela H. J., Rauha J-P., Pihlaja K., Kujala T.S. y Heinonen M. (1999). Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 3954-3962.
- Kaneko Y., Nagaho I., Bang S.W. y Matsuzawa Y. (2000). Classification of flowering quince cultivars (*genus Chaenomeles*) using random amplified polymorphic DNA markers. *Breeding Science*, 50: 139-142.
- Kaufmane E. y Rumpunen K. (2000). Pollination, pollen tube grown and fertilization in *Chaenomeles japonica* (Japanese quince). *Scientia Horticulturae*, 94: 257-271.
- Kauppinen S., Kviklys D., Rumpunen K., Stanys V., Svensson M. (2003). Propagation of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) plants. En: Japanese Quince. Potencial fruit crop for Northern Europe. Ed: Rumpunen K. Kristianstad, Sweden. 81-92.

- Kays S.J. (1999a). Preharvest factor affecting appearance. *Postharvest biology and Technology*, 15: 233-247.
- Kays S.J. (1999b). Postharvest physiology of perishable plant products. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Kimball D.A. (1999). Citrus processing. A complete guide. Aspen Gaithersburg.
- Knee M., Hatfield S. y Smith S.M. (1989). Evaluation of various indicators of maturity for harvest of apple fruits intended for long-term storage. *Journal of Horticultural Science*, 64: 403-411.
- Knee M. (1993). Pomefruits, en Biochemistry of food ripening. Ed. Seymour J.D., Taylor J.E., Tucker G.A., Chatman and hall, London U.K., 325-345.
- Kviklys D. (1998). Investigations of quantitative characters and their inheritance within dwarf quince. Summary of doctoral dissertation, Lithuania Inst. Hort., Babtai, 28-29.
- Kviklys D. y Rummponen K. (1996). Preliminary investigations on propagation of *Chaenomeles* sp. by softwood cuttings. Rpt. 1992-1994, Balsgård- Dept. Hort Plant Breeding. Swedish Univ. Agr. Sci., 183-185.
- Laencina J., Barceló A., Vila R., Granados M.V., Jordán M.J., Hellín P., y Ros J.M. (2001). *Chaenomeles japonica*, una fuente de ingredientes naturales para la industria alimentaria. I Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Fac. Farmacia Campus Univ. Cartuja de Granada.
- Lammertyn J., Nicolai B. y Ooms K. (1998). Non-destructive measurement of acidity, soluble solids and firmness of Jonagold apples using NIR-spectroscopy. *Transactions of the ASA E41*, 4: 1089-1094.
- Lampe J.W. (1999). Health effects of vegetables and fruits: assesing the mechanisms of action in human experiments studies. *American Journal of Clinical Nutrition*, 70: 475-490.

- Lancaster J.E., Lister C.E., Reay P.F. y Triggs C.M. (1997). Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruits and vegetables. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 122: 594-598.
- Lance C. y Moreau F. (1992). Les effets métaboliques du froid. En: Les végétaux et le froid. Ed D Côme. Edit Hermann., 2: 27-50.
- Larrauri J.A. (1999). New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food science and technology*, 10: 3-8.
- Laso N., Mos S., Lafuente M.J., Llobet J.M., Molina R., Ballesta A., Kensler T.W. y Lafuente, A. (2002). Capacidad de inducción metabólica de las verduras más consumidas habitualmente. *Alimentación, Nutrición y Salud*, Oct.-Dic., 9(4).
- Lattanzio V., Di venere D., Linsalata V., Lima G., Ippolito A. y Salerno M. (1996). Phenolic compounds as an alternative defence method that controls postharvest diseases in strawberry. En: Current trends in fruit and vegetables phytochemistry. García-Viguera C., Castaner M., Gil M.I., Ferreres F., Tomás-Barberán F.A., (Eds) Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 171-175.
- Lea A.G.H. (1995). Apple juice. En: Ashurst P.R. Ed. Production and packaging of non-carbonated fruit juices and fruit beverages. Blackie Academic and Profesional, Glasgow.
- Leakey R.R.B. (1999). Potential for novel food products from agroforestry trees: a review. *Food chemistry*, 66: 1-14.
- Lee H. y Wrolstad R.E. (1988). Apple juice composition: sugar, nonvolatile acid, and phenolic profiles. *Journal of Association off Analytical Chemistry*, 71: 789-794.
- Lee H.S. y Coates, G.A. (1999). Vitamin C in frozen, fresh squeezed, unpasteurized, polyethylene-bottled orange juice: a storage study. *Food Chemistry*, 65:165-168.
- Lee S.K. y Kader A.A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20: 207-220.

- Leopold A.C. y Kriedemann P.E. (1975). Plant growth and development. Ed. McGraw Hill, 2 Nova York, 16-34.
- Lesinska E. (1986). Characteristic of East Asian quince fruits chemical composition and estimation of their technologic usability for fruit and vegetable processing. Zeszyty naukowe akademii rolniczej im Hugona Kollataja w Krakowie, Doctoral thesis, no 100: 1-118.
- Lesinska E. (1987). Characteristics of sugars and acids in the fruits of East Asian quince. *Die Nahrung*, 31: 763-765.
- Lesinska E., Prybylski R. y Eskin M. (1988). Some volatiles and nonvolatiles flavor components of Dwarf Quince (*Chaenomeles japonica*). *Journal of Food Science*, 53: 854-856.
- Lesinska E. y Kraus D. (1996). Up to date knowledge on cultivation of *Chaenomeles* and processing of its fruits in Poland. Report 1992-1994, Balsgård-Department of Horticultural Plants Breeding, Swedish University of Agricultural Sciences 187-192.
- Lo Voi A., Impembo M., Fasanaro G. y Cataldo D. (1995). Chemical characterization of Apricot puree. *Journal of Food Composition and Analysis*, 8: 78-85.
- López M.L., Lavilla M.T., Recasens I., Graell J. y Vendrell M. (2000). Changes in aroma quality of “Golden Delicious” apples after storage at different oxygen and carbon dioxide concentrations. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 311-324.
- López-Alegret, P. (1997). Fructooligosacáridos. *Alimentación, Nutrición y Salud*, 4 39-42.
- MAPA. (2001). La alimentación en España, 2000. Ed. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación.
- Lowell C.A., Tomlinson P.T. y Koch K.E. (1989). Sucrose metabolizing enzymes in transport tissues and adjacent sink structures in developing citrus fruit. *Plant Physiology*, 90: 1394-1402.

- Lu Y. y Foo L. Y. (2000). Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food Chemistry*, 68:81-85.
- Lutz A. y Winterhalter P. (1992). Isolation of additional carotenoid metabolites from quince fruit (*Cydonia oblonga* Mill). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1116-1120.
- Llanos M. (1999). Prevención y control de daños postcosecha.
<http://www.eumedia.es./articulos/vr/hortofrut/91frutos.html>
- McGregor B.M. (1989). Tropical Products Transport Handbook. USDA, Office of Transportation, Agricultural Handbook Number 668.
- Mc Lellan M.R. y Race E.J. (1995). Grape juice. En: Ashurst P.R. (Ed) Production and packaging of non-carbonated fruit juices and fruit beverages. Blackie Academic and Profesional, Glasgow.
- Maroto J.V. (1990). Elementos de horticultura general. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Martí N., Pérez-Vicente A. y Garcia-Viguera C. (2001). Influence of storage temperature and ascorbic acid addition on pomegranate juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82: 217-221.
- Martínez A., Haza A.I. y Morales, P. (2001). Frutas y verduras como agentes preventivos en la dieta I. Actividad antioxidante. *Alimentaria*, En-Fb.: 27-30.
- Martínez-Romero D., Valero D., Serrano M. y Riquelme F. (1999). Effects of postharvest putrescien and calcium treatments on reducing mechanical damage and polyamines and ABA levels during lemon storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 1589-1595.
- Martínez- Romero D. (2000). Estudio de los tratamientos para la mejora de la calidad postrecolección de frutos. Tesis Doctoral, Universidad de Murcia.
- Massiot P. y Renard C.M.C.G. (1997). Composition, physico-chemical properties and enzymatic degradation of fibres prepared from different tissues of apple. *Lebensmittel Wissenschaft und Technology*, 30: 800-806.

- Mataix J., Mañas M., Llopis J., Martínez de Victoria E., Juan J. y Borregón A. (1998). Tabla de composición de alimentos españoles. 3ª ed. Ed. Universidad de Granada.
- Mattheis J.P., Fellman J.K., Chen P.M. y Patterson M.E. (1991). Change in headspace volatiles during physiological development of “Delicious” apple fruit. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 39: 1902-1906.
- Mattheis J.P. y Fellman J.K. (1999). Preharvest factors influencing flavor of fresh fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 227-232.
- Matsuo T. e Itoo S. (1981). Comparative studies of condensed tanins from several young fruits. *Postharvest Biology and Technology*, 50: 262-269.
- Medina E., Popp M., Olivares E., Janett H P. y Luttge U. (1993). Daily fluctuations of titrable acidity, content of organic acids (malate and citrate) and soluble sugars of varieties and wild relatives of *Ananas comosus* L. growing under natural tropical conditions. *Plant Cell and Environment*, 16: 55-63.
- Medina I., Suárez J.J. y Martínez J.L. (1994). Aromas alimentarios (1 y 2). *Alimentación, Equipos y Tecnología*, Junio: 87-92.
- Medina I., Martínez J.L. y Suárez J.J. (1996). El aroma del manzano. *Alimentación, Equipos y Tecnología*, Marzo: 55-61.
- Melgarejo P. y Artés F. (2000). Total lipid content and fatty acid composition of oilseed from lesser known sweet pomegranate clones. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80: 1452-1454.
- Mello de M., Narain N. y Pushkar B. (2000). Characterisation of some nutritional constituents of melon (*Cucumis melo* hybrid AF-522) seeds. *Food Chemistry*, 68: 411-414.
- Mello de M., Pushka, B. y Narain N. (2001). Fatty and Amino acids composition of Melon (*Cucumis melo* Var. *saccharinus*) seeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 14: 69-74.

- Meredith F., Robertson J.A. y Horvat J.H. (1989). Changes in physical and chemical parameters associated with quality and postharvest ripening of harvested peaches. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37: 1210-1214.
- Mezhenskij V.N. (1989). Economical and biological features of *Chaenomeles* (*Chaenomeles* Lindl). Synopsis of thesis, VIR, Leningrad 1-18.
- Mezhenskij V.L. (1996). Research, cultivation and processing of Japanese quince, *Chaenomeles* sp. In Ukraine Report 1992-1994, Balsagård-Department of Horticultural Plant Breeding, Swedish University of Agricultural Sciences, 193-195.
- Mihara S., Tateba H., Nishimura O., Machii Y. y Kishino K. (1987). Volatile Components of chinese quince (*Pseudocystonia sinensis* Schneid). *Agricultural and Food Chemistry*, 35: 532-537.
- Miller J.J., Colagiuri S., Brand J.C. (1986). The diabetic diet: information and implications for the food industry. *Food Technology Australia*, 38: 155-160.
- Minolta (1994). Precise color communication. Minolta Co, Ramsey NJ.
- Mitcham B. y Kader A. (1995). Methods for determining quality of fresh horticultural commodities. Perishables Handling newsletter, University of California at Davis, 1-11.
- Mitchell G.E., McLauchlan R.L., Isaacs A.R., Williams D.J. y Nottingham S.M. (1992). Effect of low dose irradiation on composition of tropical fruits and vegetables. *Journal of Food Composition Analysis*, 5: 291-311.
- Mizrach A., Galili N., Gan-mor S., Flitsanov U. y Prigozin I. (1996). Models of ultrasonic parameters to assess avocado properties and shelf use. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 65: 261-267.
- Mizrach A., Flitsanov U. y Fuchs Y. (1997). An ultrasonic nondestructive method for measuring maturity of mango fruit. *Transactions of the ASAE*, 40: 1107-1111.
- Moing A., Svanella L., Rolin D., Gaudillè M., Gaudillère J-P. y Monet R. (1998). Compositional change during the fruit development of two peach cultivars

- differing in juiced acidity. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 123: 770-775.
- Monin A. (1970). Etude de la qualité gustative de la pomme golden delicious. *Rev.Agric.*, 3: 471-487.
- Montgomery M.W. (1983). Cysteine as an inhibitor of browning in pear juice concentrate. *Journal of Food Science*, 48: 952.
- Moore M.H. (1949). Note on the association of *Botrytis cinerea* with apple canker, and with various symptoms on sundry other hosts. Rpt Malling Res St. 101.
- Moriguchi T., Ishizawa Y., Sanada T., Teramoto S. y Yamazaki S. (1991). Role of sucrose synthase and other related enzymes in sucrose accumulation in peach fruit. *Journal of Japanese Society of Horticultural Science*, 60: 531-538.
- Moshirita T., Shirasuna N., Segawa M. y Ohta Y. (1986). Changes in the concentration of organic acids and mineral ions in saps of cucumber and tomato plants under excess supply of sodium chloride. *Soil Science and Plant Nutrition*, 32: 469.
- Mozafar A. (1994) Plant Vitamins: Agronomic, physiological and nutritional aspects. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Nicoli M.C., Anese M. y Parpinel M. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science and Technology*, 10: 94-100.
- Norin I. y Rumpunen K. (2003). Pathogen on Japanese Quince (*Chaenomeles japonica*) plants. En: Japanese Quince. Potencial. Fruit Crop for Northern Europe Ed: Rumpunen K. Kristianstad, Sweden. 37-58 Ed. SLU -ISBN 91-631-3765-8 Kristianstad.
- Nowak H., Kujawa K., Zadernowski R., Roczniak B. y Kozłowska H. (1992). Antioxidative and bactericidal properties of phenolic compounds in rapeseeds. *Fat Science Technology*, 94: 149-152.

- Nursten H.E. (1970). Volatile compounds: the aroma of fruits. En: The biochemistry of fruits and their products food science and technology 1: A series of monograph, Ed. A.C. Hulme, Academic Press London and New York, 239-267.
- Nuzzo V., Dichio B. y Xiloyannis C. (2002). Description and use of quince for fruit production. Dipartimento de Produzione Vegetale, Università degli Studi di Potenza. <http://www.unifi.it/project/ueregen29/ds6.html>
- Oku T., Ohira Y. y Wakou M. (1988). Preliminary notes on a plum fruit moth, *Graphlita dimorpha* Komai (Lepidoptera: Tortricidae). Bul. Fruit Tree Res. Sta. Series C, Morioka, Japn. 15: 49-64.
- Oleszek W.O., Amiot M.J. y Aubert S. (1994). Identification of some phenolics in pear fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42: 1261-1265.
- Olmedilla B. (1999). Licopeno: Fuentes dietéticas y biodisponibilidad en los humanos. *Ibérica Actualidad Tecnológica*, 424: 535-540.
- Onyeneho SN. y Hettiarachchy N.S.(1993). Antioxidant activity, fatty acid and phenolic composition of potato peels. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 62: 345-350.
- Oomah B., Ladet S., Goffrey D., Liang J. y Girard B. (2000). Characteristics of raspberry (*Rubus iadeus* L.) seed oil. *Food Chemistry*, 69: 187-193.
- Osterloch A. (1980). In Obstlagerung, VBF Deutscher Landwirtschaftsverlag: Berlin.
- Panavas T. (1994). Optimization of the grown medium for the micropropagation of Japanese quince (*Chaenomeles japonica* Thumb.). *Biology (Vilnius)*, 3: 44-49.
- Panasiuk D., Talley F.D. y Sapers G.M. (1980). Correlation between aroma and volatile composition of Macintosh apples. *Journal of Food Science*, 45: 989-991.
- Pattee, H.E. (1985). Evaluation of quality of fruits and vegetables. Ed. Avi. Publishing Company, Inc. Westport. Conneticut.
- Pearce D.K. y Thieret J.W. (1991). Japanece-quince (*Chaenomeles speciosa*) a dual-use shrub. *Economy botany*, 45: 285-288.

- Penrose L.J., Tarrán J. y Wong A.L. (1976). First record of *Sclerotinia laxa* Aderh. And Ruhl. In New South Wales: Differentiation from *S. fruticola* (Wint.) Rehm. By cultural characteristics and electrophoresis. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27: 547-556.
- Pérez A.G., Olías R., Espada J., Olías J.M. y Sanz C. (1997). Rapid determination of sugars, nonvolatile acids, and ascorbic acid in strawberry and other fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 3545-3549.
- Pérez-Ilzarbe J. y Hernandez T. (1997). Cold storage of apples (cv Granny Simth) and changes in phenolic compounds. *Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 204: 52-55.
- Pérez-Ilzarbe J., Hernandez T., Estrella I. y Vendrell M. (1999). Effect of cold storage on the phenolic composition and ripening of apples (cv. Granny Smith). En: Current trends in fruit and vegetables phytochemistry. Chapter 2.
- Phipps J.B; Robertson K.R., Smith P.G. y Roher J.R. (1990). A check list of the subfamily Maloideae (Rosaceae). *Canadian Journal of Botany*, 68: 2209-2269.
- Ponomarenko N.S. (1996). Intraespecific variation of *Chaenomeles japonica* in Moldova. En: Report 1992-1994, Balsgård-Deparment Hort. Plant Breeding Swedish Univ. Agric Sci. 196-199.
- Pooaiah B.W., Glenn G.M. y Reddy A.S.N. (1988). Calcium and fruit softening: Physiology and biochemistry. *Horticulture Review*, 10: 107-152.
- Pratt, H. K. (1975). The role of ethylene in fruit ripening. CNRS Flublication, p. 153-159.
- Primo-Yúfera E. (1982). Química agrícola III. Alimentos. Cap. 6. Cítricos y derivados Ed. Alambra. Madrid, 373-439.
- Raffa K.F. y Lintereur G.L. (1988). New host records and developmental notes on the pear slug *Caliroa cerasi* (Hymenoptera: Tenthredinidae), feeding on *Cotoneaster* and *Chaenomeles* species. *Great Lakes Entomologist*, 21: 75-79.
- Rahman M.A., Nahar N., Mian A.J. y Mosihuzzaman M. (1999). Variation of

- carbohydrate composition of two forms of fruit from jack tree (*Artocarpus heteropyllus* L.) with maturity and climatic conditions. *Food Chemistry*, 65: 91-97.
- Rangana S. (1986). Handbook of analysis and quality control for fruit and vegetable products. Mc.Graw-Hill Publishing Company, Ltd. New York.
- Rataru G.I. y Pomarenko N.S. (1993). Anatomical features of pericarp structure in *Chaenomeles* Lindl. species. Buletinul Academiei de Stiinte a Republicii Moldova, Sttinte Biologice si Chimice, 5: 9-15.
- Ratomskyte G. (1996). Investigation on Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) in Lithuania. En: Report 1992-1994, Balsgård-Deparment Hort. Plant Breeding Swedish Univ. Agric Sci., 200-203.
- Ravai M. (1996). Quality characteristics of raspberries and blackberries. *Cereal Foods World*, 41: 772-775.
- Requejo A.M. y Ortega R.M. (2000). Nutriguía. Manual de nutrición clínica en atención primaria. Ed.Complutense, S.A. Madrid.
- Reyes F.G. R., Wrolstad R.E. y Cornwell C.J. (1982). Comparison of enzymic, gas-liquid chromatographic, and high performance liquid chromatografic. Methods for determining sugars and organic acids in strawberries at three stages. *Journal of Association of Official Anal. Chem.*, 65: 126-131.
- Riaz M.N. y Bushway A.A. (1994). Determinations of organic acids in raspberry cultivars grown in Maine. *Fruit varieties Journal*, 48: 206-211.
- Rivas J.C. y García M. (2002). Flavonoides en alimentos vegetales: estructura y actividad antioxidante. *Alimentación Nutrición y Salud*, 2: 31-38.
- Rizza R.A., Go V.L.W., McMahon M.M. y Harrison G.G. (2002). Encyclopedia of Foods. Academic Press. San Diego. 500.
- Roberfroid M B. (1997). Health Benefits of non-digestible oligosaccharides. *Advances in Experiences of Medic Biology*, 427: 211-219.

- Rodríguez M.J., Villanueva M.J. y Tenorio M.D. (1999). Changes in chemical composition during storage of peaches (*Prunus persica*). *European Food Research Technology*, 209: 135-139.
- Roh S-B., Chang E-U. y Im K. S. (1995). Isolation and characterization of acidic triterpenes from the fruits of *Chaenomeles sinensis*. *Yakhak Hoechi*, 39: 610-615.
- Ros J.M., Saura D., Coll L., Moliner M. y Laencina J. (1996). Oliguronides production in membrane reactor by enzymatic degradation of pectins from citrus peel. *Progres in Biotechnology 14- Pectins and Pectinases*, 983-990.
- Ros J.M., Schols H.A. y Voragen A.G.J. (1998). Lemon albedo cell walls contain distinct populations of pectic hairy regions. *Carbohydrate Research*, 282: 271-284.
- Ros J.M., Schols H.A., Laencina J. y Voragen A.G.J. (2000). Pectic hairy regions of lemon fruits: a polysaccharide with potential bioactivity?. En: Paulsen B.S. (Ed) *Bioactive Carbohydrate Polymers*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Ros J.M. (2002). Comunicación personal.
- Ros J.M., Laencina J. Hellín P., Jordán M.J. y Vila R. (2004). Characterization of juice in fruits of different *Chaenomeles* species. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 37: 301-307.
- Ruisa S. (1996). Studies on Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) in Latvia. En: Report 1992-1994, Balsgård-Department Hort. Plant Breeding Swedish Univ. Agric Sci., 204-206.
- Rumpunen K. (1996). *Chaenomeles*- a novel source for pectic substances, organic acids and aromatic compounds. Current trends in fruit and vegetables phytochemistry, García-Viguera C., Castaner M., Gil M.I., Ferreres F., Tomás-Barberán F.A., (Eds) Consejo Superior de Investigaciones Científicas 271-276.
- Rumpunen K., Kviklys D., Kaufmane E. y Garkava L. (1998). Breeding *Chaenomeles*-a new aromatic fruit crop. *Acta Horticulturae*, 484: 211-216.

- Rumpunen K. , Trajkovski V., Barthish I.V., Garkava L., Nybom H., Gutafsson M., norin I., Gröön I., Laencina J., Ros J.M., Jordan M.J., Hellín P., Tigerstedt P.M.A., Kauppinen S., Kaufmane E., Ruisa S., Thibault J.F., Thomas M., Stanys V. y Kviklys D. (2000). Domestication of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*). *Acta Horticulturae*, 538: 345-348.
- Rumpunen K. (2001). Diversity in the Plant Genus *Chaenomeles*. Doctoral thesis. Swedish University of Agricultural Sciences. Alnarp, Agraria 293.
- Rumpunen K., Thomas M., Badilas N. y Thibault J.F. (2001). Validation of a combined enzymatic and HPLC method for analysis of galacturonic acid and for screening of pectins in fruit of Japanese quince. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*.
- Rumpunen K. (2002). *Chaenomeles*: potential next fruit crop for northern Europe. En: Janick J., Whipkey A. (Eds.) Trends in new crops and new uses. ASHA Press, Alexandria, VA, USA 385-392.
- Rumpunen K. y Göranson E. (2003). Consumer preferences for Japanese quince (*Chaenomeles japonica*) products. En: Japanese quince: Potential fruit crop for Northern Europe. (Eds.) Kimmo Rumpunen 177-179.
- Salah A. y Dilshad A. (2002). Changes in physical and chemical properties during pomegranate (*Punica granatum L.*) fruit maturation. *Food Chemistry*, 76: 437-441.
- Sams C.E. , Conway W.S., Abbott J.A., Lewis R.J. y Ben-Shalom N. (1993). Firmness and decay of apples following postharvest pressure infiltration of calcium and heat treatment. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 118: 623-637.
- Sams C. E. (1999). Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest biology and Technology*, 15: 249-254.
- Sánchez-Mata, M^a.C. (2002). Post-recolección de frutas y hortalizas. Incidencia en la calidad. Trazabilidad. En: Aspectos relativos a la calidad de frutas y hortalizas frescas. Monografía I. Pag. 26-45. Fundación Sabor y salud. Valencia.

- Sánchez-Moreno C. (2002). Compuestos polifenólicos: efectos fisiológicos. Actividad antioxidante. *Alimentaria* En/Feb, 29-40.
- Saura D., Cánovas J.A., Rosa J.M., Nuñez J.M. y Laencina J. (1990). Lemon juice applications as natural acidulant in foods. *Proceedings of the 1st International Congress on Food Technology and Development*, 3: 911-919.
- Schreyen L., Dirinck P., Snadra P. y Schamp N. (1979). Flavor analysis of quince. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 27: 872-876.
- Schreimer M., Huyskens-Keil S., Krumbein A., Schonhof I. y Linke M. (2000). Environmental effects on product quality. En: *Fruits and Vegetable Quality. An integrated view*. Shewfelt, R.L., Bruckner, B. (Eds.). Technomic Publ. Co. Inc. Lancaster, 85-95.
- Seelert K. (1992). Antioxidants in the prevention of atherosclerosis and coronary heart disease. *Internist Prax*, 32: 191-199.
- Shear C.B. (1975). Calcium-related disorders of fruit and vegetables. *HortScience*, 10: 361-365.
- Shao Z. X. y Lu B. (1995). Resources of Chinese quince in Yunnan Province. *Journal of Fruit Science*, 12: 155-159.
- Shaw D.V. (1988). Genotypic variation and genotypic correlation for sugars and organic acids for strawberries. *Journal of American Society of Horticultural Science*, 113: 1478-1487.
- Shibamoto T. y Bjeldanes L.F. (1996). Introducción a la toxicología de los alimentos. Ed. Acribia S.A. Zaragoza.
- Shimizu S. y Yoshihara S. (1977). The constituents of the essential oil from Japanese quince fruit *Cydonia oblonga*. *Agricultural and Biological Chemistry*, 41: 525-528.

- Silva B. M., Seabra R. M., Andrade P.B., Oliveira M.B. y Ferreira M.A. (1999). Adulteração por adição de açúcares a sumos de frutos: uma revisão. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 24: 184-191.
- Silva B. M., Andrade P.B., Mendes G. C., Valentão P., Seabra R. M. y Ferreira M. A. (2000a). Analysis of phenolic compounds in the evaluation of commercial quince jam authenticity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 2853-2857.
- Silva B. M., Andrade P.B., Valentão, P., Mendes G. C., Seabra R. M. y Ferreira M. A. (2000b). Phenolic profile in the evaluation of commercial quince jellies authenticity. *Food Chemistry*, 71: 281-285.
- Silva B. M., Andrade P.B., Mendes G. C., Seabra R. M. y Ferreira M. A. (2002a). Study of the organic acids composition of Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit and jam. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2313-2317.
- Silva B. M., Andrade P.B., Ferreres F., Dominguez A.L., Seabra R. M. y Ferreira M. A. (2002b). Phenolic profile of quince fruit (*Cydonia oblonga* Miller) (Pulp, Peel, and Seed). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 4615-4618.
- Silva B. M., Casal S., Andrade P.B., Seabra R. M., Oliveira M.B. y Ferreira M. A. (2003). Development and evaluation of a GC/FID method for analysis of the free amino acids in quince fruit and jam. *Analytical Science*, 19: 1285-1290.
- Silva B. M., Andrade P.B., Valentão, P., Ferreres F., Seabra R. M. y Ferreira M. A. (2004a). Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (Pulp, Peel, and Seed) and jam: Antioxidant Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 4705-4712.
- Silva B. M., Casal S., Andrade P.B., Seabra R., Oliveira M.B. y Ferreira M.A. (2004b). Free aminoacids composition of Quince (*Cydonia oblonga* Miller) fruit (Pulp, Peel, and Seed) and jam. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 1201-1206.

- Simón B. F., Pérez-Illarbe J., Hernandez T., Gomez-Cordovés C. y Estrella I. (1992). Importance of phenolic compounds for the characterization of fruit juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1531-1535.
- Sinclair W.B. (1984). The biochemistry and physiology of the lemon and other citrus fruits. University of California. Division of agricultural sciences.
- Sinclair W.B. (1961). The orange. It's biochemistry and physiology. University of California. Division of agricultural sciences, 80-93.
- Singleton V.L. y Rossi J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Slate G.L. (1941). The limitations of *Chaenomeles lagenaria wilsonii* as horticultural plant. *Proceedings of American Society of Horticultural Science*, 38: 471.
- Slaughter D.C. (1995). Non-destructive determination of internal quality of peaches and nectarines. *Transactions of the ASAE*, 38: 1571-1575.
- Somogyi L.P., Ramaswamy H.S. y Hui Y.H. (1996). Biology, principles and applications processing fruits: science and technology. Vol. I. Technomic Pub. Co. Inc. Lancaster. Pensilvania.
- Spanos G.A., Wrolstad R.E. y Heatherbell D.A. (1990). Influence of processing and storage of the phenolic composition of apple juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38: 1575-1579.
- Spanos G.A. y Wrolstad R.E. (1992). Phenolics of apple, pear, and white grape juices and their changes with processing and storage- A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 1478-1487.
- Spiegel J.E., Rose R., Karabell P., Frankos V.H. y Schitt D.F. (1994). Safety and benefits of fructooligosaccharides as food ingredients. *Food Technology Ene.*, 85-89.

- Stanys V. (1996). Somme experiences on micropropagation of Japanese quince (*Chaenomeles* sp). En: Rpt. 1992-1994, Balsgård- Dept. Hort. Plant Breeding. Swedish Univ. Agr. Sci., 204-206.
- Strain J.J. y Benzie I.F.F. (1998). Antioxidants Nutrients. En: Sadler, M.J. y Saltmarsh, M. (Eds.) *Functional Foods: The Consumer, The products and the evidence*. 75-79.
- Su S.K. y Wiley R.C. (1998). Changes in apple juice flavour compounds during processing. *Journal of Food Science*, 63: 688-691.
- Sundar Rao K. y Sino D. (1992). Fatty acid composition of 20 lesser known western Australian seed oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58: 585-587.
- Tang Ch., Xiang Z., Shi Y., Ye Z. y Rhen S. (2000). Extraction of oleanolic acid from Japanese quince. *Shipin Gongye Keji*, 21: 10-12.
- Thomas M., Crépeau M.J., Thibault J.F. y Rumpunen K. (2000). Dietary fibres and cell-wall polysaccharides in the fruits of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*). *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 33: 124-131.
- Thomas M. (2001). Les polysaccharides des parois du fruit du cognassier du Japon (*Chaenomeles japonica*). PhD. Thesis. ENSIA, Massy, France
- Thomas M. y Thibault J.F. (2002). Cell-wall polysaccharides in the fruits of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*): extraction and preliminary characterisation. *Carbohydrate Polymers*, 49: 345-355.
- Timpa J.D., Burke J.J., Quisenberry J.E., y Wendt C.W. (1986). Effect of water stress on the organic acid and carbohydrate composition of cotton plants. *Plant Physiology*, 82: 724.
- Tics A. (1992). Krumcidonijas. Avots, Riga, Latvia. 1-112.
- Tigerstedt P.M.A. (1996). Breeding *Chaenomeles* in Finland. En: Report 1992-1994, Balsgård-Department Hort. Plant Breeding Swedish Univ. Agric Sci., 207.
- Tiits A. (1989). Põõsasküdonia. Valgus, Tallin, Estonia, 1-224.

- Tirilly Y. y Bourgeois C.M. (2002). Tecnología de las Hortalizas. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Tolonen M. (1995). Vitaminas y minerales en la salud y la nutrición. Ed. Acribia S.A. Zaragoza, España, 125-187.
- Tomás-Lorente F., García-Viguera C., Ferreres F. y Tomás-Barberán F.A. (1992). Phenolic compounds analysis in the determination of fruit jam genuiness. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 40: 1800-1804.
- Tomás-Barberán F.A. y Espín J.C. (2001). Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Sciences of Food and Agriculture*, 81: 853-876.
- Tomomatsu H. (1994). Health effects of oligosaccharides. *Food Technology*, October: 61-65.
- Torija E. y Cámara M. (1999). Hortalizas, verduras y frutas. En: Hernández, M.y Sastre, A. Tratado de Nutrición. Ed. Díaz de Santos. Madrid.
- Torija E. (2002). Factores determinantes de la calidad nutritiva de frutas y hortalizas frescas. En Aspectos relativos a la calidad de frutas y hortalizas frescas. Monografía I. Pag. 12-23.
- Tressl R. y Drawert F. (1973). Biogenesis of banana volátiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 21: 560-565.
- Trifiró A., Cantarelli L., Sacconi G., Frullanti B., Gherardi S. y Gandolfi I. (2000). HPLC determination of naturally occurring or added water-soluble vitamins in fruit juices and purees. *Industria Conserve*, 75: 405.
- Tsuneya T., Ishihara M., Shioya H. y Shiga M. (1983). Volatile components of quince fruit (*Cydonia oblonga*). *Agricultural and Biological Chemistry*, 47: 2495-2499.
- Umano K., Shoji A., Hahi Y. y Shibamoto T. (1986). Volatile constituents of peel of quince fruit, *Cydonia oblonga* Miller. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 34: 593-596.

- Vaclavik, V.A. (2002). Fundamentos de ciencia de los alimentos. Ed. Acribia S.A., Zaragoza. España.
- Valero D., Serrano M., Carbonell A., Guillem F., Martínez-Romero D. y Riquelme F. (2002). Conservación frigorífica de dos variedades de ciruelas y su relación con la calidad. En: Avances en ciencias y técnicas del frío-1. I Congreso de Ciencias y Técnicas del Frío. CYTEF'2002 Cartagena. 453-458.
- Vallés B.S., Victorero J.A., Alonso J.J.M. y Gomis D.B. (1994). High-performance liquid chromatography of the neutral phenolic compounds of low molecular weight in apple juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42: 2732-2736.
- Vanderslice J.T., Higgs D.J., Hayes J. y Block G. (1990). Ascorbic acid and dehydroascorbic acid content of foods-as-eaten. *Journal of Food Composition Analysis*, 3: 105-118.
- Vangdal E. (1982). Sugar and sugar alcohols in Norwegian-grown plums. *Meld. Norg. Landbrukshogsk.*
- van Gorsel H., Li Ch., Kerbel E.L., Smits M. y Kader A.A. (1992). Compositional characterization of prune. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40: 784-789.
- Vasilkevici S.I., Vecer A.S. y Urcenko L. A. (1982). Sorderzzanie sorbita w vinomaterialach iz ablok razlicznych zon SSSR. *Doklady Akad. Nauk. BSSR.*
- Vélez-Rodríguez P. (2000a). Aplicación de las sustancias pécticas al campo médico-farmacéutico. I. Alimentos dietéticos y propiedades funcionales. *Alimentaria*, mayo: 43-47.
- Vélez-Rodríguez P. (2000b). Aplicación de las sustancias pécticas al campo médico-farmacéutico. II. Acción sobre los lípidos y las perturbaciones cardiovasculares. *Alimentaria*, mayo: 55-60.
- Venturini M.E. (2004). Alternativas a los tratamientos postcosecha en manzana Golden Delicious. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza.

- Versari A., Castellari M., Parpinelo G.P., Riponi C. y Galassi S. (2002). Characterisation of peach juices obtained from cultivars Redhavenn, Suncrest and Maria Marta grown in Italy. *Food Chemistry*, 76: 181-185.
- Vila R., Granados M.V., Jordan M.J., Bañon S., Hellín P., Laencina J. y Ros J.M. (2002). Efecto del almacenamiento refrigerado de Membrillo japones sobre las características y composición del zumo. En: Avances en ciencias y técnicas del frío-1. I Congreso de Ciencias y Técnicas del Frío. CYTEF'2002 Cartagena, 615-618.
- Vila R., Granados M.V., Hellín P., Kauppinen S., Laencina J., Rumpunen K. y Ros J.M. (2003). Biochemical changes in chaenomeles fruits and fruits juice during ripening and storage. En: Japanese Quince. Potencial fruit crop for northern Europe. Ed: Rumpunen K. Kristianstad, Sweden.
- Viljakainen S.K., Visti A. y Laasko S. (2002). Organic acids and soluble sugars in the juice of Nordic berries. *Acta Agriculturae Scandinavia*, Sect B., Soil and Plant Science 52, 101-109.
- Vinson J.A., Su X., Zubik L. y Bose P. (2001). Phenolic antioxidant quantity and quality in foods: fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 5315-5321.
- Vinson J.A., Hao Y., Su X. y Zubik L. (1998). Phenolic antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 3630-3634.
- Wang J.X., Guan Z.G. y Teng Z.Q. (1997). The techniques for high production of Yizhou quince. *China-Fruits* 3, 39-40.
- Wang J.X., Wang X.L., Guan Z.G. y Teng Z.Q. (1998). Preliminary investigation and classification of *Chaenomeles* (Rosaceae). *Journal Beijing Forestry Univ*, 20: 123-125.
- Wang S-M., He Z-F. y Yu J-P. (2000). Analysis of nutritional components of *Chaenomeles sinensis*. *Yingyang Xuebao*, 22: 190-192.

- Warner R., Huber K. y Sooja K. (1990). Dietary factors modulating the rate of aging. En: Golberg, I. (Ed.). *Functional Foods*. pp. 109-124.
- Watt B.K. y Merrill A.L. (1963). *Composition of foods*. Agriculture handbook n° 8. Consumer and food economics research division agricultural research service. United states department of agriculture.
- Weber C. (1963). Cultivars in the genus *Chaenomeles*. *Arnoldia* 23: 17-75.
- Weber C. (1964). The genus *Chaenomeles* (Rosaceae). *Journal of the Arnold Arboretum*, 45: 302-345.
- Wells J.S (1955). The rooting of *Chaenomeles*. *Am. Nurserym.*, 1: 59-65.
- Weston L.A. y Barth M.M. (1997). Preharvest factors affecting postharvest quality of vegetables. *HortScience*, 32: 812-816.
- WHO, World Health Organization Study Group. (1990). Nutrition and the prevention of chronic diseases. *R S 797*, 30-39.
- Widdowson E.M. y McCnace R.A. (1935). The available carbohydrate of fruits. Determination of glucose, fructose, sucrose and starch. *Biochemistry Journal*, 29: 151-156.
- Wijnands O. (1990). Proposa to conserve the spelling of a 3336a *Chaenomeles* Lindley (Rosaceae). *Taxon*, 39: 535.
- Williamson G. (1996). Protective effects of fruits and vegetables in the diet. *Nutrition and Food Science*, 1: 6-10.
- Wills R., Lee T., McGlasson W., Hall E. y Graham D. (1990). Fisiología y manipulación de frutas y hortalizas post-recolección. Ed. Acribia, Zaragoza.
- Yamada H. (1996). Contribution of pectins on health care. En: Visser J. y Voranger G.J. (Eds.) *Pectins and Pectinases*. Elsevier Science.
- Yamada H. (2000). Bioactive plant polyssacharides from Japanese and Chinese traditional herbal medicines. En: Paulsen B.S. (ed) *Bioactive Carbohydrate Polymers*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

- Ying Y.Q., Yang B.J. y Wang Q.L. (1994). Identification of root-knot nematodes in thirty crops. *Journal of South China Agriculture*. Univ., 15: 22-26.
- Yinrong L. y Yeap F.L. (1998). Constitution of some chemical components of apple seed. *Food Chemistry*, 61: 29-33.
- Yommi A., Godoy C., Horvitz S. y López A.F. (2002). Growth and quality evolution of “New Star”, “Lapins” and “Sweetheart” cherries during ripening. <http://inta.gov.ar/balance/info/documentos/agric/frutic/cerezasnewstar.html>
- Yü T.T. y Kuan K.C. (1963). Taxa nova Rosacearum sinicarum I. *Acta Phytotaxon. Sin.* 8, 214-220.
- Zadernoswski R., Nowak-Polakowska H. y Konopa I. (1996). Effect of heating on antioxidative activity of rapeseed and evening primrose extracts. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 46: 13-21.
- Zadernoswski R., Lossow B., Nowak-Polakowska H. y Nesterowicz J. (1995). Fruit of berry plants as a source of Bio-oils. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 45: 55-62.
- Zainal B.S., Abdul R.R., Ariff A.B., Saari B.N. y Asbi B.A. (2000). Effects of temperature on the physical properties of pink guava juice at two different concentrations. *Journal of Food Engineering*, 43: 55-59.
- Zeller W. (1979). Resistance and resistance breeding in ornamentals. *EPPO Bul.*, 9: 35-44.
- Zubeckis E. (1962). Ascorbic acid content of fruits grown at Vineland, Ontario. En: Report of the horticultural experiment station and products laboratory. Vineland Ont. Canada, 90-96.

VIII. RESUMEN

El género *Chaenomeles* presenta una especial atención como potencial especie a cultivar y desarrollar en los países del Norte de Europa debido al alto rendimiento en frutos, los cuales a su vez son ricos en zumo, aromas y fibra dietética. Ofrece también como característica interesante la posibilidad de ser cultivado con métodos orgánicos de producción, que últimamente están siendo incentivados en estos países.

Cuatro especies forman parte del género *Chaenomeles*, *C. japonica*, *C. cathayensis*, *C. speciosa* y *C. thibetica*. Entre éstas destaca por su mejor adaptación al clima nórdico *C. japonica*, originario del Este de Asia, y actualmente introducida como cultivo minoritario, a nivel doméstico, en países como Letonia y Lituania.

La propagación de plantas, especialmente en el caso de las leñosas, es caro y largo en el tiempo, por lo que es interesante, antes de empezar a hacerlo, estimar el potencial de esta nueva cosecha, comprobar previamente que será eficiente y producirá beneficios. Para esto es necesario un conocimiento profundo de la especie, de su respuesta a una serie de factores como son la climatología y edafología, obtener datos de rendimientos, composición, etc.

Por todo ello, entre los objetivos perseguidos con este trabajo están la caracterización físico-química y bioquímica completa del fruto y su zumo, y el estudio de su comportamiento durante el desarrollo fisiológico y durante el almacenamiento.

También se busca el conocimiento del efecto de la zona de cultivo (factores edafoclimáticos) en la composición y evolución del fruto.

Para lograr alcanzar los objetivos marcados se han realizado cuatro estudios en los que se ha investigado con profundidad las características del fruto y la composición química y bioquímica del zumo. Estos estudios se han llevado a cabo con frutos cultivados en tres países distintos y un conjunto de los frutos, a su vez, ha sido cultivado en dos zonas climatológicamente distintas de un mismo país.

En el primer estudio se ha investigado acerca de la evolución del fruto durante su desarrollo fisiológico desde cuatro semanas previas a la madurez técnica. El segundo estudio ha consistido en un amplio análisis del fruto y su zumo en el momento de la madurez técnica; y los dos últimos estudios se han centrado en la observación de la evolución del fruto y su zumo bajo los efectos de la conservación frigorífica a dos temperaturas distintas, a 5 °C y a 1 °C.

Del fruto se ha estudiado su peso, color y porcentaje de sus fracciones. Entre los análisis realizados en el zumo se encuentran la medida de los sólidos solubles, acidez valorable, turbidez, pH, densidad, viscosidad, el contenido en vitamina C, en compuestos fenólicos, determinación de azúcares, ácidos orgánicos y de aniones y cationes.

IX. SUMMARY

Chaenomeles genus shows a special attention as a potential fruit to be cultivated and developed in the Northern European countries. It's due to its very high yield of fruits, which are, besides, very rich in juice, aromas and dietetic fiber. It is also an interesting property of *Chaenomeles*, the possibility of being cultivated by organic methods which have been lately incentivated in these countries.

Four species take part in the *Chaenomeles* genus. The *C. japonica*, *C. cathayensis*, *C. speciosa* and *C. thibetica*. Among all of them the *C. japonica* is the best adapted to the Northern climate. This genotype comes from the East Asia. It is actually cultivated in an experimental way in countries like Latvia and Lithuania.

Plant propagation, woody ones specially, is expensive and it takes a while, so it is very interesting to prove -before the investment- its potential, its efficiency and that it will make a profit. To get this it's previously necessary to know deeply the species, its results to a number of factors like the climate, the edaphology, to know its composition, its yield and so on.

Because of this, the aims of this work are the whole physic-chemical and biochemical characterization of the fruit, the study of the evolution of the fruit along its physiological development and along its storage. It's also important to know the effect -over the composition and over the evolution of the fruit-, of the cultivate area.

In order to reach this objectives, four studies have been carried out. In these studies there has been deeply investigated the characteristics of the fruit and the chemical and the biochemical composition of the juice. These four studies have been developed with fruits from three countries and, at the same time a set of fruits has been cultivated in two different climate zones in the same country.

The first research has involved the physiological development of the fruit during four weeks before de technical maturation. The second one dealt with a complete analysis of the fruit and its juice just in the technical maturation time. And finally the two last studies were centred in the observation of the fruit evolution and the effects of the refrigerated conservation at two diferent temperatures, it were 5 °C and 1 °C.

The parameters analized on the fruit were the wheight, the colour and different percentage fractions. In the juice it were analized the soluble solids, acidity, turbidity, ph, density, viscosity, vitamin C and phenolic compounds content and the sugars, organic acids, anions and cations composition.