

## ÍNDICE GENERAL

### I. INTRODUCCIÓN

I.1 El cultivo del caqui.....	9
I.1.1 Variedades de caqui.....	11
I.1.2 El proceso de desastringencia del caqui.....	13
I.2 Industrialización del caqui. Nuevas oportunidades.....	14
I.3 Aprovechamiento de las hojas como fuente de antioxidantes.....	17

### II. OBJETIVOS

II.1 Objetivo general.....	28
II.2 Objetivos específicos.....	28

### III. RESULTADOS

III.1. Influencia de los métodos de secado y las variables de extracción en las propiedades antioxidantes de hojas de caqui ( <i>Influence of drying method and extraction variables on the antioxidant properties of persimmon leaves</i> ).....	31
III.2. Isotermas de sorción de agua y calor isostérico de sorción de hojas secas de caqui ( <i>Moisture sorption isotherms and isotheric heat of sorption of dry persimmin leaves</i> ).....	58
III.3 Caracterización completa de los polifenoles de la hoja de caqui mediante espectrometría de masas de alta resolución ( <i>A comprehensive characterization of persimmion leaves polyphenols by high resoluation mass spectrometry (LC-ESI-LTQ-ORBITRAP-MS)</i> ).....	82
III.4. Influencia del secado y del tamaño de partícula de la fibra de caqui sobre sus propiedades físico-químicas, antioxidantes, hidratantes y emulsificantes ( <i>Influence of drying and particle size of persimmon fibre on their physicochemical, antioxidant, hydration and emulsifying properties</i> ).....	110

III.5 Evaluación in vitro de los cambios experimentados por las propiedades antioxidantes del fruto, hojas y fibra de caqui durante la digestión gastrointestinal ( <i>Evaluation of the antioxidant benefits of persimmon fruit, leaves and fibres consumption by means of a gastrointestinal simulated digestion</i> ).....	140
III.6. Influencia de los tratamientos precosecha para reducir la estacionalidad de la producción de caqui en el color, la textura y las propiedades antioxidantes durante el almacenamiento ( <i>Influence of preharvest treatments to reduce seasonality of persimmon production on color, texture and antioxidant properties during storage</i> ).....	170
<b>IV. CONCLUSIONES</b> .....	<b>194</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

### I. INTRODUCCIÓN

- Figura I.1** a) Fruto del caqui, variedad *Rojo Brillante*  
b) Árbol del caqui, *Dyospiros kaki*..... 9

### III. RESULTADOS

- Figura III.1.1** Efecto del método de secado, tiempo de infusión y temperatura de infusión en el contenido de fenoles totales (mg de ácido gálico/ g materia seca) de los extractos..... 45

- Figura III.1.2** Efecto del método de secado, tiempo de infusión y temperatura de infusión en la capacidad antioxidante (mg de trolox/ g materia seca) de los extractos..... 47

- Figura III.1.3** Efecto del método de secado, tiempo de infusión y temperatura de infusión en el contenido de flavonoides (mg de catequina/ g materia seca) de los extractos..... 48

- Figura III.1.4** Influencia del método de secado y tiempo de infusión en las coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  (valores medios) de los extractos de hoja de caqui obtenidos a una temperatura de infusión de 90°C..... 51

- Figura III.2.1** Contenido de humedad en el equilibrio (EMC) vs. actividad de agua ( $a_w$ ) a 20, 30 y 40 °C para las hojas de caqui..... 69

- Figura III.2.2** Isotermas de sorción de hojas de caqui ajustadas a siete modelos matemáticos..... 73

- Figura III.2.3**  $\ln(p)$  vs.  $1/T$  gráfico para calcular el calor de sorción de las hojas de caqui..... 75

<b>Figura III.2.4</b> Variación del diferencial $\Delta H$ , $\Delta G$ y $\Delta S$ para la adsorción del vapor de agua en función de la humedad.....	<b>76</b>
<b>Figura III.3.1</b> Cromatograma FTMS de la hoja de caqui.....	<b>90</b>
<b>Figura III.3.2</b> Espectro MS <sup>2</sup> de la procianidina B1....	<b>100</b>
<b>Figura III.4.1</b> Planos de color L*-a* y b*-a* de las fibras comerciales (limón, naranja, melocotón y manzana) y las fibras de caqui (de bagazo y piel) obtenidas mediante diferentes técnicas (secadas por aire caliente: A o liofilizadas: F) y tamaño de partícula (500: 500-250 $\mu\text{m}$ ; 250: 250-125 $\mu\text{m}$ y <125 $\mu\text{m}$ ).....	<b>124</b>
<b>Figura III.4.2</b> Capacidad de hinchamiento (SC), capacidad de retención de agua (WRC) y capacidad de absorción de agua (WHC) de las fibras de caqui (de piel y bagazo) obtenidas por diferentes técnicas (secadas por aire caliente: barras con puntos o liofilizadas: barras sin puntos) y tamaño de partícula (500: 500-250 $\mu\text{m}$ ; 250: 250-125 $\mu\text{m}$ y <125 $\mu\text{m}$ ).....	<b>128</b>
<b>Figura III.4.3</b> Capacidad de retención de grasa (OHC) de las fibras de caqui (de bagazo y piel) obtenidas por diferentes técnicas (secadas por aire caliente: A o liofilizadas: F) y tamaño de partícula (500: 500-250 $\mu\text{m}$ ; 250: 250-125 $\mu\text{m}$ y <125 $\mu\text{m}$ ).....	<b>130</b>
<b>Figura III.4.4</b> Actividad emulsificante (AE) y estabilidad emulsificante (EE) de las fibras de caqui (de bagazo y piel) obtenidas por diferentes técnicas (secadas por aire caliente: A y liofilizadas: F).....	<b>132</b>
<b>Figura III.4.5</b> Actividad antioxidante (AA) y contenido de fenoles totales (TPC) de las fibras de caqui (de bagazo y piel) obtenidas por diferentes	

técnicas (secadas por aire caliente: A y liofilizadas: F) y tamaño de partícula (500: 500-250  $\mu\text{m}$ ; 250: 250-125  $\mu\text{m}$  y <125  $\mu\text{m}$ )..... **133**

**Figura III.5.1** Evolución del contenido total de fenoles en términos de índice de recuperación (%) a lo largo de la simulación in vitro gastrointestinal en presencia y ausencia de enzimas digestivos y sales biliares para la infusión de hoja de caqui, el caqui y las fibras de caqui..... **156**

**Figura III.5.2.** Evolución del contenido de flavonoides en términos de índice de recuperación (%) a lo largo de la simulación in vitro gastrointestinal en presencia y ausencia de enzimas digestivos y sales biliares para la infusión de hoja de caqui, el caqui y las fibras de caqui..... **157**

**Figura III.5.3.** Evolución de la actividad antioxidante en términos de índice de recuperación (%) a lo largo de la simulación in vitro gastrointestinal en presencia y ausencia de enzimas digestivos y sales biliares para la infusión de hoja de caqui, el caqui y las fibras de caqui..... **159**

**Figura III.6.1** Evolución de la Fuerza Máxima (N) con el tiempo de almacenamiento de la fruta en la prueba de textura después de eliminar la astringencia en el tratamiento postcosecha..... **181**

**Figura III.6.2** Evolución del Índice de Color (CI) con el tiempo de almacenamiento después de eliminar la astringencia en el tratamiento postcosecha..... **182**

**Figura III.6.3** Resultados de los intervalos LSD del Índice de Color (CI) en función del momento de la cosecha (adelantada, natural o atrasada)..... **183**

**Figura III.6.4** Evolución del contenido de fenoles totales (mg ácido gálico/100g de fruta) y la

capacidad antioxidante (mg Trolox/100g de fruta) con el tiempo de almacenamiento después de eliminar la astringencia en el tratamiento postcosecha.....	186
---	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

### I. INTRODUCCIÓN

<b>Tabla I.1</b> Composición del fruto del caqui (de 100 g) en cuanto a macro y microconstituyentes (USDA)....	10
--	----

### III. RESULTADOS

<b>Tabla III.1.1</b> Fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de los extractos de hojas de caqui (frescas y secadas) a diferentes temperaturas de infusión.....	43
--	----

<b>Tabla III.1.2</b> Coeficientes de correlación ( $r^2$ ) entre fenoles totales vs. actividad antioxidante y entre flavonoides vs. actividad antioxidante, calculados a partir de los resultados que se presentan en la Figura 1, 2 y 3.....	49
---	----

<b>Tabla III.1.3</b> Contenido total de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante de los extractos acuosos de hojas de caqui con dos tamaños de hoja diferente....	52
--	----

<b>Tabla III.2.1</b> Modelos de isotermas de sorción para la humedad en equilibrio.....	71
---	----

<b>Tabla III.2.2</b> Parámetros estimados de los diferentes modelos ajustados a los datos de sorción de las hojas de caqui.....	74
---	----

<b>Tabla III.3.1</b> Compuestos fenólicos identificados en las hojas de caqui.....	91
--	----

<b>Tabla III.4.1</b> Características físico-químicas de las fibras de bagazo y piel de caqui obtenidas por liofilización (F), secadas por aire caliente (A) y diferentes fibras comerciales (limón, naranja, melocotón y manzana).....	<b>125</b>
<b>Tabla III.4.2</b> Propiedades de hidratación, actividad antioxidante y fenoles totales de las fibras comerciales.....	<b>125</b>
<b>Tabla III.5.1</b> Actividad antioxidante (mg eq. Trolox/ g materia seca), fenoles totales (mg eq. Ácido gálico (GA)/ g materia seca) y flavonoides (mg catequina/ g materia seca) de las hojas de caqui, el caqui y diferentes fibras de caqui extraídas del bagazo y piel y estabilizadas por aire caliente (A) o liofilizadas (L) previas a la digestión in vitro.....	<b>152</b>
<b>Tabla III.5.2</b> Índice de bioaccesibilidad (%) de los polifenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante presentes en la infusión de hoja de caqui, fruta y fibras.....	<b>162</b>
<b>Tabla III.6.1</b> Valores medios para el contenido de humedad, °Brix y diámetro ecuatorial de las frutas maduras de forma natural (natural), tratadas para retrasar la maduración (delayed) y tratadas para acelerar la maduración (accelerated).....	<b>180</b>
<b>Tabla III.6.2</b> Parámetros del modelo de cinética de primer orden ajustados para el contenido total de fenoles y actividad antioxidante.....	<b>184</b>

