

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE FARMACIA

Departamento de Nutrición y Bromatología II. Bromatología.



TRABAJO DE FIN DE GRADO DE FARMACIA

**NUTRIENTES Y COMPUESTOS BIACTIVOS DEL TRIGO: FIBRA Y
POLIFENOLES**

Irene Sánchez Gavilán

Tutora:

Dra. Virginia Fernández Ruiz

Madrid, Febrero 2016

ÍNDICE	2
RESUMEN	3
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Importancia del trigo en la alimentación humana	4
2. OBJETIVOS	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS	
3.1. Estudiar las implicaciones de la ingesta de fibra y los polifenoles en la salud.....	7
3.2. Analizar y cuantificar el contenido de fibra y polifenoles en diferentes fracciones de harinas de trigo de muestras experimentales	7
3.3. Determinación de humedad	8
3.4. Determinación de fibra soluble e insoluble	8
3.5. Determinación de polifenoles totales	9
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. Implicaciones de la ingesta de fibra y polifenoles en la salud.....	10
4.2. Análisis y cuantificación del contenido de fibra y polifenoles en diferentes fracciones de harinas de trigo de muestras experimentales.....	13
5. CONCLUSIONES	17
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo la investigación bibliográfica de aquellos aspectos más relevantes que justifiquen la importancia de la fibra y los polifenoles en la alimentación haciendo especial hincapié en su relación con la salud y así como el análisis y la cuantificación del contenido de fibra y polifenoles en 12 fracciones de harina de trigo de 4 variedades de muestras experimentales procedentes de planes de mejora genética con el fin de evaluar las diferencias entre ellas.

Se ha abordado el análisis y la cuantificación la fibra total, fibra soluble y fibra insoluble en las distintas fracciones de trigo (harina integral, harina blanca y salvado/sémola) siguiendo un método enzimático-gravimétrico previamente optimizado considerando la naturaleza de las muestras analizadas; mientras que el contenido de compuestos fenólicos totales en las harinas de trigo se ha determinado utilizando el ensayo Folin-Ciocalteu.

Todos las fracciones de harina estudiadas, pueden ser considerados como muy buenas fuentes de fibra (principalmente insoluble) en la dieta ya que poseen más de 3g de fibra/100g de harina; las fracciones salvado/semolina y harina integral superan los 6g/100g de fibra pudiendo éstos últimos ser designados con la declaración como “alto contenido de fibra”, según la normativa vigente (Reglamento 1924/2006). La fracción de salvado/semolina aporta más del 100% de las IDR de fibra recomendada, en ambas variedades, la fracción de harina integral cubre más del 50% y la harina blanca más del 15% del ingesta diaria recomendado, con una relación fibra insoluble/soluble de 75/25. El contenido de compuestos fenólicos totales en la fracción de harina integral y salvado/semolina han superado los 90 mg/100g, tanto en trigo duro como en trigo blando.

Las fracciones de harinas de trigo analizadas son, por tanto, muy buenas fuentes de compuestos nutritivos y bioactivos con importantes efectos biológicos positivos para el organismo del ser humano, bien sea consumidos en su forma tradicional de harina y/o sus derivados o como ingredientes adicionados en otros alimentos funcionales o complementos alimenticios.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del trigo en la nutrición humana

Según el Código Alimentario Español (2003) se conoce bajo la denominación de cereal a las plantas gramíneas y a sus frutos maduros, enteros, sanos y secos. Los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas (Poaceae), que se caracterizan porque la semilla y el fruto forman prácticamente la misma estructura: el grano. Suelen ser plantas anuales, con raíces numerosas, fasciculadas y poco profundas, tallos cilíndricos, por lo común huecos y nudosos, hojas lineales, flores hermafroditas, e inflorescencia en espiga o en panícula.

Los trigos comerciales actuales pertenecen a las especies *Triticum turgidum* var. durum (tetraploide, $2n=28$, genoma AABB), trigo duro o trigo semolero, cuyo principal producto comercial es la pasta y sus derivados, y *T. aestivum* (hexaploide, $2n=42$, genoma AABBDD), trigo panadero, trigo harinero o trigo blando, por contraposición a los otros tipos de trigos, pero que puede llevar a confusión al traducir nombres comerciales internacionales, ya que dentro de esta especie se comercializan trigos “hard” (duros) y “soft” (blandos) (Andreu, 2011).

La harina de trigo es el producto preparado a partir de granos de trigo blando, *Triticum aestivum* o trigo duro *Triticum durum*, o mezclas de los mismos, por trituración o molienda en los que una parte del salvado y el germen se separa y el resto se muele hasta darle un grado adecuado de finura (Baugulho 2008; FAO, 2015; Osella y col., 2006; Sramkova y col., 2009). Según el proceso de extracción, diferenciamos la harina integral, si el proceso de extracción es del 100% (incluyendo pericarpio, capa de aleurona y, en algunos cereales, otras capas adheridas al pericarpio), la harina de extracción inferior que incorpora salvado y germen, y la harina blanca (Bender, 1994).

El trigo ha constituido desde el principio de los tiempos la base de la alimentación de la sociedad occidental que constituye hoy en día el 80% de la población mundial. En los países donde el consumo de trigo está muy extendido, los productos derivados de este cereal proveen aproximadamente una quinta parte del total de calorías de la dieta. Si se analizan distintas guías alimentarias (pirámides alimentarias) se puede observar que la base está compuesta por alimentos ricos en hidratos de carbono complejos, como es el caso de los productos elaborados a base de la harina de trigo. Los hábitos alimentarios que hoy constituyen la denominada dieta mediterránea, se basan en la “trilogía mediterránea”, formada por el trigo, el olivo y la vid (Carbajal y col., 2001).

El trigo es una buena fuente de nutrientes y compuestos bioactivos destaca entre los nutrientes el alto contenido de hidratos de carbono además, aporta fibra, vitaminas y sales

minerales (Hernández y col., 2010; Giardini&Baldoni, 2000). Los compuestos bioactivos suelen definirse como componentes de los alimentos que influyen en la actividad celular y en sus mecanismos biológicos con efectos beneficiosos para la salud (Biesalsky y col., 2009). En este sentido, el trigo contiene una gran variedad de compuestos bioactivos que pueden contribuir a su capacidad antioxidante (Yu y col., 2002; Yu y col., 2005). Entre los distintos componentes bioactivos presentes en el trigo como son los compuestos fenólicos y carotenoides entre otros.

Cuando se refina el grano, la mayor parte del salvado y parte del germen se elimina, lo que resulta en la pérdida de fibra, vitaminas del complejo B, vitamina E, minerales, grasas insaturadas, y alrededor del 75% de los fitoquímicos o sustancias bioactivas (Jimoh y col., 2009; Marchena y col., 2011).

En la cuadro 1 se muestra la composición centesimal de dos harinas de tipo 405 y 1700 (correspondientes a distinto grado de extracción) así como de distintas fracciones de trigo germen, salvado y sémola (Souci y col., 2008). Comprobamos que la harina de mayor grado de extracción tiene un mayor contenido de cenizas así como hidratos de carbono y fibra. Destaca el salvado por su alto contenido de fibra, el germen por sus altos valores de proteínas y la sémola como producto con valores intermedios entre ambas fracciones.

COMPOSICIÓN	HARINA 405 (g)	HARINA 1700 (g)	GERMEN (g)	SALVADO (g)	SÉMOLA (g)
AGUA	13	12,6	11,7	11,5	13,1
PROTEÍNAS (*5,8)	10,6	12,1	28,7	16,0	10,3
GRASAS	0,89	2,10	9,20	4,65	0,79
CARBOHIDRATOS	71,8	60,9	30,6	17,7	69
FIBRA TOTAL	4,00	11,7	17,7	45,1	7,12
CENIZAS	0,35	1,49	4,20	6,15	0,47

Cuadro 1. Composición centesimal de distintas fracciones de trigo (Souci y col., 2008)

Los datos más recientes de la FAO en cuanto a la producción mundial de trigo de 2011 se cifra en 674 millones de toneladas, de los cuales el 70% está destinado al **consumo humano directo**, esto se traduce en un consumo mundial de 67,5 kilogramos por persona. Los países con mayor producción y consumo de este cereal son la Unión Europea, China y la India entre otros. Según FAOSTAT (2014), la producción de trigo en España se ha incrementado en la última década alcanzando las 6877 toneladas en 2014 (Edel y col., 2007).

2. OBJETIVOS

Teniendo en cuenta que la fibra es un nutriente esencial en las harinas de trigo, pilar básico de la dieta Mediterránea, y los polifenoles son compuestos bioactivos de gran interés por sus propiedades biológicas, principalmente actividad antioxidante.

El objetivo del presente estudio es la recopilación mediante revisión bibliográfica de aquellos aspectos más relevantes que justifiquen la importancia de la fibra y los polifenoles en la alimentación haciendo especial hincapié en su relación con la salud así como la cuantificación del contenido de fibra y polifenoles en diferentes fracciones de trigo de muestras experimentales procedentes de planes de mejora genética con el fin de evaluar las diferencias entre ellas.

Para ello se abordaron los siguientes objetivos parciales:

1. Estudiar las implicaciones de la fibra y los polifenoles en la salud y los beneficios que conlleva la ingesta de estos compuestos.
2. Analizar y cuantificar el contenido de fibra y polifenoles en diferentes fracciones de trigo de muestras experimentales.

Este trabajo forma parte del Proyecto Nacional de Investigación (2013-2015) "Mejora Genética en Trigo Blando y Trigo Duro: Calidad Funcional, Calidad Nutricional y Compuestos bioactivos".

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Estudiar las implicaciones de la ingesta de fibra y los polifenoles en la salud.

En el presente trabajo se han realizado diferentes búsquedas bibliográficas, consultándose distintas bases de datos científicas con el fin de obtener la más amplia información acerca del tema de estudio.

Las bases de datos utilizadas han sido principalmente Bucea (Biblioteca Complutense; <http://biblioteca.ucm.es>); PubMed – NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>); Web Of Knowledge (WOK; <https://www.accesowok.fecyt.es>). Para una búsqueda más efectiva se emplearon "palabras clave" relacionadas con el tema de estudio, como son: "fiber", "polyphenols", "fiber and health", "polyphenols and health", entre otros.

Una vez consultada toda la bibliografía relacionada con el tema de estudio, se organizó en función de su contenido con el fin de cubrir los objetivos planteados para este trabajo.

3.2 Analizar y cuantificar el contenido de fibra y polifenoles en diferentes fracciones de harinas de trigo de muestras experimentales.

En este trabajo se estudian un total de 12 muestras de trigo de 4 variedades diferentes, Aldura y Endural de trigo duro y Cageme y Marius de trigo blando. De cada variedad se han analizado tres fracciones: harina blanca, harina integral y una fracción de salvado-semolina. En la tabla 1 se incluyen los códigos de las muestras de trigo blando y trigo duro analizadas en el presente estudio.

Trigo blando			Trigo duro		
Variedades	Nombre	Código	Variedades	Nombre	Código
CAGEME	Harina blanca	CHB	ALDURA	Harina blanca	AHB
	Harina integral	CHI		Harina integral	AHI
	Salvado	CSA		Salvado	ASA
MARIUS	Harina blanca	MHB	ENDURAL	Harina blanca	EHB
	Harina integral	MHI		Harina Integral	EHI
	Salvado	MSA		Salvado	ESA

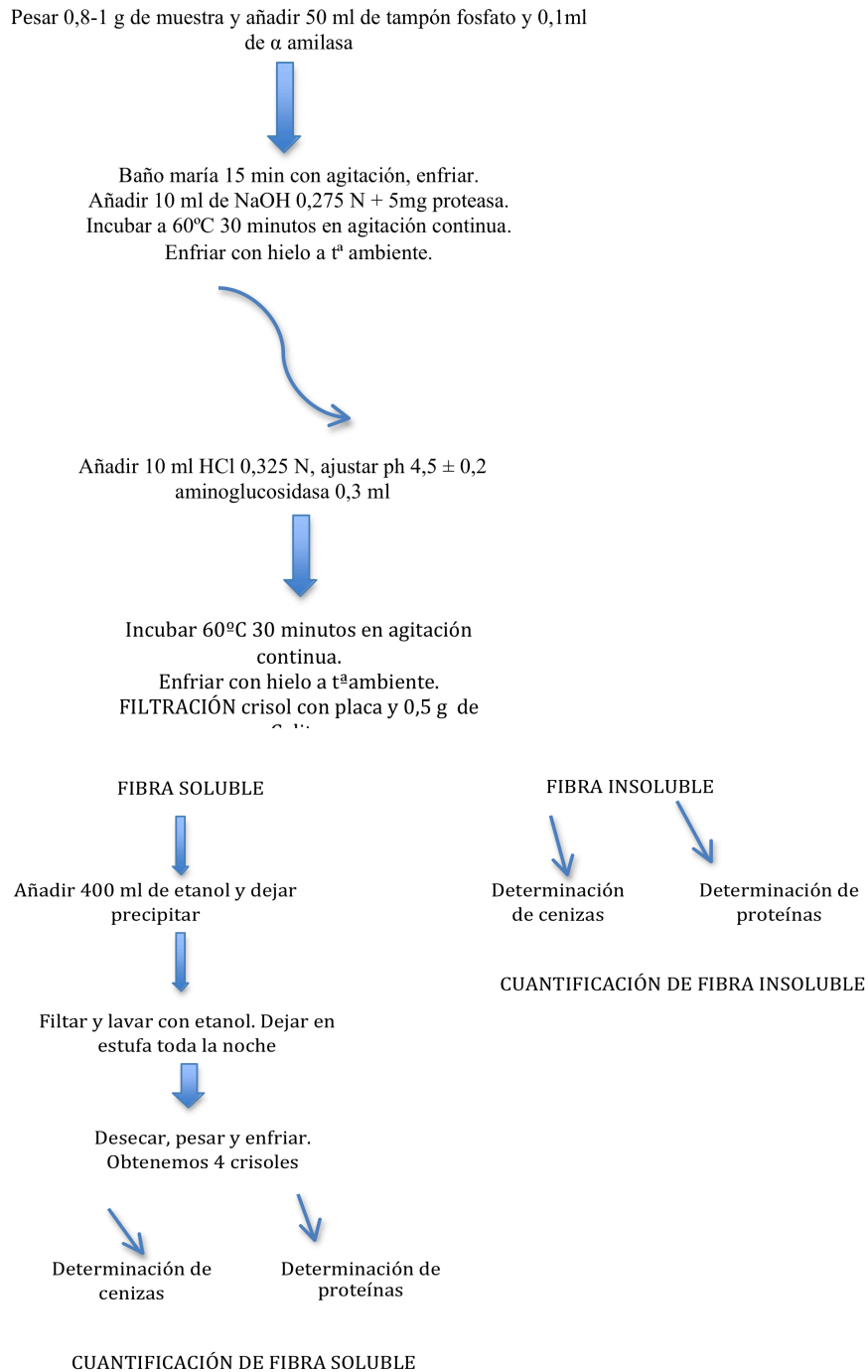
Tabla 1.- Códigos de las muestras de trigo blando y trigo duro

3.3.Determinación de humedad

Se determinó por desecación en estufa a 100°C durante 7-8 horas hasta pesada constante, según el método oficial de la AOAC 984.25 (Horwitz y Latimer, 2006).

3.4. Determinación de fibra soluble e insoluble

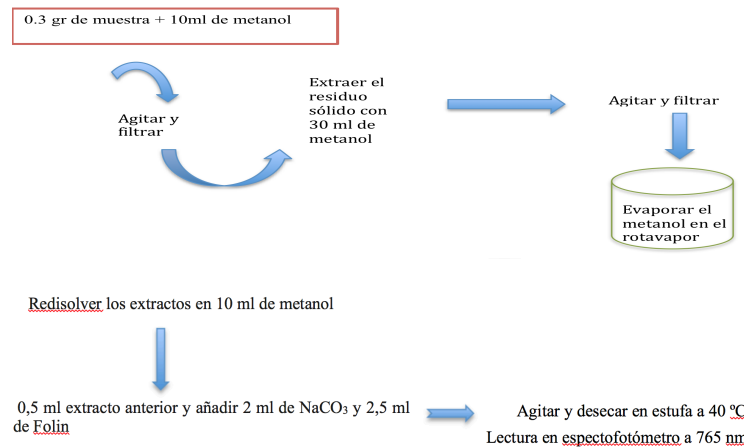
La fibra es un nutriente que se extrajo siguiendo un método enzimático-gravimétrico considerando la naturaleza de las muestras analizadas (AOAC 991.42 (1994): insoluble AOAC 993.19 (1993): soluble; Horwitz y Latimer, 2006), según se muestra en el esquema 1.



Esquema 1.- Cuantificación de fibra soluble e insoluble

3.5. Determinación de polifenoles totales

El ensayo Folin-Ciocalteu se utiliza como medida del contenido de compuestos fenólicos totales en productos vegetales y es el método utilizado en el presente trabajo para evaluar el contenido de polifenoles en las harinas de trigo (Singleton y Rossi, 1965). Se basa en la reacción entre los compuestos fenólicos con el reactivo de Folin-Ciocalteu, a pH básico, dando lugar a una coloración azul susceptible de ser determinada espectrofotométricamente a 765 nm, utilizando como patrón recomendado el ácido gálico (Andrés-Lacueva y col., 2010). Los reactivos químicos utilizados son el ácido gálico, metanol, agua destilada, reactivo de Folin-Ciocalteu (Carbonato sódico 7,5% -Fluoruro de sodio). El método consiste en extraer los fenoles de la muestra y medir la absorbancia después de producirse la reacción colorimétrica (esquema 2).



Esquema 2.- Determinación de polifenoles totales

El contenido total de polifenoles de las muestras se obtuvo al extrapolar la absorbancia obtenida en la curva patrón de ácido gálico (Figura 1).

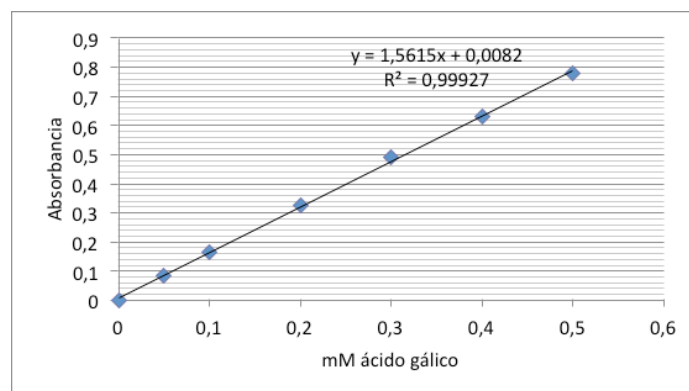


Figura 1.- Recta de calibrado de ácido gálico

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Implicaciones de la ingesta de fibra y polifenoles en la salud

La fibra alimentaria es un componente importante en la dieta que tiene diversas funciones fisiológicas en el organismo. La Asociación Americana de la Química de los Cereales (AACC, 2001) define la fibra dietética como las partes comestibles de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y a la absorción en el intestino delgado de los humanos y que son fermentados parcial o totalmente en el intestino grueso. Entre estos carbohidratos se incluyen polisacáridos no amiláceos (celulosa, hemicelulosas, pectinas, gomas y mucílagos), almidón resistente y algunos componentes no polisacáridos, entre los que destaca la lignina (Falcón y col., 2011)).

Las principales fuentes de fibra alimentaria son las leguminosas como por ejemplo las judías blancas y pintas (25,4 g/100g), los cereales con valores entre 8,5 a 14,6 g/100g (mijo y centeno, respectivamente) y en menor proporción, las frutas (plátano, 3,4 g/100g) y las verduras (espinacas, 6,3 g/100g). En el caso del trigo, la fracción predominante es la fibra insoluble que constituyen las paredes celulares, por lo que abundan en la parte externa del grano y por ello su contenido en la harina será mayor cuanto mayor sea su grado de extracción. Hay que destacar que en las harinas con mayores proporciones de salvado, puede aportar hasta un 9 - 13,5% de fibra según el grado de extracción de la harina (Sierra y col., 2010; Giménez y col., 2005). Como acciones fisiológicas beneficiosas para la salud, se le atribuyen a la fibra insoluble, el incremento del bolo fecal y el estímulo de la motilidad intestinal; la mayor necesidad de masticado, relevante en las modernas sociedades víctimas de la ingesta compulsiva y la obesidad; el aumento de la excreción de ácidos biliares y propiedades antioxidantes e hipocolesterolemiantes (Meritxell y col., 2004).

El consumo de alimentos ricos en **fibra insoluble**, como los cereales o las leguminosas ayuda a prevenir diferentes enfermedades degenerativas (De Mora y col., 2010). Asimismo, la fibra más adecuada para la mejoría del estreñimiento es la de tipo insoluble, como el salvado de trigo, porque atrapa mayor cantidad de agua e incrementa la masa fecal y disminuye el tiempo de tránsito intestinal (Lembo, 1998; Rumbo, 2002).

En particular, diferentes estudios (Gibson y Roberfroid, 1995; Shelat y col., 2010) han demostrado el efecto beneficioso del consumo de fibra (principalmente **soluble**) en la prevención de **enfermedades cardiovasculares**, debido a su capacidad de reducir el **colesterol plasmático**. Esto se debe en gran medida a la formación de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como resultado de la fermentación de la fibra soluble. Dichos AGCC bloquean la síntesis de LDL y colesterol total con el consiguiente efecto preventivo de

alteraciones cardiovasculares (aterosclerosis). Se ha demostrado que la fibra disminuye las citoquinas pro-inflamatorias como la interleuquina 18 (Espósito., 2003) y reduce los niveles de proteína C - reactiva (CRP), un marcador de inflamación y precursor circulante de enfermedad coronaria (Ma, 2006).

Asímismo, la fibra **soluble**, en particular pectinas y gomas, ejerce un efecto **hipoglucémico** al retardar el vaciamiento gástrico incrementando la sensación de plenitud y saciedad, acortando el tránsito intestinal y reduciendo la absorción de glucosa, siendo de gran utilidad en el tratamiento de patologías como la **diabetes tipo 2 y sobrepeso** (Mahan, 1998; Ruiz, 2012).

Diversos estudios han puesto de manifiesto el bajo aporte de fibra en la dieta y su relación con la aparición de ciertas enfermedades, por ello los diferentes organismos oficiales han establecido las ingestas diarias recomendadas (IDR) de fibra con el fin de prevenir dichas patologías. Las IDR de fibra están entorno a 25 – 30 g de fibra diarios (12,5 g / 1000 Kcal) con una relación fibra insoluble/soluble de 75/25, dependiendo del sexo, rango de edad y estado fisiológico de la población. De modo que el aporte medio de fibra dietética puede variar de 10 a 20 g por día en los niños (< 10 a 12 años), de 15 a 30 g/día en los adolescentes, y de 16 a 29 g/día en adultos. Esta IDR puede cumplirse mediante el consumo de alimentos que son ricos en fibra dietética, como frutas y verduras, legumbres, nueces y granos de cereales enteros; y/o el consumo de alimentos con fibra alimentaria añadida como ingrediente funcional (Trumbo y col., 2002; EFSA, 2010; Andujar y col., 2013).

En relación con los polifenoles, este grupo de sustancias comprenden más de 8000 estructuras, identificadas como productos del metabolismo secundario de las plantas, cuya síntesis comienza a partir de una molécula intermedia común, la fenilalanina o a través de un precursor, como el ácido sikímico (Osorio, 2014). Las clases principales de compuestos fenólicos son ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos y lignanos (Pandey, 2009).

Los ácidos fenólicos son los más abundantes en los alimentos, y de entre todos ellos destacan el ácido cafeico, gálico y ferúlico. Los flavonoides son los polifenoles más abundantes en la dieta humana y comparten una estructura básica común que consiste en dos anillos aromáticos unidos por tres átomos de carbono que forman un heterociclo oxigenado. Estos flavonoides se dividen en seis subclases, basándose en la variación en el tipo de heterociclo involucrados: flavonoles, flavonas, flavanonas, flavanoles, antocianinas y las isoflavonas (Sojka y col., 2009).

Generalmente, los alimentos contienen una mezcla compleja de distintos tipos de polifenoles. Algunos polifenoles son específicos de determinados alimentos (flavanonas en cítricos, isoflavonas en soja). Otros, como la quercetina, se pueden encontrar en un gran número de plantas (frutas, vegetales, cereales, té, vino, etc.) (Quiñones y col., 2012).

Los polifenoles en el grano de trigo se encuentran principalmente en las capas externas (células de aleurona, capa semilla) y se pierden durante el refinado de la harina (Shahidi y col., 1995; Anson, 2009). Uno de los compuestos fenólicos más abundante en el grano de trigo es el ácido ferúlico, con gran poder antioxidante, aunque aumenta la astringencia y la amargura de dicho cereal (Fernández Verdugo, 2014) Los efectos del ácido ferúlico abarcan desde propiedades antiinflamatorias y anticancerígenas, hasta efectos hepatoprotectores, antitrombóticos, antivirales y antienvjecimiento (Srinivasan y col., 2007). Algunos investigadores han estimado la ingesta de polifenoles totales en 1171mg ácido gálico / persona / día por el método Folin - Ciocalteu y la contribución de los cereales a la ingesta de polifenoles en la dieta se estimó alrededor de 360 mg / persona / día (Saura - Calixto y Goñi, 2006; Arranz y Saura Calixto, 2010)

El contenido de polifenoles en los vegetales está influenciado por distintos factores tales como la variedad, el tipo de cultivo así como de las características medioambientales. Además, puede influir en el contenido de los mismos los distintos métodos culinarios de preparación; así, el contenido de polifenoles de las frutas y de los vegetales pueden disminuir por el simple hecho de pelar estos alimentos, ya que estas sustancias están a menudo presentes en altas concentraciones en las partes externas de los mismos. La cocción de los alimentos puede disminuir hasta un 75% el contenido inicial de polifenoles (Quiñones y col., 2012).

Algunos estudios recientes han demostrado que el consumo de alimentos ricos en polifenoles disminuye la incidencia de enfermedades cardiovasculares, concretamente una dieta rica en polifenoles se ha asociado a un menor riesgo de infarto de miocardio. Los polifenoles son potentes inhibidores de la oxidación de LDL y este tipo de oxidación se considera que es un mecanismo clave en el desarrollo de la aterosclerosis. La aterosclerosis es una enfermedad inflamatoria crónica que se desarrolla en las regiones de la lesión propensa de las arterias de tamaño mediano (Villa-Forte y col., 2010). Otros mecanismos por los que los polifenoles pueden ser protectores contra las enfermedades cardiovasculares son, su actividad antiplaquetaria, antiinflamatoria, antioxidante, así como el aumento de HDL, y la mejora de la función endotelial (Aviram y col., 2000; García-Lafuente y col., 2009).

Además, se ha demostrado el efecto de estos compuestos en el metabolismo de los pro-**carcinógenos**, ya que modulan la expresión de enzimas del citocromo P450 implicados

en su activación, pero también se han descubierto mecanismos de acción de los polifenoles con actividad estrogénica / antiestrogénica, anti proliferación, inducción de la detención del ciclo celular o apoptosis, la prevención de la oxidación, inducción de enzimas de desintoxicación, la regulación del sistema inmune del huésped, equilibrio del sistema redox y cambios en la señalización celular (Solera y col., 2006). Estos y otros estudios in vitro e in vivo proporcionan la información científica que avala el importante papel de la ingesta de polifenoles a través de la dieta en la prevención del cáncer humano (Pandey y Rizvi, 2009; Mañach y col. 2004).

Por otro lado, los polifenoles presentan efectos **antidiabéticos** que afectan la glucemia a través de diferentes mecanismos, incluyendo la inhibición de la absorción de glucosa en el intestino o de su absorción por los tejidos periféricos (Rodrigo y Bosco, 2006).

La enfermedad de **Alzheimer** es la neurodegeneración de mayor incidencia en el mundo. En este sentido, se ha descrito que los polifenoles (altamente antioxidantes) parecen ser agentes potenciales inestimables en la neuroprotección por su capacidad para influir y modular en varios procesos celulares (Rizvi y Maurya, 2007).

Asimismo, los polifenoles en la alimentación muestran otros efectos beneficiosos como la prevención en el tratamiento del asma, la osteoporosis y para proteger la piel de daños inducidos por la luz solar entre otros (Pandey y Rizvi, 2009; Saura-Calixto y Goñi, 2006; Nolano y col; 2010).

4.2. Análisis y cuantificación del contenido de fibra y polifenoles en diferentes fracciones de harinas de trigo de muestras experimentales.

Uno de los componentes más importante en el trigo, desde el punto de vista nutricional, es la fibra. En las tablas 2 y 3 se muestra el contenido de fibra total, de fibra insoluble y de fibra soluble analizadas en las distintas fracciones de harinas de trigo blando y duro. Se puede observar que los mayores contenidos se encuentran en la fracción de salvado/semolina tanto para insoluble como para soluble con valores comprendidos entre 16,91g/100g y 36,04g/100g para fibra insoluble y 1,87g/100g y 4,24g/100g para fibra soluble.

Fracción	Código	Fibra insoluble	Fibra soluble	Fibra total
Cageme				
Harina blanca	CHB	4,966 ± 0,465	0,345 ± 0,031	5,312 ± 0,465
Salvado/semolina	CSS	35,716 ± 1,930	4,244 ± 0,432	39,960 ± 2,402
Harina integral	CHI	16,720 ± 0,251	1,422 ± 0,045	17,382 ± 1,689
Marius				
Harina blanca	MHB	4,014 ± 0,172	0,251 ± 0,026	4,265 ± 0,211
Salvado/semolina	MSS	36,042 ± 2,010	4,060 ± 0,209	40,102 ± 4,263
Harina integral	MHI	15,790 ± 0,653	0,873 ± 0,061	16,664 ± 0,754

Tabla 2.- Contenido de fibra insoluble, soluble y total en las fracciones de trigo blando (g/100g).

La variación de contenido de fibra total en la harina de trigo blando para la harina blanca esta comprendido entre 4,01g/100g (MHB) y 4,96g/100g (CHB) para fibra insoluble y 0,25g/100g (MHB) y 0,34g/100g (CHB) para la fibra soluble. En la harina de trigo integral esta variación se encuentra entre valores de 15,79g/100g (MHI) y 16,72 g/100g (CHI) en fibra insoluble, en el caso de la fibra soluble 0,87g/100(MHI) y 1,72g/100g (CHI). En salvado/semolina los valores se encontraron en un rango entre 35,71g/100g (CSS) y 36,04g/100g (MSS) en fibra insoluble y para la fibra soluble, entre 4,06g/100g (MSS) y 4,24g/100g (CSS). Podemos observar valores similares entre ambas variedades para todas las fracciones de harina así como un mayor contenido de fibra insoluble en la fracción salvado/semolina que en la fracción de harina de trigo integral, siendo la harina blanca la que presenta valores más bajos; esto se debe al proceso de refinado que ha sufrido.

En el caso de la fibra soluble, también predomina en la fracción salvado/semolina con valores singularmente altos en comparación con las fracciones harina blanca e integral y muy similares entre las dos variedades; se puede observar un contenido ligeramente superior de ambos tipos de fibra y por tanto de fibra total en la variedad Cageme.

En relación con el contenido de fibra en las distintas fracciones de trigo duro (Tabla 3) se observa una ligera disminución en contenido de fibra respecto a la analizada en trigo blando, tanto insoluble como soluble. En la harina blanca la variedad Endural presentó 3,77g/100g (EHB) para fibra insoluble frente a los 4,07g/100g que presentó Aldura (AHB). La fibra soluble en harina blanca presentó los valores más bajos a 0,78g/100g (AHB) y 1,02g/100g (EHB). En la harina de trigo integral los valores de fibra insoluble estuvieron comprendidos entre 11,23g/100g (EHI) y 11,40g/100g (AHI); para la fibra soluble se obtuvieron valores entre 0,81g/100g (AHI) y 1,76g/100g (EHI). Por último en la fracción de salvado/semolina los valores estuvieron en un rango entre 16,91g/100g (ASS) y 21,21g/100g (ESS) en fibra insoluble y 1,87g/100g (ASS) y 3,69g/100g (ESS) en la fibra soluble.

Fracción	Código	Fibra insoluble	Fibra soluble	Fibra total
Endural				
Harina blanca	EHB	3,773 ± 0,295	1,021 ± 0,008	4,582 ± 0,361
Salvado/semolina	ESS	21,324 ± 2,563	3,690 ± 0,304	25,014 ± 3,087
Harina integral	EHI	11,237 ± 0,942	2,735 ± 0,362	13,973 ± 0,942
Andural				
Harina blanca	AHB	4,072 ± 0,312	0,788 ± 0,043	4,860 ± 0,382
Salvado/semolina	ASS	16,918 ± 2,036	1,877 ± 0,051	18,796 ± 2,036
Harina integral	AHI	11,404 ± 0,910	0,812 ± 0,030	12,216 ± 1,115

Tabla 3.- Contenido de fibra insoluble, soluble y total en las fracciones de trigo duro (g/100g).

Al igual que en el trigo blando la mayor concentración de fibra está presente en la fracción de salvado/semolina después en harina de trigo integral y la menor concentración de

fibra está presente en la harina blanca. En el trigo duro, el aporte de fibra insoluble supone más del 90% al contenido de fibra total, tanto de la variedad Endural como Aldura.

El reglamento 1924/2006 establece un valor mínimo de 3 g/100g de fibra para poder declarar que un alimento sea “fuente de fibra” y de 6 g/100 g para calificarlo como con “alto contenido de fibra”. En este sentido, los valores de fibra total muestran que todas las variedades y todas las fracciones de harina de trigo analizadas superan los 3g/100g de fibra por lo que tanto estas harinas como los productos que las incorporen en su elaboración podrán declarar en su etiquetado que son alimentos fuente de fibra. Destacar que las fracciones de harina integral y de salvado/semolina de todas las variedades superan los 6 g/100g de fibra, por lo que tanto estas harinas como los productos que las incorporen en su elaboración podrán declarar en su etiquetado que son alimentos con un alto contenido de fibra.

Como hemos comentado anteriormente, las IDR de fibra están entorno a 25 – 30 g de fibra diarios (12,5 g / 1000 Kcal) con una relación fibra insoluble/soluble de 75/25 (García y col., 2000; Trumbo y col., 2002). En nuestras muestras de trigo, la fracción de salvado/semolina aporta más del 100% de fibra requerida CSS (133,2% de fibra por 100 gramos de cereal) y MSS que aporta 133,6% de fibra por 100 gramos. Esto mismo sucede en las variedades de trigo duro Endural y Aldura las cuales aportan 83,3% ESS y 62,63% ASS. En la harina integral, CHI cubre el 59,42% de fibra, y MHI 55,54%, siendo las variedades de trigo blando las que más aportan con respecto al trigo duro donde la variedad Endural aporta 46,57% EHI y 40,72% la variedad Aldura. Para la harina blanca la que mayor porcentaje de fibra cubre es CHB 16,7% por 100 gramos de cereal, sin embargo Marius es la que menos porcentaje de fibra aporta con un 14,21%, siendo igualmente trigo blando. En el trigo duro, la variedad que presenta mayor cantidad de aporte de fibra en la fracción de harina blanca es Aldura con 16,21% y por último Endural con un 15,27%.

Nuestros resultados se encuentran dentro del rango referido por otros autores (Veloz y Mariela 2011; Valenzuela y col., 2006) quienes señalan que la harina integral posee una cantidad de fibra casi 6 veces superior a la harina blanca: la harina integral contiene hasta 20 gramos de fibra/100 gramos frente a la harina blanca que solo contiene 3 g de fibra/100g. Siendo en sus fracciones el salvado el que presenta un mayor contenido de fibra 42,8g de fibra/100g.

Observamos, la existencia de una gran variabilidad entre los valores de fibra aportados por los distintos autores que puede deberse a la gran diversidad de harinas de trigo y sus fracciones (con distinto grado de extracción), la variedad del trigo utilizado, factores

climáticos, factores relacionados con la tecnología del procesado de los productos obtenidos y el método de extracción de la fibra alimentaria, fibra soluble e insoluble.

Respecto al contenido de polifenoles, diferentes estudios señalan que el contenido de polifenoles en el grano entero de las variedades de trigo duro y blando se encuentran en un rango (80.81mg/100g y 83.99mg /100g) (Gélinas & MC Kinnon, 2006). Sin embargo de acuerdo con la base de datos Phenol Explorer estos contenidos pueden ser superiores dependiendo del tipo de harina de trigo analizado, presentando un contenido de polifenoles que oscila entre niveles de 91,35 mg /100g, para la fracción de harina de salvado/semolina, 90,52 mg/100g para la fracción de harina de trigo integral, y 43,71 mg/100g para la harina de trigo refinada o harina blanca (INRA, 2015).

En la tabla 4 se muestra los contenidos de polifenoles totales analizadas en el presente estudio correspondientes a las distintas fracciones de harinas estudiadas. Se puede observar que el rango de concentraciones están comprendido entre 39,64 mg/100g EHB y 227,16mg/100g, CHI, valores en el rango referido por otros autores para la harina blanca y superiores a los indicados en la bibliografía consultada para la harina integral.

Fracción	Código	Polifenoles	Fracción	Código	Polifenoles
		Cageme			Endural
Harina blanca	CHB	53,123 ± 3,821	Harina blanca	EHB	39,635 ± 3,997
Salvado/semolina	CSS	116,660 ± 16,241	Salvado/semolina	ESS	101,01± 14,864
Harina integral	CHI	227,160 ± 2,009	Harina integral	EHI	147,80 ± 1,442
		Marius			Andural
Harina blanca	MHB	35,140 ± 3,468	Harina blanca	AHB	42,290 ± 3,159
Salvado/semolina	MSS	97,860 ± 8,812	Salvado/semolina	ASS	102,170± 5,593
Harina integral	MHI	216,010 ± 5,076	Harina integral	AHI	142,25± 5,122

Tabla 4.- Contenido de polifenoles en fracciones de trigo blando y duro (ssf;mg/100g)

La variación del contenido de polifenoles totales en trigo blando para la harina blanca esta comprendido entre 35,14mg/100g (MHB) y 53,12mg/100g (CHB) que corresponden a las variedades Cageme y Marius; en fracciones de harinas de salvado/ semolina esta variación se encuentra entre valores de 97,86 mg/100g (MHI) y 116,66 mg/100g (CHI). En las fracciones de harina integral los valores se encontraron en un rango entre 216,01mg/100g (MSS) y 227,16 mg/100g (CSS). Podemos observar que la presencia de polifenoles es mayor en la fracción de harina de trigo integral, que en la harina blanca, y que en las fracciones de harinas de salvado/ semolina. Podemos observar un mayor contenido de estos compuestos en las variedades de trigo Cageme en todas las fracciones respecto a la variedad Marius.

En el trigo duro, ambas variedades presentaron valores muy similares, en la fracción de harina blanca y salvado/semolina, 39,63mg/100g (EHB) vs 42,29mg/100g (AHB); 101,01mg/100g (ESS) vs 102,70mg/100g (ASS). Los valores más altos de polifenoles corresponden a las fracciones de harina de trigo integral comprendidos entre 142,25 mg/100g (AHI) y 147,80mg/100g (EHI).

5. CONCLUSIONES

1.- El consumo de alimentos ricos en fibra insoluble, ayuda a la mejora del tránsito intestinal mientras que la fibra soluble tiene un importante papel en la prevención de enfermedades cardiovasculares, ejerce un efecto hipoglucémico, y es de gran utilidad en el tratamiento de patologías como la diabetes tipo 2 y sobrepeso.

2.- Una dieta rica en compuestos fenólicos se relaciona con una disminución de la incidencia de enfermedades cardiovasculares, concretamente se ha asociado a un menor riesgo de infarto de miocardio. Además presentan efectos antidiabéticos, neuroprotectores, preventivos en el tratamiento del asma, del cáncer humano, la osteoporosis y en la protección de la piel.

3.- El contenido de fibra total en las harinas de trigo analizadas es superior en la fracción salvado/semolina (18 y 40 mg/100 gramos) tanto en las variedades de trigo blando y de trigo duro seguida de la harina integral 12 y 20 mg/100 gramos siendo los valores más bajos los correspondientes a la harina blanca.

4.- Todas las fracciones de todas las variedades (todas las muestras) son fuente de fibra, ya que poseen más de 3g de fibra/100g de harina sin embargo las fracciones salvado/semolina e integral de harina de trigo superan los 6g/100g de fibra y se consideran por ello, alimentos con alto contenido de fibra, de acuerdo a la legislación vigente. La fracción de salvado/semolina¹⁷ aporta más del 100% de las IDR de fibra recomendada, en ambas variedades, la fracción de harina integral cubre más del 50% y la harina blanca más del 15%, con una relación fibra insoluble/soluble de 75/25.

5.- El contenido de polifenoles en la fracción de harina integral y salvado/semolina superan los 90 mg/100g, tanto en trigo duro como en trigo blando, y la fracción de harina blanca presenta unos valores en torno a 30 mg/100g o superior. Se observa una mayor variabilidad en el contenido de compuesto fenólicos entre las variedades de trigo blando respecto a las del trigo duro, principalmente para la fracción de la harina blanca.

6.- Los resultados obtenidos pueden ser utilizados para mejorar la calidad nutricional de ciertos productos básicos como el pan, la pasta y otros productos de bollería o como ingredientes adicionados en otros alimentos funcionales o suplementos dietéticos.

7.- Es importante continuar informando y educando, a través de programas de educación nutricional, en lo que respecta a los beneficios saludables de la utilización de la harina de trigo integral, y de las fracciones de harina de trigo compuestas de salvado/semolina debido a su mejor aporte a la dieta de fibra y también de compuestos bioactivos como los polifenoles.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés-Lacueva, C., Medina-Remon, A., Llorach, R., Urpi-Sarda, M., Khan, N., Chiva-Blanch, G., & Lamuela-Raventos, R. M. (2010). Phenolic compounds: Chemistry and occurrence in fruits and vegetables. *Fruit and vegetable phytochemicals: Chemistry, nutritional value and stability*, 53-80.
- Andreu, J. P. (2011). Wheat varieties and technological change in Europe, 19th and 20th centuries: New issues in economic history. *Historia agraria: Revista de agricultura e historia rural*, (54), 71-103.
- Andújar, M. M., Moreiras-Varela, O., & Gil, F. (1983). Tablas de composición de alimentos. *Trabajo Publicado por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC*.
- Anson, N. M., Aura, A. M., Selinheimo, E., Mattila, I., Poutanen, K., van den Berg, R., ... & Haenen, G. R. (2011). Bioprocessing of wheat bran in whole wheat bread increases the bioavailability of phenolic acids in men and exerts antiinflammatory effects ex vivo. *The Journal of nutrition*, 141(1), 137-143.
- Arranz, S., & Calixto, F. S. (2010). Analysis of polyphenols in cereals may be improved performing acidic hydrolysis: A study in wheat flour and wheat bran and cereals of the diet. *Journal of Cereal Science*, 51(3), 313-318.
- Bagulho, A.S.R., (2008). Efeito das proteínas de reserva e das associadas ao amido aos lipidos nas propriedades reológicas de farinhas de trigo mole. Available at: <http://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/1872> [Accessed November, 2015]
- Bender, A., 1994. *Diccionario de Nutrición y Tecnología de los Alimentos* ACRIBIA, ed., Zaragoza.
- Biesalski, H. K., Dragsted, L. O., Elmadfa, I., Grossklaus, R., Müller, M., Schrenk, D., & Weber, P. (2009). Bioactive compounds: Definition and assessment of activity. *Nutrition*, 25(11), 1202-1205.
- Carbajal, A., & Ortega, R. (2001). La dieta mediterránea como modelo de dieta prudente y saludable. *Revista Chilena de Nutrición*, 28(2), 224-36.
- Deleuze Isasi P. (2006). Código Alimentario Español y disposiciones complementarias. 7a Edición. Editorial: Tecnos. Madrid.
- De Mora, B. R. R. C., & Conde, L. P. O. (2010). Avance de resultados sobre consumo de fibra en España y beneficios asociados a la ingesta de fibra insoluble. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*, 16(3), 147-153.
- Falcón, M. D. R., Barrón, J. M., Romero, A. L., & Domínguez, M. F. (2011). Efecto adverso en la calidad proteica de los alimentos de dietas con alto contenido de fibra dietaria. *Revista chilena de nutrición*, 38(3), 356-367.
- FAO 2015. CODEX Alimentarius. Último acceso: <http://www.codexalimentarius.org> [November, 2015].
- Esposito, K., Nappo, F., Giugliano, F., Di Palo, C., Ciotola, M., Barbieri, M., ... & Giugliano, D. (2003). Meal modulation of circulating interleukin 18 and adiponectin concentrations in healthy subjects and in patients with type 2 diabetes mellitus. *The American journal of clinical nutrition*, 78(6), 1135-1140.
- Fernández Verdugo, S. (2014). Estudio de la encapsulación y aplicación en panificación de extractos supercríticos de salvado de trigo. Biblioteca universitaria <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/6517> Consultado enero 2015.
- Gallardo, C., Jimenez, L., & Garcia-Conesa, M. T. (2006). Hydroxycinnamic acid composition and in vitro antioxidant activity of selected grain fractions. *Food Chemistry*, 99(3), 455-463.
- García-Lafuente, A., Guillamón, E., Villares, A., Rostagno, M. A., & Martínez, J. A. (2009). Flavonoids as anti-inflammatory agents: implications in cancer and cardiovascular disease. *Inflammation Research*, 58(9), 537-552.

- Gélinas, P., & McKinnon, C. M. (2006). Effect of wheat variety, farming site, and bread - baking on total phenolics. *International journal of food science & technology*, 41(3), 329-332.
- Giardini, L., & Baldoni, R. (2000). Coltivazioni erbacee Cereali e proteaginose. *Patròn Editore, Bologna*.
- Giménez, A., Vignoni, L., Tapia, O., Guinle, V., Mirábile, M., Ventreña, N., & Winter, P. (2005). Poscosecha de ciruela variedad angeleno. conservación frigorífica tradicional y en atmósfera modificada. *Rev. Fca UNCuyo*, 37(1), 75-80.
- Hernandez, A. G. D. (2010). *Tratado de Nutrición: Nutrición humana en el Estado de Salud* (Vol. 3). Ed. Médica Panamericana.
- Horwitz, W., & Latimer Jr, G. W. (2006). Official Methods of Analysis edn. *Maryland: AOAC International*.
- INRA, (2006). Phenol-Explorer: Database on polyphenol contents in foods. <http://www.phenol-explorer.eu/contents/food/70>. Último acceso: Noviembre, 2015.
- Jimoh, F., Adedapo, A., Aliero, A., & Afolayan, A. (2009). Polyphenolic and biological activities of leaves extracts of *Argemone subfusiformis* (Papaveraceae) and *Urtica urens* (Urticaceae). *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 58(4).
- Lembo, T. (1998). Fiber and its effect on colonic function in health and disease. *Current opinion in Gastroenterology*, 14(1), 1-5.
- Ma, Y., Griffith, J. A., Chasan-Taber, L., Olendzki, B. C., Jackson, E., Stanek, E. J., & Ockene, I. S. (2006). Association between dietary fiber and serum C-reactive protein. *The American journal of clinical nutrition*, 83(4), 760-766.
- Mañach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727-747.
- Marchena, L. A. U., Parra, G. A. M., Quiroz, M. A. C., Henao, D. C., Zapata, P. A., Mira, L. L., & Gómez, B. D. (2011). Efecto de los compuestos bioactivos de algunos alimentos en la salud. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11(1), 27-38.
- Meritxell, N., Ruperto, M., & Sánchez-Muniz¹, F. J. (2004). Frutos secos y riesgo cardio y cerebrovascular. Una perspectiva española. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 54(2), 137-148.
- Nolano, M., Provitera, V., Caporaso, G., Stancanelli, A., Vitale, D. F., & Santoro, L. (2010). Quantification of pilomotor nerves A new tool to evaluate autonomic involvement in diabetes. *Neurology*, 75(12), 1089-1097.
- Osella, C. A., Sanchez, H. D., Gonzalez, R. J., & de la Torre, M. A. (2006). Wheat Milling: Comparative Tests between Experimental and Commercial Mills. *Información tecnológica*, 17(3), 33.
- Rizvi, S. I., & Maurya, P. K. (2007). Markers of oxidative stress in erythrocytes during aging in humans. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1100(1), 373-382.
- Rodrigo, R., & Bosco, C. (2006). Oxidative stress and protective effects of polyphenols: comparative studies in human and rodent kidney. A review. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 142(3), 317-327.
- Ruiz, J. M. (2012). Análisis nutricional de alimentos vegetales con diferentes orígenes: Evaluación de capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales. *Nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 32(2), 8-20.
- Reglamento (CE) N° 1924/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de diciembre de 2006 relativo a las declaraciones nutricionales y de propiedades saludables en los alimentos. Diario Oficial de la Unión Europea. 30.12.2006. L 404/9-25.
- Saura-Calixto, F., & Goñi, I. (2006). Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. *Food Chemistry*, 94(3), 442-447.
- Shahidi, F., & Naczki, M. (1995). Antioxidant properties of food phenolics. *Food phenolics: Sources, chemistry, effects and applications*, 235-277.
- Shelat, K.J., Vilaplana, F., Nicholson, T.M., Wong, K.H., Gidley, M.J., Gilbert, R.G. (2010).

- Diffusion and viscosity in arabinoxylan solutions: Implications for nutrition. *Carbohydrate Polymers*, 82: 46-53.
- Sierra, M. C. 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(12), 939-944.
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Souci, S.W., Fachmann, W., Kraut, H. (2008). Food composition and nutrition tables. 7th revised and completed edition. MedPharm. Scientific Publishers. Stuttgart, Germany.
- Sójka, M., Guyot, S., Kolodziejczyk, K., Król, B., & Baron, A. (2009). Composition and properties of purified phenolics preparations obtained from an extract of industrial blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) pomace. *The journal of horticultural science & biotechnology*, 1, 100-106.
- Šramková, Z., Gregová, E., & Šturdík, E. (2009). Chemical composition and nutritional quality of wheat grain. *Acta Chimica Slovaca*, 2(1), 115-138.
- Srinivasan, M., Sudheer, A. R., Menon, V.P., (2007). Ferulic Acid: Therapeutic potential through its antioxidant property. *Journal of Biochemistry and Nutrition*, 40(2): 92– 100.
- Trumbo, P., Schlicker, S., Yates, A. A., & Poos, M. (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein and amino acids. *Journal of the American Dietetic Association*, 102(11), 1621-1630.
- USDA (United States Department of Agriculture). (2010). <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>.
- Último acceso: Octubre, 2015.
- Valenzuela, A., & Maiz, A. (2006). El rol de la fibra dietética en la nutrición enteral. *Revista chilena de nutrición*, 33, 342-311.
- Veloz, J., & Mariela, E. (2011). Evaluación del Potencial Nutritivo y Nutracéutico de Donas Elaboradas con una Mezcla de Harina de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) y Harina de Trigo (*Triticum vulgare*).
- Villa-Forte, A., & Mandell, B. F. (2011). Trastornos cardiovasculares y enfermedad reumática. *Revista Española de Cardiología*, 64(9), 809-817.
- Yu, L. L., Zhou, K., & Parry, J. W. (2005). Inhibitory effects of wheat bran extracts on human LDL oxidation and free radicals. *LWT-Food Science and Technology*, 38(5), 463-470.
- Yu, L., Haley, S., Perret, J., & Harris, M. (2002). Antioxidant properties of hard winter wheat extracts. *Food chemistry*, 78(4), 457-461.