



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA**

*La Universidad Católica de Loja*

## **ÁREA BIOLÓGICA**

TITULACIÓN DE INGENIERO EN ALIMENTOS

**Subproductos de cítricos como fuente de fibra dietaria**

TRABAJO DE FIN TITULACIÓN

**AUTORA:** Cevallos Jiménez, Janneth del Rocío

**DIRECTORA:** Martínez Espinosa, Ruth Irene, Mg.

**LOJA ECUADOR**

**2015**

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

Magister.

Ruth Irene Martínez Espinosa

### **DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

#### **De mi consideración:**

El presente trabajo de fin de titulación: “Subproductos de cítricos como fuente de fibra dietaria” realizado por Cevallos Jiménez Janneth del Rocío ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la aprobación del mismo.

Loja, febrero de 2015.

f) Martínez Espinosa, Ruth Irene, Mg.

C.I: 1102185863

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

“Yo. Janneth del Rocío Cevallos Jiménez declaro ser autora del presente trabajo de fin de titulación: Subproductos de cítricos como fuente de fibra dietara, de la titulación de Ingeniero en Alimentos siendo la Mg. Ruth Irene Martínez Espinosa directora del presente trabajo; y eximo expresamente a Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y los resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo académico, financiero o institucional (operativo) de la Universidad.

f).....

**Autora:** Cevallos Jiménez Janneth del Rocío

**C.I:** 1104794720

## DEDICATORIA

A **Pastorita**, mi madre y amiga incondicional, por ser mi principal apoyo y fortaleza para alcanzar mi meta personal y profesional.

A mis hermanos **Martín y Diana**, por ser un claro ejemplo de sacrificio y superación, digno de seguir.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A Dios**

Por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida con salud y llena de bendiciones.

### **A la Mg. Ruth Irene Martínez Espinosa**

Directora del presente trabajo, por haber confiado en mi persona, sobre todo por sus acertadas correcciones durante el proceso de ésta investigación.

### **A mi Madre y Hermanos**

Por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante, que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada por su amor.

### **A todos aquellos**

Familiares, docentes, compañeros y amigos, y a todas aquellas personas que de una u otra manera me han apoyado durante el transcurso de mi vida universitaria.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
GLOSARIO .....	xi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
<b>I. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
1.1 Subproductos cítricos.....	5
1.2 Fibra dietaria.....	5
1.3 Clasificación de la fibra dietaria.....	5
1.3.1 Fibra dietaria soluble .....	6
1.3.2 Fibra dietaria insoluble .....	6
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>7</b>
2.1 Objetivo general .....	8
2.2 Objetivo específico .....	8
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>9</b>
3.1 Materia prima .....	10
3.2 Cuantificación de fibra dietaria total, insoluble y soluble.....	11
3.2.1 Fibra dietaria total e insoluble .....	11
3.2.2 Fibra dietaria insoluble .....	13
3.2.3 Fibra dietaria soluble.....	15
3.3 Análisis estadístico .....	15
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>16</b>
4.1 Fibra dietaria total.....	17
4.2 Fibra dietaria insoluble; soluble y relación FDI/FDS .....	18
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>20</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>21</b>

BIBLIOGRAFÍA.....	22
ANEXOS .....	25

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A Preparacion de reactivos.....	25
ANEXO B Datos experimentales fibra dietaria total e insoluble.....	29
ANEXO C Cálculo del contenido de fibra dietaria total, insoluble y soluble.....	32
ANEXO D Análisis estadístico.....	38

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Contenido de fibra dietaria en subproductos de naranja .....	17
Tabla 2 Datos experimentales fibra dietaria total e insoluble .....	33
Tabla 3 Humedad.....	36
Tabla 4 Resultados de fibra dietaria total insoluble y soluble .....	37
Tabla 5 Resultados de fibra dietaria total insoluble y soluble expresados en base seca.....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Subproductos de naranja.....	10
Figura 2 Determinación de fibra dietaria total, insoluble y soluble.....	12

## GLOSARIO

<b>ANOVA:</b>	análisis de varianza
<b>BS:</b>	base seca
<b>FD:</b>	fibra dietaria
<b>FDI:</b>	fibra dietaria insoluble
<b>FDS:</b>	fibra dietaria soluble
<b>FDT:</b>	fibra dietaria total
<b>FDI/FDS:</b>	relación entre la fracción insoluble y soluble
<b>g:</b>	gramo
<b>HCl:</b>	ácido clorhídrico
<b>mL:</b>	mililitro
<b>NaOH:</b>	hidróxido de sodio
<b>uL:</b>	microlitro
<b>um:</b>	micrómetro

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue conocer el contenido de fibra dietaria total y sus fracciones soluble e insoluble presentes en subproductos (albedo + restos de flavedo, flavedo y pulpa agotada) de naranja (*Citrus sinensis*) variedad valenciana temprana, sometidos a un proceso previo de lavado con agua caliente a 45°C. La fibra dietaria total e insoluble se determinó por el método enzimático – gravimétrico de la AOAC 991.43 y AACC 32-07, basado en Prosky et. al (1998) y siguiendo el protocolo de Megazime; mientras que la fibra dietaria soluble FDS se calculó por diferencia entre los valores de fibra dietaria total FDT y fibra dietaria insoluble FDI. En el albedo + restos de flavedo se reportó un alto contenido de FDT de 75,97g/100g, el flavedo presentó 58,23g/100g y la pulpa 66,95g/100g. Todas las fracciones mostraron altos valores de FDI entre 50,82g/100g y 70,41g/100g. En el flavedo el balance FDI/FDS fue de 7,01; siendo el mejor en comparación con la pulpa agotada 23,79 y albedo + restos de flavedo 12,69. Los resultados obtenidos evidenciaron las buenas características de los subproductos de naranja como fuente de fibra dietaria total e insoluble.

**PALABRAS CLAVES:** Subproductos cítricos, fibra dietaria total, fibra dietaria insoluble, fibra dietaria soluble.

## ABSTRACT

The aim of this research was to know the content of total dietary fiber and its soluble and insoluble fractions in orange byproducts (*Citrus sinensis*) var. Valencian early (albedo + remains of flavedo, flavedo and exhausted pulp) subjected to a previous process of washing with hot water at 45°C. The total and insoluble dietary fiber were determined by the enzymatic - gravimetric method AOAC 991.43 and AACC 32-07, based on Prosky et. al (1998) and according to the Protocol of Megazime; while the soluble dietary fiber was established by the difference between the values of total dietary fiber and insoluble dietary fiber. The albedo + remains of flavedo reported a high content of TDF 75,97g/100g, the flavedo presented 58,23g/100g and the exhausted pulp results presented 66,95g/100g. All the fractions showed high IDF values between 50,82g/100g and 70,41g/100g. The IDF/SDF balance in the flavedo was 7.01 which was the best result compare to the exhausted pulp 23,79 and the albedo + remains of flavedo 12,69. The obtained results showed the good characteristics of the byproducts of orange as a source of total and insoluble dietary fiber.

**KEY WORDS:** Citrus byproducts, total dietary fiber, insoluble dietary fiber, soluble dietary fiber.

## INTRODUCCIÓN

Los cítricos constituyen el grupo de frutas más abundante alrededor del mundo (Nassar et al. 2008). La industria de jugos cítricos produce una importante cantidad de subproductos (corteza, pulpa y semillas), entre el 40 y 50% del peso total de la fruta (Ayala-Zavala et al. 2011). Estos han sido utilizados para alimentación animal; actualmente, por su alto contenido de fibra dietaria y de otros componentes bioactivos como polifenoles, carotenoides, flavonoides y vitamina C; han captado el interés de los investigadores para ser estudiados por sus buenas perspectivas para la industria alimentaria (Lario et al. 2004). Su uso en los alimentos está orientado a mejorar la calidad nutricional y tecnológica, como: el aporte de fibra dietaria y antioxidantes, capacidad de retención de agua y de aceite, mejorar emulsiones, la formación de geles, la viscosidad, textura y otras características sensoriales (Elleuch et al. 2011).

Moraes Crizel et al. (2013) y Gorinstein et al. (2001) mencionan que los subproductos de naranja poseen un contenido de fibra dietaria superior al 60%, con buena relación entre fibra dietaria insoluble y soluble (cerca a 2,7:1), alta capacidad antioxidante y considerables niveles de componentes polifenólicos (Viuda-Martos et al. 2010). Es creciente la tendencia del consumo de alimentos ricos en fibra dietaria, que contengan componentes naturales con efectos saludables, como un medio para evitar enfermedades como la diabetes, obesidad, diverticulosis, patologías cardiovasculares y cáncer de colon (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010).

Por la gran cantidad de subproductos de cítricos que se generan en nuestro país, por el interés de la ciencia y la industria por contar con nuevas fuentes naturales de fibra dietaria y componentes bioactivos (Viuda-Martos et al. 2009), se plantea esta investigación con el objetivo de cuantificar la fibra dietaria total y sus fracciones; y aportar conocimientos a la industria alimentaria, para que puedan servir de base para la utilización de subproductos como ingredientes en la formulación de alimentos.

## **I. REVISIÓN DE LITERATURA**

## **1.1 Subproductos cítricos**

Los cítricos son considerados como el mayor grupo de frutas a nivel mundial, representando una producción aproximada de  $88 \times 10^6$  toneladas, un tercio de éstos son destinados para la elaboración de jugos. La naranja, limón, mandarina, y toronja representan el 98% de los cítricos industrializados (Ayala-Zavala et al. 2011; Nassar et al. 2008).

El consumo directo y procesamiento de las frutas genera una gran cantidad de subproductos: albedo, flavedo, semillas y pulpa que corresponden al 50% del total de la fruta original (Marín et al. 2007). Estos subproductos son fuente importante de fibra dietaria, aceites esenciales, pectinas, ácido ascórbico, flavonoides, agua, azúcares solubles, ácidos orgánicos, aminoácidos, proteínas y vitaminas (Viuda-Martos et al. 2011). Estos componentes bioactivos intervienen en la prevención de enfermedades crónicas, como las enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, la diabetes y los trastornos gastrointestinales (Moraes Crizel et al. 2013).

Los subproductos en función de la cantidad de FDT pueden clasificarse en: 1) aquellos con bajo contenido, entre 30 y 50g/100g como banana, guayaba y pomelo; 2) con contenido medio (50 a 70g/100g), por ejemplo la corteza de mango y 3) con un contenido alto, entre 70 y 90g/100g, como es el caso de la corteza de cítricos y uvas rojas (Fuentes-Alventosa et al. 2009). La fibra dietaria obtenida de los subproductos cítricos reúne todas las características nutricionales y tecnológicas (Ocen y Xu 2013), requeridas para considerarla como un importante ingrediente en la formulación de alimentos funcionales (Dhingra et al. 2012).

## **1.2 Fibra dietaria**

La fibra dietaria (FD), es la parte comestible de las plantas, resistente a la hidrólisis de las enzimas digestivas del ser humano (Nawirska y Kwaśniewska 2005) y que es total o parcialmente fermentada en el intestino grueso (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010), cuyos componentes son la celulosa, hemicelulosa, lignina, oligosacáridos, pectinas, gomas y ceras (Dhingra et al. 2012).

## **1.3 Clasificación de la fibra dietaria**

La clasificación más aceptada para la fibra dietaria ha sido según el grado de solubilidad en agua: soluble e insoluble (Dhingra et al. 2012); sus propiedades y efectos fisiológicos están determinados principalmente por las proporciones de estas dos fracciones (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010). Gorinstein et al. (2001), sugieren que el mejor efecto fisiológico

proporcionado por la fibra dietaria se obtiene con el consumo en una proporción de 50 – 70% de fibra dietaria insoluble y 30 – 50% de fibra dietaria soluble.

### **1.3.1 Fibra dietaria soluble**

Es la porción que está formada de gomas, mucílagos, pectinas y algunas hemicelulosas, las cuales forman un gel viscoso cuando se mezclan con líquidos (Chawla y Patil 2010), esta fibra se encuentra en grandes concentraciones en frutas como los cítricos especialmente en el flavedo y albedo (de Moraes Crizel et al. 2013).

La fibra dietaria soluble (FDS) tiene la propiedad de retardar la evacuación gástrica haciendo más eficiente la digestión y absorción de alimentos, generando mayor saciedad, interviene en los niveles sanguíneos del colesterol debido a que disminuye la absorción de éste en el intestino (Ajila et al. 2007). La fibra soluble tiene amplio uso tecnológico, por ejemplo las pectinas por su capacidad de ligar agua, son utilizadas en la industria de alimentos como agente gelificante y espesante que ayuda a mantener ciertas suspensiones (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010), las gomas se utilizan para inhibir la cristalización del hielo y la sinéresis (Ocen y Xu 2013).

### **1.3.2 Fibra dietaria insoluble**

Está compuesta de celulosa, hemicelulosa y lignina (Nawirska y Kwaśniewska 2005), se encuentran en alimentos como granos, leguminosas, frutas, vegetales y principalmente en los cereales (Figuerola et al. 2005).

La importancia fisiológica de la fibra dietaria insoluble (FDI) a nivel del intestino grueso consiste en aumentar el peristaltismo colónico y el volumen de las heces, debido a la capacidad de retención de agua, relacionándose con la protección y alivio de algunos trastornos digestivos como estreñimiento y constipación (Chau y Huang 2004). El uso tecnológico está en relación a la capacidad funcional de la hemicelulosa de ligar agua y ayudar a incrementar la viscosidad (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010).

## **II. OBJETIVOS**

## **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Valorar el potencial de los subproductos de cítricos como recursos de componentes funcionales.

## **2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO**

Determinar el contenido de fibra dietaria total y sus fracciones en subproductos de naranja.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### 3.1 Materia prima

Se trabajó con muestras de albedo + restos de flavedo, flavedo y pulpa agotada de naranja (*Citrus sinensis*) variedad valenciana temprana (figura 1), procedente de Caluma provincia de Bolívar; previamente sometidas a un proceso de lavado con agua caliente a 45°C por 8 minutos y deshidratadas en estufa a 60°C por aproximadamente 19 horas y con un tamaño de partícula  $\leq$  a 500 $\mu$ m (Martínez R. 2013).



a) Albedo + restos de flavedo



b) Flavedo



c) Pulpa agotada

**Figura 1.** Subproductos de naranja

### **3.2 Cuantificación de fibra dietaria total, insoluble y soluble**

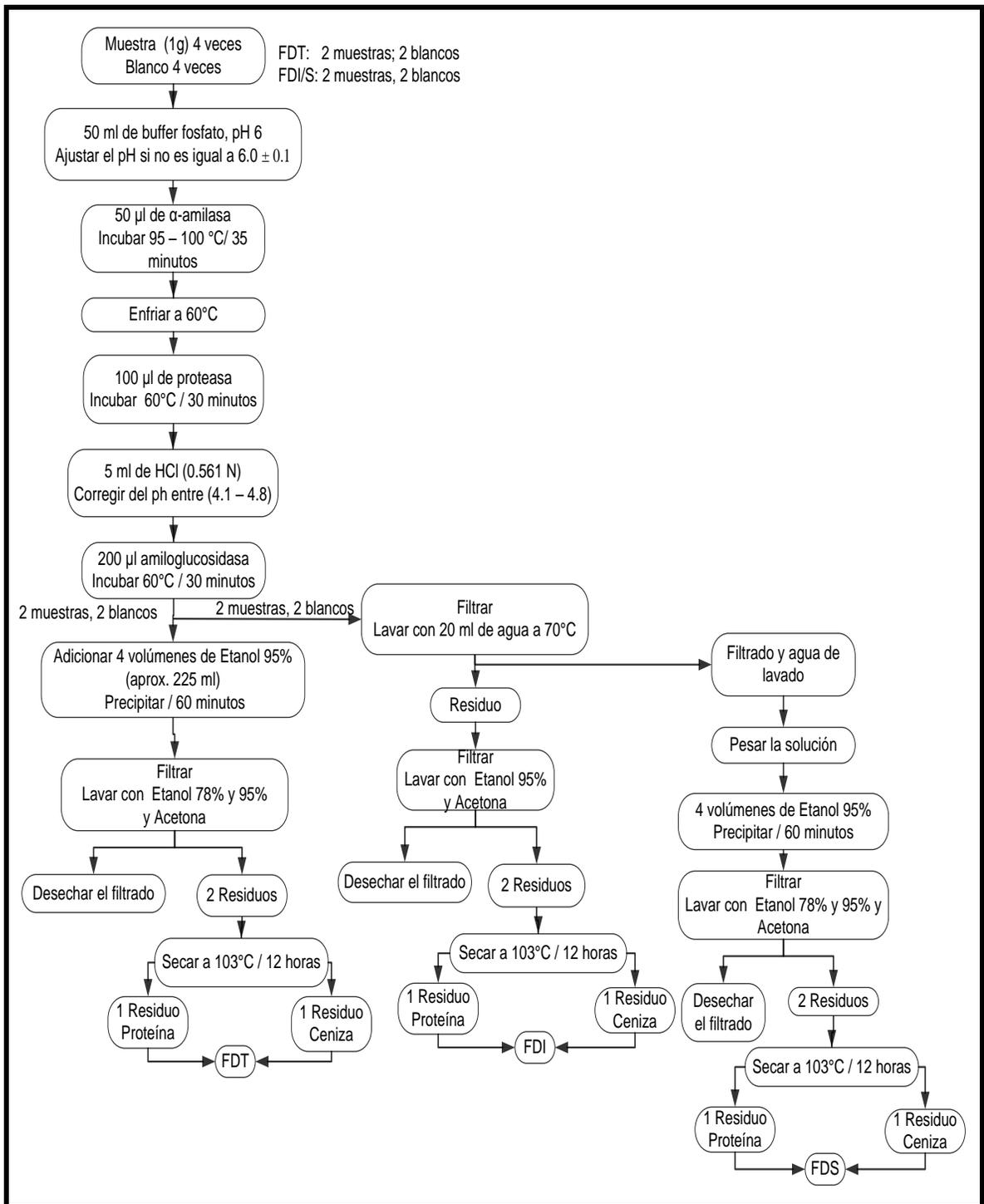
La fibra dietaria total (FDT) e insoluble se determinaron por el método enzimático – gravimétrico de la AOAC 991.43 y AACC 32 - 07; basados en el método de Lee et al. (1992) y Prosky et al. (1998); siguiendo el protocolo de Megazime. Se usó buffer fosfato pH 6 en sustitución del buffer metris. (Ver preparación anexo A).

El método determina la fibra dietaria basándose en una digestión sucesiva de las muestras con enzimas:  $\alpha$ -amilasa que produce la gelatinización, hidrolisis y despolimerización del almidón; proteasa que solubiliza y despolimeriza proteínas, y amiloglucosidasa para hidrolizar los fragmentos de almidón a glucosa. Posteriormente las muestras fueron tratadas con cuatro volúmenes de etanol para precipitar la fibra soluble y eliminar la proteína y el almidón presentes; fueron filtradas y lavadas con etanol (al 78 y 95%) y acetona. Los residuos se sometieron a un proceso de secado, enfriado y pesado. La fibra dietaria se cuantificó por la diferencia entre el peso del residuo filtrado seco, la proteína y ceniza que fueron determinadas aplicando las técnicas AOAC 920.152 y AOAC 952.05 respectivamente.

#### **3.2.1 Fibra dietaria total e insoluble**

Como se visualiza en la figura 2, este procedimiento se sigue igualmente hasta el paso 10 para la determinación de FDI.

1. Las cápsulas, crisoles y papel filtro previamente etiquetados se secaron a 102° por una hora, se enfriaron en el desecador y se pesaron.
2. Los baños maría fueron calentados hasta alcanzar la temperatura de 95°C.
3. Se pesó 1g de muestra por duplicado en vasos de 600mL, identificando cada vaso (para ceniza m1 y para proteína m2), de la misma forma se hizo para las muestras de fibra dietaria insoluble y se cubrió cada vaso con papel aluminio.
4. Para fibra dietaria total e insoluble se incluyeron 4 vasos de 600mL para los blancos, identificando de igual manera (para ceniza m1 y para proteína m2).
5. Se añadió 50mL de buffer fosfato en cada vaso y se ajustó el pH a 6,0 con hidróxido de sodio o ácido clorhídrico al 5%, según fue el caso.
6. Seguidamente se adicionó 50 $\mu$ L de  $\alpha$ -amilasa, se cubrió el vaso y se incubó en baño maría a 95°C durante 35 minutos.



**Figura 2.** Determinación de fibra dietaria total, insoluble y soluble

**Fuente:** Encalada, R. (2014).

7. Cumplido el tiempo de incubación se añadió 10mL de agua destilada en cada vaso para retirar la muestra adherida a las paredes del vaso, y se comprobó que la temperatura de la muestra se mantenga a 60°C.
8. Posteriormente se adicionó 100µL de proteasa; cubriendo el vaso e incubando en baño maría a 60°C por 30 minutos.
9. Luego se añadió 5mL de ácido clorhídrico 0.561N, se ajustó el pH entre 4.1 y 4.8 con ácido clorhídrico o hidróxido de sodio al 5%, según fue el caso.
  
10. Se adicionó 200µL de amilogucosidasa y se incubó a 60°C por 30 minutos.
11. Durante este tiempo usando un baño maría adicional se calentó etanol a 60°C, a una concentración del 95% (aproximadamente 225mL por muestra), manteniendo la temperatura para su posterior uso.
12. Se adicionó cuatro volúmenes (aproximadamente 225mL) del etanol al 95% precalentado anteriormente en cada vaso, y se dejó precipitar por 60 minutos.
13. Se filtró y se lavó consecutivamente las muestras con dos alícuotas de 15mL de etanol al 78%; dos alícuotas de 15mL de etanol al 95% y con dos alícuotas de 15mL de acetona.
14. Los filtrados se desecharon y los residuos se colocaron en capsulas y crisoles identificados para cada muestra.
15. Los residuos fueron secados en estufa a una temperatura de 103°C durante 12 horas, se enfriaron en el desecador y se pesaron identificando como R1 ceniza y R2 proteína; BR1 blanco ceniza y BR2 blanco proteína. (Ver anexo B).
16. A los residuos R1 y R2; BR1 y BR2 contenidos en el papel filtro se les realizó la determinación de cenizas (A y BA) y proteína (p y Bp) aplicando las técnicas establecidas por la AOAC 920.152 y AOAC 952.05.

### **3.2.2 fibra dietaria insoluble**

1. Se tomó las muestras identificadas para FDI (paso 10 del procedimiento para FDT).
2. Se calentó agua destilada a 70 °C, aproximadamente 20mL por muestra para su posterior uso.
3. Se filtró y se lavó las muestras consecutivamente con dos alícuotas de 10mL del agua destilada a 70°C, dos alícuotas de 15mL de etanol al 95% y dos alícuotas de 15mL de acetona.

4. Los filtrados fueron eliminados y los residuos colocados en las cápsulas y crisoles identificados para cada muestra.
5. Se secó los residuos en estufa a una temperatura de 103°C durante 12 horas, se enfrió en desecador y se pesó identificando como R1 ceniza y R2 proteína; BR1 blanco ceniza y BR2 blanco proteína.
6. A los residuos R1 y R2; BR1 y BR2 contenidos en el papel filtro se les realizó la determinación de cenizas (A y BA) y proteína (p y Bp) aplicando las técnicas establecidas por la AOAC 920.152 y AOAC 952.05

La fórmula para calcular la fibra dietaria total e insoluble se describe a continuación: (Ver cálculos anexo C).

$$\text{Fibra dietaria total/insoluble (g/100g)} = \frac{\frac{R1 + R2}{2} - p - A - B}{\frac{m1 + m2}{2}} \times 100$$

**Donde:**

**R1:** peso del residuo ceniza

**R2:** peso del residuo proteína

**p:** peso de proteína (g)

**A:** peso de ceniza (g)

**B:** blanco

**m1:** peso muestra inicial ceniza

**m2:** peso muestra inicial proteína

$$\text{Blanco (B)} = \frac{BR1 + BR2}{2} - Bp - BA$$

**Donde:**

**BR1:** residuo ceniza blanco

**BR2:** residuo proteína blanco

**Bp:** proteína blanco(g)

**BA:** ceniza blanco (g)

### **3.2.3 fibra dietaria soluble**

La fibra dietaria soluble se determinó por la diferencia de pesos entre fibra dietaria total y fibra dietaria insoluble.

$$\mathbf{FDS = FDT - FDI}$$

**Donde:**

**FDT:** resultado fibra dietaria total

**FDI:** resultado fibra dietaria insoluble

### **3.3 Análisis estadístico**

Los resultados se expresaron como la media  $\pm$  desviación estándar de tres repeticiones de cada fracción del subproducto, se analizaron estadísticamente aplicándose un análisis de varianza ANOVA y luego con la prueba de rangos múltiples de Tukey se hizo una comparación con un nivel de significancia  $p \leq 0.05$ . Se utilizó el programa estadístico Minitab 16. (Anexo D)

#### **IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### 4.1 Fibra dietaria total

Los diferentes subproductos de naranja lavada presentaron contenidos de FDT entre 58,23g/100g para flavedo y 75,97g/100g para albedo + restos de flavedo (Ver tabla 1), existiendo diferencia estadística entre todas las fracciones. El valor de FDT del flavedo fue inferior a lo reportado para cáscara de naranja dulce variedad valencia, polvo de subproducto de naranja, y cáscara de limón eureka (74,87g/100g; 71,62g/100g; 60,1g/100g respectivamente) (Nassar et al. 2008; Fernández-López et al. 2009; Figuerola et al. 2005); superior al de la cáscara de naranja variedad ponkan 38,7g/100g (Chang et al. 1998) y cáscara de toronja marsh 44,2g/100g (Figuerola et al. 2005). El menor contenido de FDT en el flavedo en relación a sus similares podría explicarse por la pérdida parcial de los componentes de la fracción soluble, por el proceso de lavado, diferentes características de las variedades estudiadas, estado de madurez y proceso de obtención de los subproductos.

**Tabla 1.** Contenido de fibra dietaria en subproductos naranja lavada expresados en base seca.

Identificación muestra	Fibra dietaria total (g/100g)	Fibra dietaria insoluble (g/100g)	Fibra dietaria soluble (g/100g)	FDI/FDS
Albedo + restos de flavedo	75,97±0,92 <sup>a</sup>	70,41±0,99 <sup>a</sup>	5,55±0,90 <sup>a</sup>	12,69
Flavedo	58,23±1,38 <sup>c</sup>	50,82±1,08 <sup>c</sup>	7,25±0,43 <sup>a</sup>	7,01
Pulpa agotada	66,95±0,25 <sup>b</sup>	64,24±1,09 <sup>b</sup>	2,70±1,23 <sup>b</sup>	23,79

Los valores representan la media ± de la desviación estándar de tres repeticiones experimentales. Las medias que no comparten la misma letra en cada columna son significativamente diferentes.

En la pulpa agotada la FDT fue inferior a la de la pulpa de naranja dulce variedad valencia 70,64g/100g (Nassar et al. 2008) y pulpa de limón fino 81,71g/100g (Marín et al. 2007). La cáscara de mango y cáscara de piña (70,0g/100g; 75,8g/100g) (Martínez et al. 2012a), presentaron valores comparables al del albedo + restos de flavedo.

Todas las fracciones presentaron contenidos superiores a otros subproductos como la corteza de guayaba 40,4g/100g, mango criollo de bocado 34,5g/100g, corteza de ciruela 43,9g/100g,

corteza de uva 47,8g/100g (Sierra et al. 2010), e inferior al reportado por Martínez et al.(2012) en cáscara de maracuyá (81,5g/100g).

Comparando con fuentes alimenticias tradicionales de FD, los subproductos de naranja mostraron valores superiores al salvado de arroz 27,0g/100g, salvado de avena 24,7g/100g, y salvado de trigo 48,0g/100g (Frédéric et al. 2012); únicamente el albedo + restos de flavedo fue similar al del salvado de cebada 72,5g/100g.

La pulpa agotada y flavedo pueden considerarse como fuentes medias de FDT, mientras que el albedo + restos de flavedo como fuente con alto contenido de FDT, según el criterio de Fuentes - Alventosa et al. (2009).

#### **4.2 Fibra dietaria insoluble y soluble**

En los subproductos, la fracción insoluble representó entre el 80 y 90% del contenido total de FD. El valor de FDI del flavedo fue mayor al de cáscara de naranja variedad valencia (48,2g/100g) (Moraes Crizel et al. 2013), subproductos de guayaba, mango criollo, ciruela, uva roja (38,4g/100g; 17,4g/100g; 31,1g/100g y 35,6g/100g respectivamente) (Martínez et al. 2012b; Sierra et al. 2010), pero menor al de la cáscara de toronja variedad ruby, y cáscara de limón fino (53,07g/100g; 62,0g/100g respectivamente) (Moraes Crizel et al. 2013; Figuerola et al. 2005).

El valor de FDI de los subproductos fue mayor al del salvado de arroz (24,5g/100g), salvado de avena,(13,0g/100g) y salvado de trigo (45,6g/100g); mientras que el contenido de FDI del albedo + restos de flavedo fue similar al del salvado de cebada (69,4g/100g) (Frédéric et al. 2012).

El albedo + restos de flavedo y el flavedo presentaron el mayor contenido de FDS, el mismo que fue menor al de la cáscara de naranja dulce variedad valencia 19,39g/100g (Nassar et al. 2008), similar al de la cáscara de limón fino, cáscara de naranja agria (6,25g/100g; 6,75g/100g) (Figuerola et al. 2005; Marín et al.2007), y superior al de la harina de cáscara de mandarina, cáscara de naranja valencia y cáscara de toronja variedad blanca (1,23g/100g; 1,77g/100g; 1,61g/100g) (Rincón et al. 2005).

La pulpa agotada presentó un valor de FDS inferior al de la pulpa de limón 17,15g/100g (Marín et al. 2007) y pulpa de ciruela 4,1g/100g (Sierra et al. 2010); similar al de la pulpa de mango y guayaba (2,0g/100g; 1,5g/100g) (Martínez et al. 2012b); pero superior a la pulpa de uva roja 0,5g/100g (Sierra et al. 2010).

Haciendo referencia a lo mencionado por Moraes Crizel et al. 2013; Marín et al. 2007, y otros autores sobre el mayor contenido de FDS en las frutas con respecto a los cereales, en el flavedo y en el albedo + restos de flavedo la FDS fue superior al del salvado de arroz 2,5g/100g; salvado de trigo 2,4g/100g, y salvado de cebada 3,1g/100g; pero inferior al salvado de avena 11,7g/100g (Frédéric et al. 2012).

Todas las fracciones presentaron diferencia estadística entre sí en lo referente al contenido de FDI, y en el caso de la FDS fue igual en el albedo + restos de flavedo y el flavedo.

El flavedo mostró la mejor relación FDI/FDS; similar a la del salvado de arroz (9,8) y mayor a la del salvado de avena (1,1) (Frédéric et al. 2012), este último considerado como un recurso fuente de FD de buena calidad. Tanto en el albedo + restos de flavedo como en el flavedo la FDI/FDS fue menor a la de los salvados de trigo (19) y cebada (22); en la pulpa agotada esta relación fue similar a la del salvado de cebada (22,38) (Frédéric et al. 2012).

Es importante recalcar, los destacables niveles de FD, a pesar de las pérdidas ocasionadas por el proceso de lavado; evidenciándose en todos los casos que se trata de fuentes importantes de FDI, significando una oportunidad para el uso de estos subproductos. Los diferentes contenidos de FDT y la proporción de sus fracciones, estarían relacionadas con las características peculiares de cada fracción.

## CONCLUSIONES

- El albedo + restos de flavedo de naranja, variedad valenciana temprana, presentó un alto contenido de FDT (75,97g/100g), e insoluble (70,41g/100g), mientras que el flavedo y la pulpa agotada mostraron valores medios de FDT.
- Todos los subproductos son fuentes importantes de fibra dietaria insoluble, por lo tanto con una alta relación FDI/FDS. El flavedo presentó el mejor balance entre fibra dietaria insoluble y soluble (7,01).

## RECOMENDACIONES

- Es aconsejable antes de iniciar la determinación de la fibra dietaria preparar el baño maría para la incubación de las muestras y cumplir con todas las indicaciones de tiempo y temperatura manifestados en el protocolo de Megazime.
- Una de las etapas más críticas es el lavado y filtrado de las muestras, por lo tanto se debe tener especial cuidado para no ocasionar pérdidas que influyen considerablemente en los resultados finales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ajila, C; Bhat, S; Prasada Rao, U. 2007. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chemistry* 102(2007): 1006 - 1011.
- Ayala - Zavala, J; Vega - Vega, V; Rosas - Domínguez, C; Palafox - Carlos, H; Villa - Rodriguez, J; Siddiqui, M; Dávila - Aviña, J; González - Aguilar, G. 2011. Agro - industrial potential of exotic fruit byproducts as a source of food additives. *Food Research International* 44 (2011): 1866 -1874.
- Chang, S; Lee, M; Lin, C; Chen, M. 1998. Dietary fiber content and composition of fruits in Taiwan. *Asia Pacific journal of clinical nutrition* 7: (1998): 206 - 210.
- Chau, C; Huang, Y. 2004. Characterization of passion fruit seed fibres a potential fibre source. *Food Chemistry* 85 (2004): 189 - 194.
- Chawla, R; Patil, G. 2010. Soluble dietary fiber. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9 (2010): 178 - 196.
- Dhingra, D; Michael, M; Rajput, H; Patil, R. 2012. Dietary fibre in foods: a review. *Journal of food science and technology* 49 (2012): 255 - 266.
- Elleuch, M; Bedigian, D; Roiseux, O; Besbes, S; Blecker, C; Attia, H. 2011. Dietary fibre and fibre - rich by - products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry* 124 (2011): 411- 421.
- Encalada, R. 2014. Subproductos de Palmito (*chamaerops humilis*) como un recurso alternativo de fibra dietaria. *Ingenieria en Industrias Agropecuarias*. Loja, EC, Universidad Técnica Particular de Loja. 24p.
- Fernández - López, J; Sendra - Nadal, E; Navarro, C; Sayas, E; Viuda - Martos, M; Alvarez, J. 2009. Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *International journal of food science & technology* 44 (2009): 748 - 756.
- Figuerola, F; Hurtado, M; Estévez, A; Chiffelle, I; Asenjo, F. 2005. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry* 91(2005): 395 - 401.
- Frédéric, R; Schuchmann, H; Palzer, S. 2012. Dietary fiber in extruded cereals: Limitations and opportunities. *Trends in Food Science & Technology* 28(2012): 23 - 32.
- Fuentes - Alventosa, J; Rodríguez - Gutiérrez, G; Jaramillo - Carmona, S; Espejo - Calvo, J; Rodríguez - Arcos, R; Fernández - Bolaños, J; Guillén - Bejarano, R; Jiménez - Araujo, A. 2009. Effect of extraction method on chemical composition and functional

characteristics of high dietary fibre powders obtained from asparagus by-products. *Food chemistry* 113(2009): 665 - 671.

- Gorinstein, S; Zachwieja, Z; Folta, M; Barton, H; Piotrowicz, J; Zemser, M; Weisz, M; Trakhtenberg, S; Màrtín-Belloso, O. 2001. Comparative contents of dietary fiber, total phenolics, and minerals in persimmons and apples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49(2001): 952-957.
- Lario, Y; Sendra, E; Garcia-Pérez, J; Fuentes, C; Sayas - Barberá, E; Fernández - López, J; Perez - Alvarez, J. 2004. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by - products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 5(2004): 113 - 117.
- Lee, S; Prosky, L; De Vries, J. 1992. Determination of total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods: Enzymatic-gravimetric method, MES - TRIS buffer: Collaborative study. *Journal of AOAC International*.
- Marín, R; Soler - Rivas, C; Benavente - García, O; Castillo, J; Pérez - Alvarez, J. 2007. By - products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry* 100(2007): 736 - 741.
- Martínez, R; Torres, P; Meneses, M; Figueroa, J; Pérez - Álvarez, J; Viuda - Martos, M. 2012a. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food chemistry* 135(3): 1520 - 1526.
- Martínez, R. 2013. Potencial de los subproductos de cítricos como ingredientes funcionales para la industria alimentaria. Laboratorio de alimentos UTPL.
- Matos - Chamorro, A; Chambilla - Mamani, E. 2010. Importancia de la fibra dietética, sus propiedades funcionales en la alimentación humana y en la industria alimentaria. *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1 (1): 4 - 17.
- Megazime, 2009. Total dietary fiber assay procedure. Megazyme international Ireland Limited. K - TDFR.03 / 2009.
- Moraes Crizel, T; Jablonski, A; de Oliveira Rios, A; Rech, R; Flôres, SH. 2013. Dietary fiber from orange byproducts as a potential fat replacer. *Food Science and Technology* 53 (2013): 9 - 14.
- Nassar, A; AbdEl-Hamied, A; El-Naggar, E. 2008. Effect of citrus by-products flour incorporation on chemical, rheological and organoleptic characteristics of biscuits. *World Journal of Agricultural Sciences* 4 (2008): 612 - 616.
- Nawirska, A; Kwaśniewska, M. 2005. Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste. *Food Chemistry* 91(2): 221 - 225.

- Ocen, D; Xu, X. 2013. Effect of Citrus Orange (*Citrus sinensis*) By-product Dietary Fiber Preparations on the Quality Characteristics of Frozen Dough Bread. *American Journal of Food Technology* 8(1): 43 - 53.
- Rincón, A; Vásquez, A; Padilla, F. 2005. Composición química y compuestos bioactivos de las harinas de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*), mandarina (*Citrus reticulada*) y toronja (*Citrus paradisi*) cultivadas en Venezuela. *Archivo Latinoamericano Nutrición* 55: 305 - 310.
- Sierra, P; Garrido, E; González, H; Pérez, H. 2010. Estudio comparativo del aporte de fibra alimentaria en cuatro tipos de frutas de consumo común en Venezuela. *Interciencia* 35 (2010): 939 - 944.
- Viuda - Martos, M; Fernández - López, J; Sayas - Barbera, E; Sendra, E; Navarro, C; Pérez - Álvarez, J. 2009. Citrus Co - Products as Technological Strategy to Reduce Residual Nitrite Content in Meat Products. *Journal of food science* 74 (8): R93 - R100.
- Viuda -Martos, M; López - Marcos, M; Fernández - López, J; Sendra, E; López - Vargas, J; Pérez-Álvarez, J. 2010. Role of fiber in cardiovascular diseases: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9 (2): 240 - 258.

**ANEXOS**  
**ANEXO A**  
**PREPARACIÓN DE REACTIVOS**  
**Fibra dietaria**

**A.1 Buffer fosfato pH 6**

Para preparar 1000mL se pesó 1,4g de di-sodio hidrógeno fosfato anhidro ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) y 9,68g de sodio di-hidrógeno fosfato monohidratado ( $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ ), los cuales se disolvieron en 250mL de agua destilada y aforaron en un balón de 1000mL, verificando el pH.

**A.2 Hidróxido de sodio 5%**

Se disolvió 5g de NaOH en 100mL de agua destilada.

**A.3 Ácido clorhídrico 5%**

Se diluyó 5mL de HCl en 100mL de agua destilada, colocando primero en el balón de aforo agua y luego el ácido para evitar desprendimiento de calor.

**A.4 Ácido clorhídrico 0,561N**

**Datos:**

Riqueza del HCl	→	37%
Equivalente químico del HCl	→	36,45g
Densidad ( $\rho$ )	→	1,19g/mL

$$N = \frac{\text{Densidad del ácido} \times \text{Riqueza \%}}{100 \times \text{Equivalente químico (g)}}$$

$$N = \frac{\frac{1,19 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \times 1000 \text{ mL} \times 37 \%}{100 \% \times 36,45 \text{ g}}$$

$$N = 12,08$$

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$V1 = (C2 * V2)/C1$$

$$V1 = (0,561N * 100 \text{ mL})/12,08$$

$$V1 = 4,64 \text{ mL de HCl}$$

Los 4,64mL de HCl se agregaron al agua destilada contenida en el balón de 100mL, seguidamente se completó el volumen hasta la señal de aforo.

### A.5 Etanol 95%

#### Datos:

$$C1: \text{concentración 1} \rightarrow 99,9\%$$

$$C2: \text{concentración 2} \rightarrow 95\%$$

$$V1: \text{volumen 1} \rightarrow 1000 \text{ mL}$$

$$V2: \text{volumen 2} \rightarrow ?$$

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$V2 = (C2 * V1)/C1$$

$$V2 = (95\% * 1000 \text{ mL})/99,9\%$$

$$V2 = 950,9 \text{ mL de etanol}$$

Se obtuvo una concentración al 95% adicionando a los 950,9mL de etanol puro al 99%; 49,1mL de agua destilada.

### A.6 Etanol 78%

#### Datos:

$$C1: \text{concentración 1} \rightarrow 99,9\%$$

$$C2: \text{concentración 2} \rightarrow 78\%$$

$$V1: \text{volumen 1} \rightarrow 1000 \text{ mL}$$

$$V2: \text{volumen 2} \rightarrow ?$$

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$V2 = (C2 * V1)/C1$$

$$V2 = (78\% * 1000 \text{ mL})/99,9\%$$

$$V2 = 780,7 \text{ mL de etanol}$$

Se obtuvo una concentración al 78% adicionando a los 780,7mL de etanol puro al 99.9%; 219,3mL de agua destilada.

## Proteína

### A.7 Hidróxido de sodio 32%

Se obtuvo una concentración del 32% disolviendo 320g de NaOH en 1000mL de agua destilada.

### A.8 Ácido bórico 20%

Se disolvieron primeramente 200g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> en 500mL de agua destilada precalentada y posteriormente se aforó en un balón de 1000mL.

### A.9 Ácido clorhídrico 0,1N

#### Datos:

Riqueza del HCl → 37%

Equivalente químico del HCl → 36,45g

Densidad (ρ) → 1,19g/mL

$$N = \frac{\text{Densidad del acido} \times \text{Riqueza \%}}{100 \times \text{Equivalente químico (g)}}$$

$$N = \frac{\frac{1,19 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \times 1000 \text{ mL} \times 37 \%}{100 \% \times 36,45\text{g}}$$

$$N = 12,08$$

$$C1 * V1 = C2 * V2$$

$$V1 = (C2 * V2)/C1$$

$$V1 = (0,1N * 100 \text{ mL})/12,08$$

$$V1 = 0,82 \text{ mL de HCl}$$

Los 0,82mL de HCl se agregaron al agua destilada contenida en el balón de 100mL, seguidamente se completó el volumen hasta la señal de aforo.

## ANEXO B. DATOS EXPERIMENTALES FIBRA DIETARIA TOTAL E INSOLUBLE

**Tabla 2.** Datos experimentales fibra dietaria total e insoluble

Corrida	Muestra		Peso muestra inicial (m1/m2)	Peso papel filtro	Peso crisol vacío	Residuos secos		Peso p + c + m incinerada	Peso ceniza	V (HCl)	Peso proteína	BLANCO	FDT	FDI
						Peso p + c + residuo	Peso residuo (R1/R2)							
		(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g/100g)	(g/100g)	
1	P3	FDT C	1,0014	0,99390	21,77316	23,55083	0,78377	21,86474	0,09158			-0,014588	62,1364	
		FDT P	1,0050	1,01640	22,66104	24,42050	0,74306			6,2	0,0631			
	A+F3	FDT C	1,0026	1,00390	14,33034	16,20211	0,86787	14,40490	0,07456				68,7376	
		FDT P	1,0097	0,98960	90,03680	91,75120	0,72480			4,4	0,0448			
	P2	FDT C	1,0075	1,01580	14,35248	16,16906	0,80078	14,45653	0,10405				62,7875	
		FDT P	1,0088	1,00640	23,27673	25,05340	0,77027			6,2	0,0631			
	BLANCO	FDT C		1,00820	15,66265	16,66119	-0,00966	15,66145	-0,00120					
		FDT P		1,00150	50,93782	51,93368	-0,00564			0,8	0,0081			
	P3	FDI C	1,0067	0,99890	14,81440	16,56138	0,74808	14,89293	0,07853			-0,012188		60,8730
		FDI P	1,0064	1,01950	46,10439	47,85600	0,73211			6,0	0,0610			
	A+F3	FDI C	1,0013	0,99650	14,93085	16,62088	0,69353	14,96792	0,03707				64,0825	
		FDI P	1,0037	0,98550	51,79370	53,49760	0,71840			3,8	0,0387			
	P2	FDI C	1,0056	1,00330	15,73488	17,38818	0,65000	15,77328	0,03840				59,2597	
		FDI P	1,0037	0,99960	23,93763	25,65650	0,71927			6,2	0,0631			
BLANCO	FDI C		0,99220	20,37804	21,36695	-0,00329	20,37758	-0,00046						
	FDI P		1,00870	51,31253	52,31550	-0,00573			0,8	0,0081				

**m1:** muestra1; **m2:** muestra 2; **p:** papel filtro; **c:** crisol; **m:** muestra; **R1:** residuo 1 ceniza; **R2:** residuo 2 proteína;  
**V (HCl):** volumen ácido clorhídrico

**N (HCl):** 0,116

**Tabla 2.** (Continuación)

2	P1	FDT C	1,0044	0,99992	34,00874	35,7631	0,75444	34,04045	0,03171			-0,013028	61,9542	
		FDT P	1,0026	1,00364	122,0116	123,6779	0,66266			6,7	0,0682			
	F3	FDT C	1,0084	0,99122	38,55562	40,1586	0,61177	38,58113	0,02551				52,2651	
		FDT P	1,0073	0,99024	23,90881	25,5631	0,66405			9,7	0,0987			
	A+F1	FDT C	1,0025	0,99897	36,00404	37,8805	0,87749	36,03734	0,03330				70,2303	
		FDT P	1,0041	0,99542	22,95290	24,6081	0,65978			4,3	0,0437			
	BLANCO	FDT C		0,99234	33,07349	34,0341	-0,03173	33,05662	-0,01687					
		FDT P		0,99766	23,75103	24,7369	-0,01179			0,8	0,0081			
	P1	FDI C	1,0048	1,00725	41,16251	42,8568	0,68704	41,19797	0,03546			-0,03015	59,1818	
		FDI P	1,0094	0,99401	50,12182	51,7698	0,65397			6,8	0,0692			
	F3	FDI C	1,0059	0,98447	33,90209	35,4680	0,58144	33,96268	0,06059				45,5612	
		FDI P	1,0049	0,99764	47,13245	48,72302	0,59293			9,7	0,0987			
	A+F1	FDI C	1,0040	0,98328	32,58384	34,1235	0,55638	32,59191	0,00807				64,1629	
		FDI P	1,0031	0,98915	51,35950	53,0970	0,74831			3,0	0,0305			
BLANCO	FDI C		0,98330	34,82838	35,7953	-0,01638	34,82822	-0,00016						
	FDI P		1,00359	50,06840	51,0542	-0,01779			1,3	0,0132				

**Tabla 2.** (Continuación)

3	F1	FDT C	1,00430	1,02061	33,89975	35,52930	0,60894	33,93724	0,03749			-0,028113	54,1550	
		FDT P	1,00200	1,00450	47,68193	49,36790	0,68147			9,1	0,0926			
	F2	FDT C	1,00940	1,00910	34,82715	36,48860	0,65235	34,86144	0,03429				52,0784	
		FDT P	1,00740	1,01580	51,78970	53,40300	0,59750			9,2	0,0936			
	A+F2	FDT C	1,00920	1,01770	34,05535	35,79930	0,72625	34,06666	0,01131				70,3234	
		FDT P	1,00210	1,01840	51,29499	53,05340	0,74001			4,2	0,0427			
	BLANCO	FDT C		1,02730	38,65674	39,66680	-0,01724	38,66006	0,00332					
		FDT P		1,03170	50,94017	51,95580	-0,01607			0,8	0,0081			
	F1	FDI C	1,00090	1,02100	33,57518	35,13424	0,53806	33,59884	0,02366			-0,032698	47,1254	
		FDI P	1,00350	1,02630	51,36265	52,95440	0,56545			8,7	0,0885			
	F2	FDI C	1,00250	1,01130	41,16154	42,75023	0,57739	41,18715	0,02561				45,6361	
		FDI P	1,00950	1,01290	50,07327	51,57760	0,49143			8,1	0,0824			
	A+F2	FDI C	1,00620	1,00360	34,00658	35,73499	0,72481	34,05671	0,05013				65,7316	
		FDI P	1,00530	1,00560	53,60260	55,33200	0,72380			4,5	0,0458			
BLANCO	FDI C		1,02720	36,00012	37,00590	-0,02142	36,00547	0,00535						
	FDI P		1,01990	46,11200	47,11490	-0,01700			0,8	0,0081				

**Tabla 3. Humedad**

Identificación de la muestra		Peso cápsula	Peso muestra	Peso final cápsula + muestra deshidratada	Humedad
		(g)	(g)	(g)	(g/100g)
Albedo +restos de flavedo	1	23,53	1,00	24,45	8,14
	2	23,93	1,00	24,85	8,14
	3	127,01	1,00	127,93	8,23
Flavedo	1	31,01	1,00	31,91	9,48
	2	23,03	1,00	23,93	9,29
	3	74,62	1,00	75,53	9,03
Pulpa agotada	1	86,5	1,00	87,44	7,21
	2	27,87	1,00	28,81	6,62
	3	48,05	1,00	48,99	7,05

## ANEXO C

### C1. CÁLCULO DEL CONTENIDO DE FIBRA DIETARIA TOTAL INSOLUBLE Y SOLUBLE Ejemplo en la muestra de pulpa agotada (repetición 3)

#### Cálculo del residuo ceniza (R1)

##### Datos:

peso papel + peso crisol + residuo = 23,55083g

peso crisol vacío = 21,77316g

peso papel filtro = 0,99390g

peso residuo R1 = ((peso papel + peso crisol + residuo) – peso crisol vacío – peso papel filtro)

peso residuo R1 = ((23,55083g) – 21,77316g – 0,99390g)

peso residuo R1 = 0,78377g

#### Cálculo del residuo proteína (R2)

##### Datos:

peso papel + peso crisol + residuo = 24,42050g

peso crisol vacío = 22,66104g

peso papel filtro = 1,01640g

peso residuo R2 = ((peso papel + peso crisol + residuo) – peso crisol vacío – peso papel filtro)

peso residuo R2 = (( 24,42050g) – 22,66104g – 1,01640g)

peso residuo R2 = 0,74306 g

#### Cálculo de cenizas A

##### Datos:

peso papel + peso crisol + peso muestra incinerada = 21,86474g

peso crisol vacío = 21,77316g

A = (peso papel + peso crisol + peso muestra incinerada) – peso crisol vacío)

A = ( 21,86474g – 21,77316g)

A = 0,09158g

## Cálculo de proteína P

### Datos:

$$V_{HCl} = 6,2\text{mL}$$

$$N_{HCl} = 0,116$$

$$\text{miliequivalente CaCO}_3 = 0,014$$

$$\text{peso muestra} = 0,74306\text{g}$$

$$\text{factor} = 6,25$$

$$P = \frac{V(HCl) * N(HCl) * 0,014}{\text{peso muestra}} * 6,25$$

$$P = \frac{6,2\text{mL} * 0,116 * 0,014}{0,74306\text{g}} * 6,25$$

$$P = 0,0848\text{g}$$

$$0,0848\text{g} \quad \rightarrow \quad 1\text{g residuo muestra}$$

$$R2 \quad \rightarrow \quad 0,74306\text{g}$$

$$R2 = 0,06307\text{g}$$

## C2. Cálculo del blanco (B)

### Datos:

$$BR1 \text{ peso muestra R1 cenizas blanco} = -0,00966\text{g}$$

$$BR2 \text{ peso muestra R2 proteína blanco} = -0,00564\text{g}$$

$$Bp \text{ proteína} = 0,00814\text{g}$$

$$BA \text{ ceniza} = -0,00120\text{g}$$

$$B = \frac{BR1+BR2}{2} - Bp - BA$$

$$B = \frac{(-0,00966)+(-0,00564)}{2} - 0,00814\text{g} - 0,00120\text{g}$$

$$B = -0,01459\text{g}$$

### C3. Cálculo de fibra dietaria total

#### Datos:

$$R1 = 0,78377g$$

$$R2 = 0,74306g$$

$$p = 0,06307g$$

$$A = 0,09158g$$

$$B = -0.01459g$$

$$m1 \text{ peso muestra inicial ceniza} = 1,0014g$$

$$m2 \text{ peso muestra inicial proteína} = 1,0050g$$

$$FDT = \frac{\frac{R1 + R2}{2} - p - A - B}{\frac{m1 + m2}{2}} \times 100$$

$$FDT = \frac{\frac{0,78377 + 0,74306}{2} - 0,06307 - 0,09158 - 0,01459}{\frac{1,0014 + 1,0050}{2}} \times 100$$

$$FDT = 62,13666g/100g$$

### C4. Fibra dietaria insoluble

#### Cálculo Blanco (B)

#### Datos:

$$BR1 \text{ peso muestra R1 ceniza blanco} = -0,00329g$$

$$BR2 \text{ peso muestra R2 proteína blanco} = -0,00573g$$

$$Bp \text{ proteína} = 0,00814g$$

$$BA \text{ ceniza} = -0,00046g$$

$$B = \frac{BR1+BR2}{2} - Bp - BA$$

$$B = \frac{(-0,00329)+(-0,00573)}{2} - 0,00814 - (-0,00046)$$

$$B = -0,01219g$$

### **Cálculo de fibra dietaria insoluble**

#### **Datos:**

$$R1 = 0,74808g$$

$$R2 = 0,73211g$$

$$p = 0,06104g$$

$$A = 0,07853g$$

$$B = -0,01219g$$

$$m1 = 1,0067g$$

$$m2 = 1,0064g$$

$$FDI = \frac{\frac{R1 + R2}{2} - p - A - B}{\frac{m1 + m2}{2}} \times 100$$

$$FDI = \frac{\frac{0,74808 + 0,73211}{2} - 0,06104 - 0,07853 - 0,01219}{\frac{1,0067 + 1,0064}{2}} \times 100$$

$$FDI = 60,87079g/100g$$

### **C5. Cálculo de fibra dietaria soluble**

#### **Datos:**

$$FDT = 62,13666g/100g$$

$$DTI = 60,87079g/100g$$

$$FDS = FDT - DTI$$

$$FDS = 62,13666g/100g - 60,87079g/100g$$

$$FDS = 1,26587g/100g$$

## C6. Resultados

**Tabla 4.** Resultados de fibra dietaria total insoluble y soluble

Identificación de la muestra		FDT (g/100g)	FDI (g/100g)	FDS (g/100g)
Albedo + restos de flavedo	1	70,23	64,16	6,06
	2	70,32	65,73	4,59
	3	68,73	64,08	4,65
Flavedo	1	54,15	47,12	7,02
	2	52,07	45,63	6,44
	3	52,26	45,56	6,70
Pulpa agotada	1	61,95	59,18	2,77
	2	62,78	59,25	3,52
	3	62,13	60,87	1,26

**Tabla 5.** Resultados de fibra dietaria total insoluble y soluble expresados en base seca

Identificación de la muestra		FDT (g/100g)	FDI (g/100g)	FDS (g/100g)	Humedad (g/100g)
Albedo + restos de flavedo	1	76,46	69,85	6,60	8,14
	2	76,55	71,55	4,99	8,14
	3	74,90	69,83	5,07	8,23
Flavedo	1	59,83	52,06	7,76	9,48
	2	57,41	50,31	7,10	9,29
	3	57,45	50,08	7,36	9,03
Pulpa agotada	1	66,76	63,78	2,98	7,21
	2	67,24	63,46	3,77	6,62
	3	66,85	65,49	1,35	7,05

## ANEXO D ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### ANOVA unidireccional: FDT vs. Muestra

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Muestra	2	472,110	236,055	249,46	0,000
Error	6	5,677	0,946		
Total	8	477,788			

S = 0,9728    R-cuad. = 98,81%    R-cuad.(ajustado) = 98,42%

ICs de 95% individuales para la media  
basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.	
A+F	3	75,975	0,927	(---)
F	3	58,235	1,384	(---)
P	3	66,956	0,254	(---)

-----+-----+-----+-----+-----  
60,0      66,0      72,0      78,0

Desv.Est. agrupada = 0,973

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Muestra	N	Media	Agrupación
A+F	3	75,975	A
P	3	66,956	B
F	3	58,235	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Muestra

Nivel de confianza individual = 97,80%

Muestra = A+F restado de:

Muestra	Inferior	Centro	Superior	
F	-20,178	-17,740	-15,303	(---)
P	-11,456	-9,019	-6,581	(---)

-----+-----+-----+-----+-----  
-16,0      -8,0      0,0      8,0

Muestra = F restado de:

Muestra	Inferior	Centro	Superior	
P	6,284	8,721	11,159	(---)

-----+-----+-----+-----+-----  
-16,0      -8,0      0,0      8,0



## ANOVA unidireccional: FDS vs. Muestra

Fuente	GL	SC	CM	F	P
Muestra	2	31,908	15,954	18,90	0,003
Error	6	5,064	0,844		
Total	8	36,972			

S = 0,9187    R-cuad. = 86,30%    R-cuad.(ajustado) = 81,74%

ICs de 95% individuales para la media basados en Desv.Est. agrupada

Nivel	N	Media	Desv.Est.
A+F	3	5,5592	0,9071
F	3	7,2738	0,4334
P	3	2,7085	1,2334

Desv.Est. agrupada = 0,9187

Agrupar información utilizando el método de Tukey

Muestra	N	Media	Agrupación
F	3	7,2738	A
A+F	3	5,5592	A
P	3	2,7085	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Intervalos de confianza simultáneos de Tukey del 95%  
Todas las comparaciones de dos a dos entre los niveles de Muestra

Nivel de confianza individual = 97,80%

Muestra = A+F restado de:

Muestra	Inferior	Centro	Superior
F	-0,5873	1,7147	4,0166
P	-5,1526	-2,8506	-0,5487

Muestra = F restado de:

Muestra	Inferior	Centro	Superior
P	-6,8673	-4,5653	-2,2634

