

Universidad Nacional de Cuyo



Facultad de Ciencias Agrarias

Tesis para optar al grado de  
“Licenciado en Bromatología”

***Evaluación de la variación del contenido de polifenoles en alimentos vegetales, en función del método de conservación empleado.***

**Tesista: Almonacid, Gastón Federico.**

**Directora: Dra. Ing. Emilia Raimondo.**

Mendoza, Febrero 2016

## **RESUMEN**

Actualmente no hay lugar a dudas que la alimentación forma parte de uno de los eslabones principales para la prevención de múltiples patologías. Aunque éstas presenten una etiología multifactorial que incluye factores genéticos, clínicos y ambientales, se ha concluido que efectivamente la dieta desempeña un papel determinante en el desarrollo de diversas enfermedades. Los polifenoles y flavonoides son antioxidantes que bloquean los radicales libres en las membranas y las lipoproteínas. Purgan la sangre de radicales libres, capturándolos y evitando las reacciones en cadena que resulten perjudiciales. Es en la alimentación donde se encuentran las sustancias antioxidantes en forma de polifenoles, existe mucha información errónea entre los consumidores sobre la disponibilidad de estos nutrientes según los tratamientos que se realicen en el alimento, descartando muchas veces, aquellos productos que son los que mayores concentraciones presentan. No existen estudios locales sobre la variación del contenido de polifenoles, en alimentos vegetales, según el método tecnológico al cual es sometido el mismo, por ello se propuso el presente trabajo de investigación. El análisis propuesto, se basa en la extracción de los polifenoles presentes en distintas matrices alimentarias mediante la técnica Folin-Ciocalteu y posteriormente la medición de la absorbancia correspondiente en un espectro de absorción Ultravioleta. Los datos obtenidos, fueron comparados estadísticamente, para determinar si presentan o no relevancia analítica. En el tomate que se encuentra en conserva se observó que el tomate con piel presentó un contenido superior respecto al fresco variando de 7,3 g/kg (fresco) a 8,1 g/kg (conserva con piel). Cuando el tomate es deshidratado, el contenido de polifenoles se ve incrementado a 28 g/kg. Se pudo cuantificar el contenido de polifenoles en vegetales en fresco resultando el de mayor aporte el tomate (7,3 g/kg), seguido del pepino (3,1 g/kg), y el pimiento y la berenjena (1,4 g/kg), siendo el de menor contenido el espárrago (1,2 g/kg). El mismo estudio en legumbres, arrojó que el poroto colorado tiene el mayor aporte de todos (12,2 g/kg), luego el poroto negro de 1,5 g/kg, siendo despreciable el del garbanzo con 0,10 g/kg.

**Palabras Clave:** Polifenoles. Tomate. Pepino. Espárrago. Pimiento. Métodos de conservación.

## ÍNDICE

<b>TEMA</b>	<b>Pág.</b>
<b>I - MARCO TEORICO</b>	<b>05</b>
1- LOS ANTIOXIDANTES	05
1.1 Historia de los Antioxidantes	05
1.2 Definición de Antioxidante	05
1.3 Clasificación de los Antioxidantes	06
1.4 Antioxidantes Dietarios	07
1.5 Antioxidantes en granos de cereales	07
1.6 Antioxidantes y salud.	08
2 POLIFENOLES	10
2.1 Características químicas de los polifenoles	10
2.2 Mecanismos de acción de los polifenoles	11
2.3 Compuestos fenólicos en la dieta.	12
2.4 Biodisponibilidad de polifenoles en la dieta	13
2.5 Polifenoles incoloros o taninos	13
3 CONTENIDO DE POLIFENOLES EN ALIMENTOS FRESCOS	14
<b>II- METODOLOGIA</b>	<b>20</b>
1 Objetivo General	20
2 Objetivos Específicos	20
3 Hipótesis	20
<b>III- MATERIAL Y MÉTODO</b>	<b>21</b>
1 Obtención de muestras	21
2 Procesos tecnológicos aplicados	22
2.1 Tomate	22
2.2- Espárrago. Pepino. Berenjena. Pimiento morrón	23
3 Análisis	25
3.1 Composición centesimal	25
3.2 Determinación de polifenoles	25
3.2.1 Acondicionamiento de las muestras	25
3.2.2 Secado en estufa	28
3.2.3 Obtención de polvo fino	29
3.2.4 Pesado	29
3.2.5 Extracción de polifenoles	30
<b>IV RESULTADOS</b>	<b>35</b>
1 Composición centesimal de las materias primas empleadas	35
2 Composición centesimal de productos obtenidos	36

3	Contenido de polifenoles de materias primas y productos elaborados	38
3.1	Tomate	40
3.2	Berenjena	41
3.3	Esparrago	41
3.4	Pepino	42
3.5	Pimiento	42
3.6	Comparación del contenido de polifenoles de todos los vegetales estudiados	43
3.7	Poroto colorado y pasta de poroto colorado	44
3.8	Poroto negro y pasta de poroto negro	44
3.9	Garbanzo	45
3.10	Comparación del contenido de todas las legumbres estudiadas	46
<b>V</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	47
<b>VI</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	48
<b>VII</b>	<b>ANEXOS</b>	53

## **I- MARCO TEORICO**

### **1-LOS ANTIOXIDANTES**

#### **1.1-) Historia de los antioxidantes.**

Desde hace algún tiempo, se plantea la posibilidad de que la dieta podría tener importancia en la prevalencia de algunas afecciones cardiovasculares y algunos tipos de cánceres que son las dos enfermedades con mayor tasa de mortalidad en el mundo. Actualmente no hay lugar a dudas que la alimentación forma parte de uno de los eslabones principales para la prevención de múltiples patologías. Aunque éstas presenten una etiología multifactorial que incluye factores genéticos, clínicos y ambientales, se ha concluido que efectivamente la dieta desempeña un papel fundamental en el desarrollo de diversas enfermedades además de las mencionadas (Sohal y Weindrush, 1996).

La *American Heart Association, Institute of Medicine*, sostiene que el modelo mediterráneo de alimentación fue clave para determinar la capacidad antioxidante de los diversos alimentos que componen esta dieta y que mediante estudios clínicos y epidemiológicos posteriores permitieron afirmar esta hipótesis.

La evidencia actual demuestra que patologías como la aterosclerosis y el cáncer, primeras causas de muerte en países desarrollados, están asociadas a estrés o daño oxidativo. Lo mismo ocurre con las complicaciones de otras condiciones patológicas como artritis, diabetes, neuropatías y demencias, como es el caso de la enfermedad de Alzheimer, así como también el proceso biológico del envejecimiento, que se acelera en función de la magnitud del estrés oxidativo al que están sometidos organismos de muy diferentes especies. Es por ello, que hoy es una recomendación de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos y la Asociación de Cardiología de los Estados Unidos, el consumo diario de, al menos, cinco raciones de frutas y verduras o productos directamente derivados como el té, el vino y el aceite de oliva (Sohal, y Weindrush, 1996).

#### **1.2-) Definición de antioxidante:**

Los antioxidantes, actúan en el cuerpo, reaccionando con los radicales libres originados en diversas reacciones químicas en cadena con causas múltiples. Se los considera como defensa fisiológica ante estas sustancias. Literalmente se los define como: "Cualquier sustancia que, estando en concentración mucho más baja que la de un sustrato, que puede ser oxidado por un radical libre, previene o demora la oxidación de dicho sustrato". Se denomina sustrato a cualquier

molécula intra o extracelular que al oxidarse puede perder su significancia biológica (López y col., 2004).

Para que una sustancia sea considerada antioxidante debe reunir ciertas características. Las más importantes son:

- a) **Deben ser químicamente apropiadas para reaccionar con un radical libre:** hay muchos radicales libres y no existe una sola molécula que reaccione con todos los tipos de radicales libres con la misma rapidez.
- b) **Localización próxima al sitio de generación o reacción de radicales libres:** un ejemplo de esto es el caso de la vitamina E, que es una sustancia liposoluble. Cuando un radical libre se genera en el dominio celular liposoluble, la vitamina E resulta un antioxidante efectivo. Contrario sería el caso, si el radical libre se generara en la parte hidrófila de la célula, ya que la vitamina en cuestión, no podría actuar.
- c) **Concentración suficiente de la sustancia antioxidante para contrarrestar la acción de los radicales libres:** si los radicales libres superan a las defensas antioxidantes, se produce el daño celular.

### 1.3-) Clasificación de los antioxidantes

➤ Según su origen:

- **Sistemas enzimáticos:** enzimas como glutatión peroxidasa, superóxido dismutasa (SOD) y catalasa.
- **Moléculas endógenas de bajo peso molecular:** glutatión, ubiquinol y ácido úrico.
- **Sustancias de origen exógeno (dietético):** son las vitaminas C y E, carotenoides y algunos polifenoles. Este tipo de antioxidantes, son los que se recomienda consumir en los alimentos.

➤ Según el mecanismo de acción:

- **Primarios (o preventivos):** son los que actúan reduciendo o evitando la formación de radicales libres. Ej.: proteínas como la transferrina y lactoferrina, que actúan como quelantes del hierro.
- **Secundarios:** aquellos que neutralizan la acción de los radicales libres evitando su propagación en cadena o eliminando los productos nocivos formados a partir de ellos. Ej.: enzimas como superóxido dismutasa (SOD), glutatión peroxidasa, compuestos fenólicos y la vitamina C y E.

- **Terciarios:** reparan el daño causado a las moléculas biológicas o lo eliminan. Este nivel es muy importante en las lesiones que pueden producirse en el ADN, tales como mutaciones, supresión de genes, oxidación de las bases nitrogenadas, e interrupciones en la cadena.

Como se puede observar, el organismo humano cuenta con enzimas antioxidantes, pero es de vital importancia que además incorpore sustancias antioxidantes, que deben ser consumidas a través de los alimentos (Williamson Manach. 2005).

#### **1.4-) Antioxidantes Dietarios**

El Consejo de Nutrición del Instituto de Medicina de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos (Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Sciences, USA) en 1998 propuso una definición de antioxidante dietario para explicar las propiedades biológicas de estos compuestos.

**“Un antioxidante dietario es una sustancia presente en los alimentos, que disminuye significativamente los efectos adversos de las especies reactivas de oxígeno, especies reactivas de nitrógeno o ambas, sobre las funciones fisiológicas normales en humanos.”**

#### **1.5) Antioxidantes en granos de cereales.**

Todos los granos de cereales son buena fuente de componentes fenólicos los cuales incluyen derivados de los ácidos benzoicos y cinámicos, antocianinas, quininas, flavonoides, flavononas y compuestos amino fenólicos. (Bellido, 2009; Hosseinian y col., 2008; Jang Xu, 2009; Lloyd y col., 2000; Shahidi y Naczk, 1995; Thompson, 1994).

Además, los granos contienen tocotrienos y tocoferoles (Thompson, 1994). Este rango de fitoquímicos ha sido reconocido para mejorar la salud total a través de su potencial antioxidante. Esta función protectora de los antioxidantes en el cuerpo ocurre al equilibrar el estrés oxidativo producido por los radicales libres. Estos incluyen la prevención de la oxidación de la grasa poliinsaturada (vitamina E), reducción de la concentración de la homocisteína en el plasma (vitamina B9, betaina, colina) acción como cofactor de las enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa, glutatión peroxidasa y tioredoxina (Zn, Fe, Se, Cu, Mn) o la estabilización y la deslocalización de los electrones desapareados (vitamina E, polifenoles, resorcinoles) (Yang y col., 2001).

Los antioxidantes de la dieta (minerales, traza de elementos, vitaminas, carotenoides, polifenoles, betaína, colina, amino sulfuro ácidos, ácido fítico) de todos los granos de cereales se encuentran primariamente en el germen y en fracciones del salvado (Fardet, 2010).

Son solubles en agua y en grasa, dándole protección a través de todo el tracto digestivo (Slavin, 2003).

### **1.6-) Antioxidantes y salud**

Cada vez son más las investigaciones que relacionan las dietas ricas en alimentos de origen vegetal con la disminución en el riesgo para padecer cáncer y enfermedades cardiovasculares. Una de las causas de esta disminución sería la presencia de flavonoides que actuarían como antioxidantes en los frutos y otros vegetales (Marquez., 2008).

En la actualidad surgen nuevas enfermedades, muchas de ellas consideradas “enfermedades del nuevo siglo”. Es decir, situaciones producidas por “nuevos” factores como el estrés, el cigarrillo, la contaminación ambiental, la mala alimentación, etc. Todas estas situaciones llevan a un solo camino: la producción del estrés oxidativo, consecuencia de la gran formación de radicales libres. Por ello, es necesario el aporte de alimentos que puedan contrarrestar esta situación, siendo los más indicados, los antioxidantes de origen vegetal.

### **Los antioxidantes y las enfermedades cardiovasculares**

La oxidación parece ser, según estudios actuales, una de las principales causas en el desarrollo de las enfermedades cardiovasculares, ya sea en la formación de aterosclerosis como en el daño inmediato que se produce luego de un infarto de miocardio o una embolia cerebral. Cada vez hay más evidencia que esta oxidación está producida por radicales libres- y que contribuyen a la aterogénesis, transformando las lipoproteínas de baja densidad (LDL) en sus correspondientes formas oxidadas. Existen diversas evidencias científicas en seres humanos que relacionan la extensión de la oxidación de las LDL con la incidencia de aterosclerosis (Langseth, 1995).

Los radicales libres reaccionan con los ácidos grasos poliinsaturados de las membranas biológicas y producen la peroxidación lipídica, que altera su fluidez y funcionalidad. Esto mismo puede producirse en las LDL.

El inicio del proceso aterogénico es consecuencia de una lesión en la túnica íntima de los vasos sanguíneos, esto quiere decir, en la capa más interna de la pared de los mismos, que está formada por células endoteliales.

Esta lesión puede ser provocada por diferentes causas, como hipertensión arterial, tabaco, hiperglucemia, procesos inflamatorios, procesos virales, etc.

Una vez producida la lesión, se descama el endotelio y provoca un aumento en la permeabilidad a las LDL y aparecen glucoproteínas que se depositan en la superficie de las células endoteliales y se unen a monolitos, plaquetas y linfocitos T, que junto con la síntesis de compuestos quimiotácticos, llenan al espacio endotelial. Los monocitos maduran a macrófagos y ambos producen radicales libres, lo que genera un gran estrés oxidativo en la zona. Cuando los LDL de la sangre llegan a esta zona, sus fosfolípidos son atacados por los radicales libres generando hidroperóxidos que también forman nuevos radicales libres y productos de descomposición que oxidan a las lipoproteínas de las LDL (Ross, 1993).

Diferentes estudios ecológicos realizados en Estados Unidos y Gran Bretaña han concluido una relación inversa entre el consumo de frutas y legumbres y el riesgo de aterosclerosis (Tribble, 1999). Otros estudios han observado la correlación entre concentraciones sanguíneas de antioxidantes y el riesgo de sufrir diferentes patologías, obteniendo como resultados que hay una disminución en la incidencia de cardiopatía isquémica en aquellas personas que tienen concentraciones plasmáticas elevadas de vitamina E y de vitamina C (Steinberg, 1997).

### **Antioxidantes y cáncer**

El cáncer puede considerarse como la etapa final de una secuencia de eventos que se va desarrollando en un tiempo prolongado. La alteración del ADN por carcinógenos químicos, virus, radiaciones y también por errores en su réplica, parece ser una etapa clave en la formación del cáncer. Los radicales libres serían carcinógenos químicos que intervendrían en las fases iniciales de la carcinogénesis y en la etapa de activación, donde se produce una lesión del ADN. Muchas alteraciones del ADN que evolucionan hacia el cáncer son de naturaleza oxidativa. Se estima que el ADN de una célula puede sufrir hasta 10.000 ataques oxidantes al día (Langseth, 1995).

De todos los radicales libres, sólo el radical hidroxilo ( $\text{OH}^\cdot$ ) puede atacar el ADN y el ARN. Las células atacadas no necesariamente se convierten en neoplásicas, éstas pueden destruirse o reparar sus lesiones. Pero si se supera la capacidad de

reparación o la misma pierde eficacia (por la edad, por ejemplo) las lesiones se acumulan y aquí es cuando puede aparecer el cáncer.

Los radicales libres pueden actuar a diferentes niveles en la carcinogénesis. Pueden dañar directamente el ADN o provocar la peroxidación lipídica generando acumulación de radicales libres y demás agentes oxidantes en el interior de la célula, lo que facilita la alteración del ADN.

Se ha señalado que los antioxidantes pueden inhibir la progresión a cáncer de lesiones pre malignas o incluso provocar su regresión (Langseth, 1995).

## **2-) POLIFENOLES**

Los polifenoles, son sustancias orgánicas de naturaleza aromáticas, esto quiere decir, que en su estructura química poseen uno o más anillos aromáticos de benceno, con sustituyentes hidroxilos. Si en el benceno se sustituye al menos un hidrógeno por un hidroxilo, se obtiene un fenol.

Son metabolitos secundarios de las plantas, cuya síntesis está muy influenciada por factores externos. Están muy distribuidos por la naturaleza y a pesar de haber polifenoles en los tejidos animales, los más importantes son los de origen vegetal.

Se encuentran prácticamente en todas las partes de la planta: hojas, frutas, semillas, raíces y tubérculos (Coultate, T.P., 1998).

### **2.1-) Características químicas de los polifenoles-**

Los polifenoles pertenecen al grupo de los derivados fenólicos. Los flavonoides son compuestos que se caracterizan por poseer un esqueleto carbonado C6 –C3 –C3. Consisten en 2 anillos aromáticos ligados por una cadena alifática de 3 átomos de carbono”. Según la oxidación del fragmento alifático se subdividen los flavonoides en antocianinas, flavonoles, flaonas y chalconas. Las diversas clases de compuestos flavonoides difieren unos de otros sólo por el grado de instauración y oxidación del segmento carbonado.

Según su estructura química se pueden clasificar en dos grupos:

- No flavonoides: fenoles no carboxílicos y ácidos fenoles derivados del ácido benzoico y del ácido cinámico.
- Flavonoides: antocianos, flaonas, flavononas, flavonoles y taninos condensados.

Los flavonoides son los compuestos fenólicos más abundantes y los que tienen mayores propiedades antioxidantes, sobre todo la quercetina (presente en manzanas, cebollas) y la catequina (en uvas, cacao).

En los alimentos, los flavonoides se encuentran en forma glicosilada, es decir, unidos a una o más moléculas de azúcar, por lo que los hace más hidrosoluble, aumentando su biodisponibilidad y absorción.

Además de sus conocidos efectos antioxidantes, los flavonoides presentan otras propiedades que incluyen la estimulación de las comunicaciones a través de las uniones en hendidura, el impacto sobre la regulación del crecimiento celular y la inducción de enzimas de detoxificación tales como las monooxigenasas dependientes de citocromo P-450, entre otras (Martínez-Flórez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. M. 2002).

## **2.2-) Mecanismos de acción de los polifenoles**

Los polifenoles de tipo flavonoides son antioxidantes no enzimáticos que rompen la cadena de acción de los radicales libres en la fase lipídica, bloqueando a estos en las membranas y las lipoproteínas, evitando o previniendo la peroxidación lipídica. Purgan la sangre de radicales libres, capturándolos y evitando las reacciones en cadena (Langseth, L., 1995).

Pueden actuar como potentes inhibidores de la oxidación de las LDL por varios mecanismos:

- Como antioxidantes, actúan como atrapadores de radicales libres. Los distintos polifenoles tienen distinta especificidad por las diferentes especies oxidantes que se generan en el organismo.
- En forma indirecta, como agentes quelantes de iones de metales, es decir, uniéndose a estos iones y reduciendo la capacidad de estos metales pesados de generar radicales libres.
- Por sus propiedades de solubilidad pueden localizarse sobre la superficie de la partícula de LDL, disminuyendo el consumo de los antioxidantes propios de las LDL como vitamina E y carotenoides, y en algunos casos regenerando vitamina E oxidada en la partícula de LDL.
- Por su capacidad de inhibir, activar o proteger enzimas específicas en el organismo, los distintos polifenoles tienen cada uno actividades particulares. Se ha comprobado que el consumo de catequina, quercetina y vino tinto preservan la actividad de la paraoxonasa, enzima asociada a las HDL o colesterol "bueno", que puede hidrolizar y regenerar lípidos oxidados en las LDL.

Cada polifenol actuará por uno o más de estos mecanismos según sus propiedades particulares. La gran variedad de polifenoles brindan distintas propiedades. Además algunos pueden inhibir o activar enzimas específicas en el organismo contrarias a la oxidación.

Es por eso que los compuestos antioxidantes ingeridos por la dieta son fundamentales para la prevención de enfermedades. Es así como se le atribuye al vino, y al aceite de oliva, componentes claves de la dieta mediterránea, un papel fundamental en las bajas tasas de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en los países de Europa (Langseth, L., 1995).

### **2.3-) Compuestos fenólicos en la dieta**

Los principales polifenoles identificados en la dieta se clasifican según el número de átomos de carbono del esqueleto base (es decir, de la cadena alifática que se encuentra sustituyendo el núcleo bencénico).

Se pueden encontrar entonces, en el grupo de los ácidos los fenólicos (derivados del ácido benzoico) y los cinámicos; mientras que en otro grupo se encuentran los compuestos flavonoides; y finalmente en los compuestos poliméricos está la lignina y los taninos.

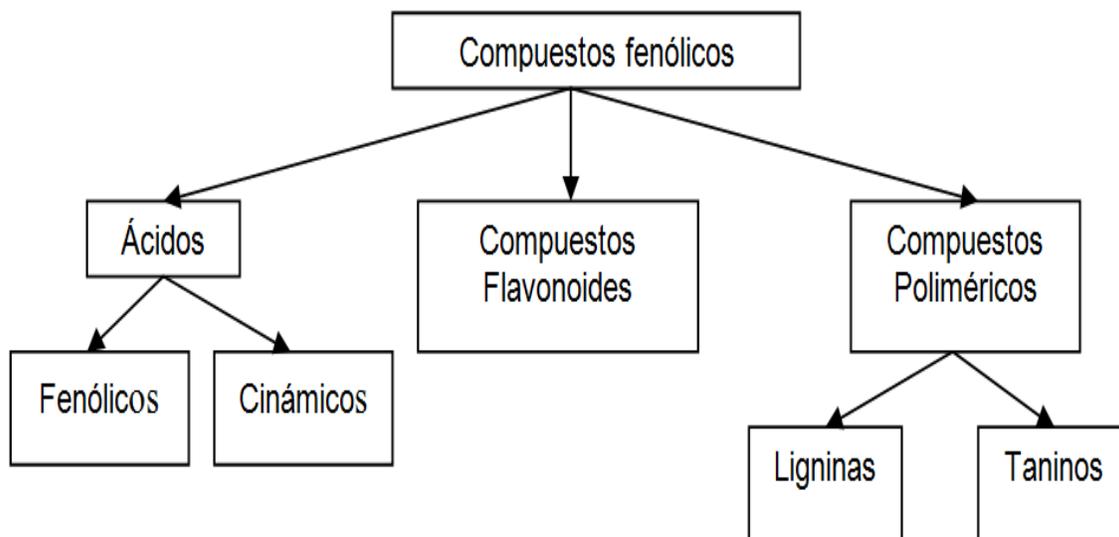


Figura 1: Esquema compuestos fenólicos (Langseth, L., 1995).

#### **2.4-) Biodisponibilidad de polifenoles en la dieta**

La mayoría de los polifenoles están presentes en alimentos en forma de ésteres, glucósidos, o polímeros. Estas sustancias deben ser antes hidrolizadas por los enzimas intestinales o por la microflora colónica para que puedan ser absorbidas. Los factores del medio ambiente tienen un efecto principal en el contenido de polifenoles. La cantidad está relacionada con el clima (exposición solar, lluvia) y con prácticas agronómicas (la tecnología en invernaderos o campos, la cultura biológica, el rendimiento de la fruta por árbol, etc.).

La exposición solar tiene un efecto considerable en la mayoría de los polifenoles. El grado de madurez afecta considerablemente las concentraciones y las proporciones de estos antioxidantes. En general, las concentraciones de polifenoles decrecen durante el proceso de maduración.

Las reacciones de oxidación dan como resultado la formación de sustancias polimerizadas, las cuales conducen a cambios en los alimentos, especialmente de color y en las demás características organolépticas.

Los métodos culinarios también tienen un importante efecto en el contenido de polifenoles. Por ejemplo, al pelar las frutas y las verduras se eliminan una porción significativa de polifenoles, porque estas sustancias están en mayor cantidad en la parte externa del alimento y en menor proporción en su interior.

Las formas de cocción también pueden influir en el contenido. Las verduras pierden en promedio un 75% y 80% de su contenido inicial después de ser hervidas durante 15 minutos, 65% después de ser cocidas en microondas, y 30% después haber sido sometidas a las frituras.

El mejor método de cocción para preservar el contenido de antioxidantes parece ser la cocción a vapor y por un tiempo no mayor a 2 horas (Flores D., 2015).

#### **2.5-) Polifenoles incoloros o taninos:**

Son compuestos fenólicos incoloros o de color amarillo café, que se pueden dividir según la estructura y la reactividad, en 2 grupos: los “hidrolizables” y los “no hidrolizables o condensados”.

Los taninos presentan “propiedades reductoras” y actúan como antioxidantes protegiendo a los vinos tintos; también sirven como sustrato en las reacciones de oscurecimiento enzimático, sobretodo en productos como café y cacao.

Son los responsables, además, de la astringencia de muchos frutos inmaduros como el plátano, la pera, uva, manzana, etc., debido a que tienen la propiedad de reducir las características de lubricación de la saliva pues precipitan las proteínas y las glucoproteínas que ésta contiene.

### **3- ) CONTENIDO DE POLIFENOLES EN ALIMENTOS FRESCOS.**

Este trabajo, analizará las proporciones de polifenoles en diferentes alimentos y en distintos métodos de conservación.

**Tomate (*Solanum lycopersicum*):** es una especie de la familia de las solanáceas originaria de América y cultivada en todo el mundo para su consumo tanto fresco como procesado de diferentes modos (salsa, puré, jugo, deshidratado, en conservas).

El tomate es un alimento con escasa cantidad de calorías. De hecho, 100 gramos de tomate aportan solamente 18 kcal. La mayor parte de su peso es agua y el segundo constituyente en importancia son los hidratos de carbono. Contiene azúcares simples que le confieren un ligero sabor dulce y algunos ácidos orgánicos que le otorgan el sabor ácido característico. El tomate es una fuente importante de ciertos minerales (como el potasio y el magnesio). De su contenido en vitaminas destacan la B1, B2, B5 y la C. Presenta también carotenoides como el licopeno (pigmento polifenólico que da el color rojo característico al tomate). La vitamina C y el licopeno son antioxidantes con una función protectora del organismo humano. Durante los meses de verano, el tomate es una de las fuentes principales de vitamina C (Alonso P., y col. 1999).

El licopeno posee propiedades antioxidantes, y actúa protegiendo a las células humanas del estrés oxidativo, producido por la acción de los radicales libres, que como ya ha sido mencionado son uno de los principales responsables de las enfermedades cardiovasculares, del cáncer y del envejecimiento. Además, actúa modulando las moléculas responsables de la regulación del ciclo celular y produciendo una regresión de ciertas lesiones cancerosas. No se conoce exactamente las bases biológicas ni fisicoquímicas de estas propiedades, pero parecen directamente relacionadas con el elevado poder antioxidante del licopeno, mucho más que otros antioxidantes como la vitamina E o el  $\beta$ -caroteno. Un gran número de procesos cancerígenos y degenerativos están asociados a daños oxidativos sobre el genoma y los mecanismos genéticos de control de la proliferación y diferenciación celular.

**Tomate Deshidratado:** los alimentos desecados, son actualmente un producto muy requerido por los consumidores. Se cree que su aspecto, su sabor, y su estabilidad en el tiempo, son los principales factores que se tienen en cuenta a la hora de adquirirlos.

Estudios realizados, aseguran que existen dos factores decisivos en la calidad sensorial de un alimento deshidratado, y son, la textura y el color. La textura se ve afectada por la pérdida de la permeabilidad diferencial en la membrana protoplasmática, la pérdida de presión de turgencia en las células, desnaturalización de la proteína y el almidón durante el proceso. La textura de los vegetales se deteriora durante el almacenamiento si el producto estuvo expuesto a altas temperaturas. El secado también cambia las características de la superficie de un alimento alterando su color. Algunos estudios muestran que en la deshidratación con aire caliente se pierde la coloración roja a temperaturas superiores a 40°C o 60°C (Ochoa-Reyes, 2013).

En estos estudios, se concluyó que el proceso de secado promueve cambios de textura y color significativos en el tomate, aumentando la tonalidad del color rojo y cambiando la textura en general. Además, se confirmó que el estado de madurez es un factor significativo en el cambio de color de la fruta y la variedad no influye en ninguno de los dos parámetros (Rodríguez M., revista Vitae 19 Supl. 1; 2012).

Uno de los más consumidos, es el tomate deshidratado, pero no se cuenta con información publicada que permita saber si en el proceso de secado del tomate en fresco, disminuye la cantidad de polifenoles del mismo con la pérdida de agua o bien aumento la concentración al perderse agua.

Este trabajo, buscará comprobar si existe variación en la composición polifenólica luego de aplicados los tratamientos térmicos.

**Tomate en conserva:** como se dijo anteriormente, el licopeno presente en el tomate tiene excelente poder antioxidante. Estudios recientes, concluyen que la biodisponibilidad de esta sustancia, en tomates en conserva, es mayor debido a las altas temperaturas empleadas en el proceso de elaboración de la conserva.

El contenido de licopeno del tomate varía considerablemente, reflejando la influencia de la variedad (factores genéticos generalmente), madurez, condiciones agronómicas y ambientales durante el cultivo (George et al., 2004, Martínez-Valverde et al., 2002 y Shi y Le Maguer, 2000). Los tomates procesados además parecen aumentar la absorción del licopeno por los tejidos del cuerpo, debido a la mayor biodisponibilidad atribuidas a la variación isómero-geométrica durante el

proceso (los isómeros cis son más disponibles) y a los cambios en la composición y estructura de los alimentos, que pueden aumentar la liberación de licopeno de la matriz del tejido tomate (Shi y Le Maguer, 2000). Varios estudios epidemiológicos reportan que las dietas ricas en licopeno tienen efectos beneficiosos sobre la salud humana (Omoni, A., Aluko, R). Se ha sugerido un posible papel para los tomates y productos de tomate en la prevención de enfermedades cardiovasculares y protección contra algunos tipos de cáncer (basado en contenido de licopeno) (Moritz, B., Tramonte, V. (2006).

El procesamiento comercial de tomate produce una gran cantidad de residuos en las distintas etapas. El orujo de tomate constituye la mayor parte de los residuos que provienen de la despulpadora. El orujo húmedo contiene 33% de semilla, 27% de piel y 40% de pulpa, mientras que el orujo seco contiene 44% de semilla y 56% de piel (Sogi y Bawa, 2003). El orujo es la piel que podría utilizarse para la extracción de licopeno (Kaur, D., Wani, A., Oberoi, D., Sogi, D. 2008). La mayor parte del licopeno está asociado con la fracción insoluble en agua y la piel (Sharma y Maguer, 1996). Por lo tanto, los extractos de piel son especialmente ricos en licopeno. Se puede confirmar entonces, que una gran cantidad de carotenoides se pierde como basura en el procesamiento de tomate. La piel fresca tiene un alto contenido de humedad que hace que sea susceptible al deterioro y a la proliferación microbiana. Por lo tanto, la piel puede ser conservada por secado y entonces utilizarla para extracción de licopeno (Kaur, Wani, Sogi y Shivhare, 2006).

Estudios recientes han descrito un proceso de extracción de licopeno basado en CO<sub>2</sub> supercrítico, que permite la extracción de más del 60% del licopeno de los residuos de tomate (Baysal et al., 2000, Rozzi et al., 2002 y Sabio et al., 2003). Sin embargo, debido a que el licopeno es soluble en la grasa, es más común la extracción con solventes orgánicos como etanol, acetona, éter de petróleo, hexano, benceno y cloroformo, previo al análisis químico para la determinación cuantitativa (Strati, I., Oreopoulou, V. 2011). Una mezcla de hexano con acetona y etanol o metanol es usado a menudo (Shi y Le Maguer, 2000 y Van den Berg et al., 2000) debido a que otros componentes, como el éter dietílico y tetrahidrofurano, pueden contener peróxidos que reaccionan con los carotenoides (Van den Berg et al., 2000), y la estabilidad del licopeno en los extractos obtenidos con hexano/acetona o hexano y etanol es mayor que la de los extractos obtenidos con otros solventes orgánicos, tales como cloroformo, metanol o diclorometano (Taungbodhitham, Jones, Wahlqvist y Briggs, 1998).

Debido a estos estudios previos, es necesario analizar el contenido de este polifenol en muestras de tomate en conserva con piel y semillas, y compararlo con los resultados obtenidos al cuantificarlo en tomate en conserva sin piel, ni semilla.

**Pepino (*Cucumis sativus*):** es una planta hierba anual de la familia de las cucurbitáceas. La mayor parte de su peso se corresponde al agua (hasta 97%) por lo que en su composición, aunque equilibrada, no se encuentran valores relevantes, sino que sería el conjunto de nutrientes lo que realicen sus efectos beneficiosos.

Lorio (1986) y Herms y Mattson (1992) mencionan que las plantas de pepino producen mayores cantidades de azúcares (simples y complejos) y metabolitos secundarios (terpenoides, compuestos fenólicos, pigmentos, vitaminas y ácidos orgánicos) cuando son sometidas a un déficit de nitrógeno fácilmente disponible. Por otro lado, otros investigadores han reportado que en sistemas suficientes en nitrógeno, la producción de compuestos nitrogenados como aminoácidos, proteínas y alcaloides se incrementa (Winter y Davis, 2006).

No se encontraron estudios previos, sobre el contenido de polifenoles en Pepino que den una base teórica a los análisis realizados posteriormente en este proyecto.

**Pimiento Morrón (*Capsicum annuum* var. *Annuum*):** El pimiento es originario de América del Sur, de la región de Bolivia y Perú, y al igual que otras especies hortícolas se incorporó a la amplia gama de productos saborizantes y hortalizas del Viejo Mundo. Pertenece a la familia botánica de las solanáceas. Entre las formas de utilización más extendidas del pimiento se encuentra su consumo en fresco y cocido, ya sea verde o en estado de madurez más avanzado, cuando los frutos, según la variedad, pueden presentar diferentes coloraciones que van desde el color amarillo hasta púrpura. También se utiliza el fruto deshidratado para la preparación de pimentón en polvo, que se obtiene de la molienda de la cáscara, además de la elaboración de conservas, tanto de variedades dulces como picantes; otro uso es como materia prima para la obtención de oleorresinas que utiliza la industria alimentaria (Namesny, 1996).

Esta especie es la fuente de la capsaicina, compuesto responsable del sabor pungente que caracteriza a los diferentes tipos de chile. Otros compuestos de importancia que se encuentran en el pimiento son los carotenoides, responsables de la coloración roja del fruto, entre los que se destaca la capsantina, capsorubina y criptoxantina, las cuales se encuentran enmascarando a los pigmentos amarillos como  $\beta$ -caroteno y violaxantina, que están presentes en frutos que alcanzan en su madurez una coloración desde amarilla o anaranjada hasta roja (Wien, 1997; Marín et al., 2004).

Algunos autores también mencionan al pimiento como fuente de licopeno, al igual que el tomate (*Solanum lycopersicon Mill*) y la sandía (*Citrullus lanatus var. lanatus*), entre otras especies (Bramley, 2000). Los pimientos sufren un gran cambio de color durante la maduración debido a la variación en la concentración de pigmentos, lo que determina que en los frutos verdes existan principalmente clorofilas, mientras que en los frutos amarillos y rojos, se encuentran en mayor concentración los carotenoides. Existe escasa información acerca del contenido de los pigmentos licopeno y antocianinas, y de la actividad antioxidante del pimiento morrón, con relación al color de sus frutos y a las variedades que se encuentran en el mercado.

**Berenjena (*Solanum melongena*):** La berenjena es un producto con demanda creciente en los Estados Unidos y en otros países debido a la presencia de compuestos bioactivos en los frutos con importante efecto hipocolesterolémico, presencia de fenoles y capacidad antioxidante (Sadilova et al., 2006), lo que favorece la reducción de especies reactivas de oxígeno o radicales libres y niveles de colesterol que pueden iniciar una serie de procesos degenerativos como enfermedades cardiovasculares y desórdenes neurodegenerativos (Migliore y Coppédé, 2009).

La berenjena contiene ácido ascórbico y compuestos fenólicos que le confieren un gran poder antioxidante, principalmente asociado a algunos efectos terapéuticos positivos (Noda et al., 2000; Nisha et al., 2009; Todaro et al., 2009; Singh et al., 2009). Se encuentra entre una de las hortalizas con capacidad de absorción de radicales de oxígeno (Botelho et al., 2004).

Tal como se planteó en el capítulo 1 de esta tesis, es muy importante para prevenir estrés oxidativo en humanos la ingesta de polifenoles.

A pesar de los numerosos estudios que se encuentran en la bibliografía, no existen estudios locales que relacionen el contenido de polifenoles de los vegetales en fresco y cómo estos varían al ser procesados.

El presente trabajo, estuvo enmarcado en el proyecto: *Valoración de sustancias bioactivas en alimentos vegetales para formulaciones alimenticias (06/A577. Res. 4540 SEC TyP UNCuyo)*, actualmente en ejecución.

De todo lo anteriormente investigado surgieron las siguientes preguntas de investigación:

¿Qué diferencias pueden existir en el contenido de polifenoles en una conserva de tomate elaborada con o sin piel?

¿El contenido de polifenoles disminuye con el proceso de deshidratación?

¿Qué diferencias pueden existir en el contenido de polifenoles entre un vegetal en fresco y el mismo elaborado como aderezo?

Para dar respuestas a estas preguntas de investigación se planteó el presente trabajo de investigación, realizando un abordaje estadístico y deductivo de la información.

**Esta investigación es aplicada, dado que se resolvió el problema planteado, obteniendo una solución con valor práctico.**

**Toda investigación, se realizó bajo un diseño experimental, dado que se manipularon variables independientes, tales como diferentes procesos de elaboración: en conservas, deshidratados, en pasta, a fin de observar y medir sus efectos, para establecer si se producen variaciones en el contenido de polifenoles.**

## **II- METODOLOGÍA**

### **1- Objetivo general:**

Cuantificar la variación en el contenido de polifenoles en hortalizas y legumbres, sometidos a diferentes procesos tecnológicos.

### **2- Objetivos específicos:**

- Establecer la importancia del consumo de polifenoles a través de búsquedas bibliográfica.
- Cuantificar polifenoles en vegetales en fresco.
- Determinar la pérdida o no de polifenoles en vegetales sometidos a esterilización térmica (conservas).
- Cuantificar el contenido de polifenoles en vegetales deshidratados.
- Determinar el contenido de polifenoles en aderezos vegetales.
- Establecer las diferencias en relación al contenido de polifenoles para los distintos procesos tecnológicos.

### **3- Hipótesis**

- El contenido de polifenoles de alimentos vegetales se modifica según el proceso tecnológico empleado en su procesamiento.

### **III- MATERIALES Y MÉTODOS**

A fin de dar cumplimiento a los objetivos previamente planteados, se analizaron en primer lugar las materias primas, siguiendo un esquema Weende, a fin de establecer su composición centesimal, y se les determinó polifenoles aplicando la técnica de Folin-Ciocalteu (Flores, 2015) adaptada para la extracción de polifenoles en distintas matrices. Luego los vegetales fueron procesados por diferentes sistemas tecnológicos y se determinó nuevamente su composición centesimal y polifenoles en los productos elaborados. Se aplicó análisis estadístico para determinar si existieron variaciones en el contenido de polifenoles entre el producto en fresco y el procesado por diferentes metodologías.

A continuación se explican los diferentes métodos tecnológicos aplicados para las elaboraciones, y posteriormente cómo se realizó la técnica de Folin-Ciocalteu.

#### **1- Obtención de muestras**

Los alimentos en los cuales se cuantificarán los polifenoles, fueron vegetales frescos, adquiridos directamente del mercado, los cuales fueron procesados como: conserva, deshidratados y en pasta, tipo aderezos.

##### **a) En Fresco**

Se obtuvieron directamente del mercado, en diversas cantidades de los siguientes vegetales:

- Espárrago.
- Pepino.
- Berenjena
- Pimiento morrón
- Tomate perita

Estos fueron adquiridos en tres puntos de venta distintos para evitar el riesgo por falta de aleatoriedad, teniendo en cuenta que fueran respectivamente de la misma especie, mencionadas anteriormente, para cada hortaliza.

##### **b) Vegetales en pasta.**

- Poroto colorado.
- Poroto negro.
- Garbanzo

Fueron adquiridos aproximadamente 200 gramos de cada uno de las legumbres, teniendo en cuenta de respetar la variedad adquirida.

## 2- Procesos tecnológicos aplicados

### 2.1- Tomate:

- a) **Tomate en conserva con piel y semillas.**
- b) **Tomate en conserva sin piel y sin semillas.**

Se adquirieron 3 kilogramos de tomates peritas a los cuales, se los seleccionó, se los lavó por inmersión y por aspersion. Luego la mitad se peló, para ello se los sumergió en agua hirviendo y se procedió a extraerle la piel. El resto fueron envasados con piel. Luego fueron envasados, en frascos de 200 g. Se taparon y se los esterilizó en Baño María hirviendo durante 60 minutos (figura N°1). Luego se enfriaron y se reservaron para su posterior análisis.



Figura N°2: baño María realizado a los frascos de tomate (Foto propia).

### c) **Tomates deshidratados**

Los tomates fueron seleccionados, lavados por inmersión y aspersion, partidos por la mitad y colocados en la deshidratadora (Figura N°3).

Se utilizó una deshidratadora eléctrica (Figura N°4) de 250W de potencia, 50hz de frecuencia y opera a temperaturas de entre 25-70°C, con capacidad para aproximadamente 500 gramos de tomate fresco. El proceso dura aproximadamente 24 horas. Se debe evitar que la temperatura supere los 58°C, porque el tomate comienza a quemarse.



Figura N°3: Bandeja de la deshidratadora    Figura N°4: Deshidratadora (foto propia)

## 2.2- Espárrago. Pepino. Berenjena. Pimiento morrón

### a) Obtención de la pasta de hortalizas

Se desarrollaron pastas de espárragos, pepinos, berenjenas y pimientos morrón (figura N°5), con diferentes especias y adicionado con aceite virgen de oliva. Cada tipo de pastas se envasó por triplicado en frascos de 200 gramos aproximadamente.

Las elaboraciones fueron realizadas en la Fábrica Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo. Cada vegetal fue recibido, se lo pesó, se le realizó un control de calidad, eliminando unidades defectuosas, se lavó por inmersión y por aspersion. En el caso de los pimientos se procedió a descorazarlos y extraerles las semillas, a las berenjenas se les extrajo el pedúnculo, al igual que a los espárragos y pepinos las partes no comestibles. Luego se les realizó un sancochado breve, 3 minutos en agua a 98 °C, que facilitó su molienda. Por kilogramo de pasta obtenida se les adicionó 5 g de orégano, 5 g de pimienta molida, 1 g de ajo deshidratado, 5 g ácido cítrico, hasta obtener un pH por debajo de 4, 10 g de sal, y de 30 ml a 50 ml de aceite dependiendo del vegetal. Se procedió a mezclar y luego se molturaron en un molino coloidal, a fin de obtener una pasta homogénea. Después fueron envasados, en frasco de vidrio de 200 g de capacidad. Se les realizó expulsión de aire, se taparon y se esterilizaron a Baño María Hirviente, durante 35 min. Se enfriaron a 40 °C y se guardaron para su posterior análisis.



Figura N°5: Pastas obtenidas



Figura N°6: Pastas obtenidas (foto propia).

### b) Obtención de la pasta de legumbres

El procedimiento utilizado fue similar al descrito para las pastas de vegetales, en este caso los porotos negros, porotos colorados y garbanzos fueron hidratados durante 12 horas previas a realizar las pastas. Luego fueron hervidos 2 horas, molidos y mezclados. Por kilogramo de pasta obtenida se les adicionó 7 g de orégano, 5 g de pimienta molida, 1 g de ajo deshidratado, 15 g ácido cítrico, hasta obtener un pH por debajo de 4, 10 g de sal, y de 50 ml a 80 ml de aceite dependiendo de la legumbre. Se procedió a mezclar y luego se molturaron en un molino coloidal, a fin de obtener una pasta homogénea. Después, fueron envasados, en frasco de vidrio de 200 g de capacidad. Se les realizó expulsión de aire, se taparon y se esterilizaron a Baño María Hirviente, durante 35 min. Se enfriaron a 40 °C y se guardaron para su posterior análisis (figura N°6).

### c-) Polifenoles en condimentos utilizados.

Según la búsqueda realizada, existe muy poca información sobre contenidos de polifenoles en los condimentos utilizados para la fabricación de las pastas.

**Orégano:** La composición en polifenoles del aceite esencial de orégano es muy variable, depende principalmente de la parte de la planta que sea destilada y de la especie o subespecie. En el *Origanum vulgare* se ha comprobado el alto contenido en compuestos polifenólicos, que proveen una efectiva protección en todas las fases de la oxidación lipídica. (Amadio C., 2011)

Referido a producto en fresco, la cantidad de polifenoles aportadas por las cantidades de orégano utilizadas, 5 y 7 gramos, para la fabricación de las pastas, es de 0,004 g a 0,0056 g respectivamente.

**Aceite de Oliva:** la cantidad de polifenoles aportada por el aceite de oliva, fue obtenida en el proyecto *Valoración de sustancias bioactivas en alimentos vegetales para formulaciones alimenticias*, mencionado en la página 19. Se calculó que para los 50 ml de aceite empleados en la elaboración de las pastas, el aporte polifenólico es de 25 mg.

### **3- Análisis**

Tanto a las materias primas en fresco, como a los productos terminados se les realizaron los siguientes análisis:

#### **3.1- Composición centesimal**

Se les determinó composición centesimal por quintuplicado, empleando técnicas oficiales de laboratorio (Métodos Oficiales A.O.A.C) para: proteínas, grasas totales, fibra alimentaria, cenizas y humedad. Los análisis se realizaron en los Laboratorios de la Cátedra de Industrias Agrarias FCA- UNCuyo. Los hidratos de carbono se calcularon por diferencia. El perfil de ácidos grasos se determinó por cromatografía gaseosa, en los laboratorios del INTI Frutas y Hortalizas, y el análisis de sodio se realizó por fotometría de llama, en los Laboratorios de la Universidad Juan Agustín Maza.

#### **3.2- Determinación de polifenoles**

Dado que esta determinación constituye el eje central del presente trabajo de tesis a continuación se describen los pasos para realizarla.

Se determinó polifenoles aplicando la técnica de Folin-Ciocalteu, la cual fue adaptada para poder extraer los polifenoles en distintas matrices.

##### **3.2.1- Acondicionamiento de las muestras**

Procedimientos previos: a los vegetales utilizados como materia prima y al tomate procesado, en sus diferentes variantes, como tenían muy bajo contenido lipídico, no se les realizaron la extracción previa de grasas.

Las pastas obtenidas tipo aderezo, como su tenor graso era elevado, se procedió a desgrasarlas previo al análisis. Los elevados contenidos de materia grasa, impiden la correcta extracción de polifenoles al extraerlos con acetona. Por este motivo las muestras de pastas fueron desengrasadas por método Soxhlet, (A.O.A.C) el cual se describe a continuación.

## **Desengrasado mediante método Soxhlet.**

Según la metodología oficial (A.O.A.C. 1990):

Este método sirve para la determinación de la materia grasa cruda o extracto etéreo crudo. Es aplicable en muestras de alimentos en general y en alimentos que no han sido sometidos a tratamiento térmico. (Carnes, cereales, sopas, granos de semillas, etc.)

### a) Fundamento

Una cantidad previamente homogeneizada y seca, medida o pesada del alimento se somete a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos o mezcla de ambos. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa libre por Soxhlet.

### b) Material y equipo.

- Sistema extractor Soxhlet (Figura N°7)
- Balanza analítica
- Papel filtro o dedal de celulosa
- Baño termorregulado.
- Estufa de aire  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Tamiz de malla de 1 mm
- Manto calefactor o rotavapor.
- Material usual de laboratorio

### c) Reactivos.

- Éter etílico P.E.  $40-60^{\circ}\text{C}$
- Éter de petróleo P.E.  $40-60^{\circ}\text{C}$

### d) Procedimiento.

- Preparación de la muestra: En muestras con mucha humedad homogeneizar y secar a  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$  en estufa de aire.
- Moler y pasar por tamiz de malla de 1 mm.
- Pesar en duplicado 2 a 5 g de muestra preparada en el dedal de extracción o papel filtro previamente pesado y tapado con algodón desgrasado. (Figura N°9)
- Secar el matraz de extracción por 30 min., a  $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

- Pesar el matraz de extracción.
- Poner el matraz de extracción en el sistema Soxhlet, el dedal en el tubo de extracción y adicionar el solvente al matraz.
- Extraer la muestra con el solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3-6 gotas/seg. (Figura N°8)
- Una vez terminada la extracción eliminar el solvente por evaporación en rotavapor o Baño María bajo campana. Hasta que no se detecte olor a éter (Figura N°10).
- Secar el matraz con la grasa en estufa a  $103 \pm 2$  °C por 10 min, enfriar en desecador y pesar.

f) Resultados: Solo se empleó este método con el único objetivo de desengrasar las muestras.



Figura N°7: Extractor Soxhlet apagado (foto propia).

Figura N°8: Extractor Soxhlet funcionando (foto propia).

Cátedra Industrias Facultad de Ciencias Agrarias



Figura N°9: Llenado de dedales con la muestra a desgrasar (foto propia).



Figura N°10: Dedales después de haber sido extraídos del extractor (foto propia).

### 3.2.2- Secado en estufa

Una vez que la muestra está libre de interferentes como la grasa, se procede al secado en estufa a  $103 \pm 2$  °C durante 6 horas y hasta obtener peso constante (Figuras N°11, 12 y 13).

Es importante registrar el peso de la muestra antes y después de ingresar a la estufa para poder constatar la pérdida de humedad.

Esta etapa es fundamental ya que la técnica de extracción de polifenoles requiere que las matrices a analizar estén totalmente secas.



Figura N°11: Estufa donde se pueden ver los cristalizadores con las muestras (foto propia).



Figura N°12: Tomate Deshidratado (foto propia).



Figura N°13: Estufa donde se pueden ver los cristalizadores con las muestras ya deshidratadas (foto propia).

### 3.2.3- Obtención de polvo fino.

Luego que las muestras fueron deshidratadas, se retiraron de la estufa, y se realizó la reducción de tamaño a polvo fino, cuyo único objetivo es acondicionar la muestra según los requerimientos de la técnica a emplear.

Esta operación unitaria se realizó con un mortero de cerámica. (Imagen N°14).



Figura N°14: Mortero de cerámica utilizado para moler las muestras (foto propia).

Una vez que se observa, a simple vista, que el tamaño de las partículas del polvo es pequeño y uniforme, se procede al pesado de cada una de las muestras que es el último paso antes de comenzar con la técnica de extracción.

### 3.2.4- Pesado

Para esta etapa, se utilizó una balanza analítica como la que se muestra en la figura N°15. Se taró el frasco donde se efectuaría la extracción, con capacidad de 100 ml, provisto de su correspondiente tapa. Se identificó cada uno de ellos (Figura N° 16).



Figura N°15: Balanza analítica.

Figura N°16: frasco extractores(foto propia).

Las cantidades que se pesaron, de cada tipo de muestra se consignan en resultados, en las tablas N°6 y N°7(Pág.38).

### 3.2.5- Extracción de polifenoles

La técnica para el análisis de polifenoles es la de Folin-Ciocalteu (fosfomolibdato y fosfotungstato), adaptada para distintas matrices alimentarias. Consiste, en extraer los antioxidantes de las muestras, utilizando una solución de acetona al 70%

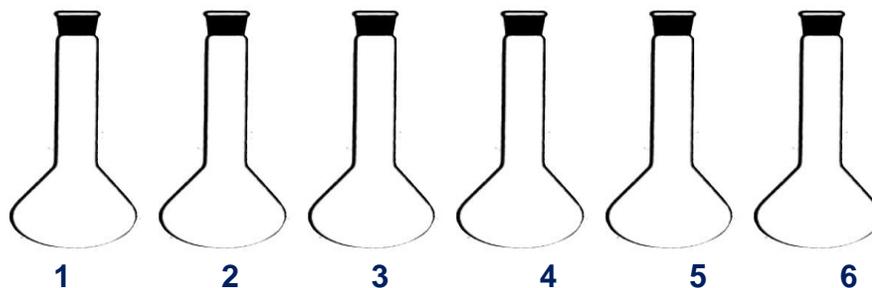
mediante el empleo de un agitador. Posteriormente, se adiciona el reactivo de Follin-Ciocalteu e hidróxido de sodio al 5% y se mide absorbancia en un espectrofotómetro de luz UV a 760 nm de longitud de onda. Para el presente trabajo de tesis se utilizó el espectrofotómetro del Instituto de Biología Agronómica Mendoza (IBAM).

### 3.2.5.a-) Preparación del patrón.

Primero se prepararon los patrones para poder elaborar la curva de calibración, dentro de los límites detectados. Se usó como patrón ácido gálico. (Flores D., Tesis., 2015)

Se preparó una solución de 1000 ppm o 1 g/L de Ácido Gálico.

- a.1) De esta solución, se realizaron diluciones de 10 ml en 100 ml de H<sub>2</sub>O destilada.
- a.2) Se prepararon una serie de 6 matraces de 50 ml. (Tantos matraces como muestras a analizar)



1. Blanco
2. 1 ml de la solución de 100 ppm.
3. 2 ml de la solución de 100 ppm.
4. 3 ml de la solución de 100 ppm.
5. 4 ml de la solución de 100 ppm.
6. 5 ml de la solución de 100 ppm.

- a.3) Completar el volumen a 10 ml con H<sub>2</sub>O cada uno de los diferentes matraces.
- a.4) Agregar 2,5 ml de Reactivo de Folin, agitar bien, esperar 3 minutos.
- a.5) Agregar 5 ml de NaOH al 5%.
- a.6) Enrasar con H<sub>2</sub>O
- a.7) Leer a 765 nm por triplicado.

### 3.2.5.b) Extracción.

- a) Adicionar 40 ml de solución de acetona al 70% al recipiente con la muestra a analizar que deberá estar en estado de fino polvo. (No más de 3 gramos de muestra por frasco)
- b) Llevar a agitación en agitador magnético durante 60 minutos a 150 rpm.
- c) Cumplido el tiempo, trasvasar a un matraz de 50 ml y enrasar con solución de acetona al 70% (70 % de acetona + 30% Agua destilada)(Figura N°17).



Figura N°17: Matraces de 50 ml con patrones (foto propia).

- d) Tomar 1 ml de cada una de las soluciones obtenidas en C y colocarlas en matraces de 50 ml.
- e) A cada uno de los matraces, adicionar 2,5 ml de reactivo de Folin, agitar y esperar 3 minutos (Figura N°18).



Figura N°18: Matraces con reactivo de Folin(foto propia).

- f) Agregar 5 ml de NaOH al 5% a cada uno de los matraces.

g) Llevar a volumen con agua destilada.

### 3.2.5.c) Precauciones

- Usar recipientes opacos y con tapa durante la extracción para evitar que se oxiden los polifenoles con el aire y la luz.
- Observar el color del líquido luego de la extracción y diluir en el caso que sea muy oscuro para evitar errores en la lectura posterior.
- Puede refrigerarse luego de enrasar con agua destilada para conservarlo y realizarle la lectura posteriormente.
- No dejar pasar demasiado tiempo luego de preparada la solución para realizar la lectura.

### 3.2.5.d) Medición de Absorbancia

Se realizó en espectrofotómetro "Spectrum SP2000UV"(figura N°19), en una longitud de onda de 765 nm.



Figura N°19: Espectrofotómetro UV- visible. (foto propia)

El equipo, consta de un carrito para cuatro cubetas con muestra, y una PC con un software para la programación (Figura N°20).



Figura N°20: Programación.(foto propia)



### Modo de uso.

1. Colocar agua destilada en la primera cubeta del carrete. Este será el blanco.
2. Colocar las muestras en las cubetas restantes y cerrar el compartimiento.
3. Seleccionar longitud de onda en el software "WinSpect".
4. Seleccionar porcentaje de absorbancia. (100%)
5. Dar lectura automática al blanco. ("AutoCero").
6. Desplazar el carrete tirando del botón, lo que ocasionara que el haz de luz atraviese la cubeta siguiente.
7. Medir cada muestra y registrar el valor arrojado por el software.
8. Registrar el valor.
9. Repetir este procedimiento 3 o 4 veces por cada muestra.

Figura N°21: Porta cubeta.(foto propia)

### Precauciones:

- No usar el equipo inmediatamente después de encenderlo. Dejar pasar un tiempo prudencial para que se estabilice.
- Seleccionar la longitud de onda correcta.
- Limpiar bien las cubetas, evitando hacer contacto con los dedos en la cara pulida de la misma, ya que la grasitud de la piel, puede ocasionar interferencias a la hora de la lectura.
- Realizar la lectura del blanco cada vez que se renueven las cubetas con muestras.
- Deslizar con precaución el carrete, teniendo en cuenta los "calces" del mismo en el compartimiento de lectura.
- Utilizar agua destilada y papel para la limpieza de las cubetas.
- No abrir por mucho tiempo el compartimiento, ya que una apertura del mismo prolongada, ocasiona errores de lectura.

## IV- RESULTADOS

Los resultados de las composiciones nutricionales que se detallan a continuación (Tabla N°1, 2 Y 3), fueron obtenidos dentro del marco del Proyecto mencionado anteriormente y sirvieron como base teórica para los análisis de esta tesis.

### 1- Composición centesimal de los vegetales y legumbres

Tabla N°1: Composición centesimal de vegetales frescos empleados, cada 100 g de producto. Se consignan los valores medios y la desviación estándar

Vegetales	Tomate	Pepino	Pimiento
Proteína g	0,88 ± 0,2	0,63 ± 0,2	1,10 ± 0,2
Carbohidratos g	3,50 ± 0,4	1,9 ± 0,5	2,71 ± 0,5
Fibra Alimentaria g	1,40 ± 0,2	0,7 ± 0,2	1,90 ± 0,2
Grasas totales g	0,20 ± 0,1	0,20 ± 0,1	0,30 ± 0,1
Grasas saturadas g	0,04 ± 0,01	0,07 ± 0,01	0,09 ± 0,01
Grasas monoinsaturadas g	0,03 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Grasas poliinsaturadas g	0,10 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,20 ± 0,01
Cenizas g	0,50 ± 0,1	0,55 ± 0,1	0,45 ± 0,1
Humedad g	93,52 ± 0,4	96,01 ± 0,5	93,54 ± 0,5
Sodio mg	9 ± 1	3 ± 1	7 ± 1
Valor energético kcal / kJ	19 / 80	12 / 50	18 / 76

Tabla N°2: Composición centesimal de vegetales frescos empleados, cada 100 g de producto. Se consignan los valores medios y la desviación estándar (cont.)

Vegetales	Espárrago	Berenjena
Proteína g	2,25 ± 0,2	1,15 ± 0,2
Carbohidratos g	2,04 ± 0,4	2,19 ± 0,4
Fibra Alimentaria g	1,31 ± 0,2	2,40 ± 0,2
Grasas totales g	0,16 ± 0,1	0,18 ± 0,1
Grasas saturadas g	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01
Grasas monoinsaturadas g	0,00 ± 0,01	0,02 ± 0,01
Grasas poliinsaturadas g	0,13 ± 0,01	0,08 ± 0,01
Cenizas g	0,67 ± 0,1	0,38 ± 0,1
Humedad g	93,57 ± 0,4	93,7 ± 0,4
Sodio mg	4 ± 1	3 ± 1
Valor energético kcal / kJ	19 / 80	15 / 63

Tabla N°3: Composición centesimal de legumbres empleadas, cada 100 g de producto. Se consignan los valores medios y la desviación estándar

Legumbres	Garbanzo	Poroto Colorado	Poroto negro
Proteína g	20,80 ± 0,2	23,58 ± 0,3	25,96 ± 0,2
Carbohidratos g	44,30 ± 0,5	35,11 ± 0,4	35,30 ± 0,4
Fibra Alimentaria g	15,50 ± 0,3	24,90 ± 0,3	23,60 ± 0,3
Grasas totales g	5,50 ± 0,3	0,83 ± 0,3	0,44 ± 0,3
Grasas saturadas g	0,36 ± 0,03	0,12 ± 0,03	0,04 ± 0,03
Grasas monoinsaturadas g	1,60 ± 0,03	0,06 ± 0,03	0,06 ± 0,03
Grasas polinsaturadas g	2,50 ± 0,03	0,46 ± 0,03	0,34 ± 0,03
Cenizas g	1,15 ± 0,1	1,76 ± 0,1	1,17 ± 0,1
Humedad g	12,75 ± 0,5	13,82 ± 0,5	13,53 ± 0,5
Sodio mg	25 ± 2	24 ± 2	20 ± 2
Valor energético kcal/ kJ	310 / 1302	242 / 1016	249 / 1046

## 2- Composición centesimal de productos obtenidos

Tabla 4: Composición centesimal de tomate elaborado bajo diferentes métodos de conservación.

Alimentos	Conserva de Tomate con piel	Conserva de Tomate sin piel	Tomate Deshidratado
Proteína g	0,78 ± 0,3	0,77 ± 0,3	6,91 ± 0,2
Carbohidratos g	3,63 ± 0,5	4,15 ± 0,5	55,64 ± 0,5
Fibra Alimentaria g	1,40 ± 0,2	0,76 ± 0,2	9,36 ± 0,7
Grasas totales g	0,19 ± 0,02	0,18 ± 0,02	1,77 ± 0,03
Grasas saturadas g	0,04 ± 0,01	0,04 ± 0,01	0,34 ± 0,01
Grasas monoinsaturadas g	0,03 ± 0,01	0,03 ± 0,01	0,23 ± 0,01
Grasas polinsaturadas g	0,10 ± 0,01	0,10 ± 0,01	0,93 ± 0,01
Cenizas g	0,50 ± 0,3	0,50 ± 0,3	8,29 ± 0,9
Humedad g	93,50 ± 0,5	93,64 ± 0,5	18,03 ± 0,9
Sodio mg	9 ± 1	9 ± 1	47 ± 3
Valor energético kcal /kJ	19 / 80	21 / 88	266 / 1117

Nota: Los resultados están expresados cada 100 g de producto. Se consignan los valores medios y la desviación estándar.

Tabla N°5: Composición de pastas de vegetales

	Pasta de pimiento	Pasta de berenjena	Pasta de espárrago	Pasta de pepino
Carbohidratos [g]	6,41 ± 0,11	8,52 ± 0,11	0,23 ± 0,10	1,41 ± 0,11
Proteínas [g]	0,90 ± 0,03	0,88 ± 0,07	1,19 ± 0,06	0,46 ± 0,04
Grasas totales [g]	13,25 ± 0,62	6,64 ± 0,07	2,78 ± 0,08	23,34 ± 0,06
Grasas saturadas [g]	1,66 ± 0,05	0,83 ± 0,05	0,35 ± 0,04	2,92 ± 0,04
Grasas trans [g]	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Grasas monoinsaturadas [g]	10,08 ± 0,05	5,05 ± 0,05	2,12 ± 0,04	17,76 ± 0,06
Grasas poliinsaturadas [g]	1,51 ± 0,04	0,76 ± 0,04	0,32 ± 0,04	2,66 ± 0,04
Cenizas [g]	2,25 ± 0,06	2,59 ± 0,06	2,10 ± 0,06	2,35 ± 0,05
Humedad [g]	73,44 ± 0,11	77,18 ± 0,12	88,35 ± 0,11	68,58 ± 0,10
Fibra alimentaria [g]	3,75 ± 0,05	4,19 ± 0,06	5,35 ± 0,06	3,86 ± 0,04
Sodio [mg]	945 ± 8	1076 ± 12	1055 ± 12	678 ± 13
Valor energético kcal / kJ	148 / 624	97 / 409	31 / 129	226 / 947

Nota: Los resultados están expresados cada 100 g de producto. Se consignan los valores medios y la desviación estándar.

Tabla N°6: Composición de pastas de legumbres

	Pasta de garbanzo	Pasta de Poroto Negro	Pasta de Poroto Colorado
Hidratos de Carbono [g]	10,31 ± 0,50	12,54 ± 0,40	22,08 ± 0,30
Proteínas [g]	9,67 ± 0,20	7,31 ± 0,30	6,41 ± 0,30
Grasas totales [g]	27,16 ± 0,20	16,68 ± 0,20	22,13 ± 0,20
Grasas saturadas [g]	3,4 ± 0,10	2,09 ± 0,10	2,77 ± 0,10
Grasas trans [g]	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00	0,01 ± 0,00
Grasas monoinsaturadas [g]	20,67 ± 0,10	12,69 ± 0,10	16,84 ± 0,10
Grasas poliinsaturadas [g]	3,1 ± 0,10	1,9 ± 0,10	2,52 ± 0,10
Cenizas [g]	2,18 ± 0,20	2,49 ± 0,20	1,19 ± 0,20
Humedad [g]	47,13 ± 0,50	56,35 ± 0,40	42,54 ± 0,30
Fibra [g]	3,55 ± 0,20	4,63 ± 0,20	5,65 ± 0,20
Sodio [mg]	678 ± 6	813 ± 13	793 ± 7
Valor energético [kcal / kJ]	324 / 1362	230 / 964	313 / 1315

Nota: Los resultados están expresados cada 100 g de producto. Se consignan los valores medios y la desviación estándar.

### 3- Contenido de polifenoles de materias primas y productos elaborados.

Una vez obtenidos los polvos, se pesa una cantidad de aproximadamente 1 g, siendo los valores exactos los que muestran las tablas N° 7 y 8.

Tabla N°7: Cantidad de materia prima deshidratada para determinar polifenoles

Muestra	PESO 1 (g)
Tomate fresco	1,0638
Pimiento fresco	1,1579
Berenjena fresca	1,0873
Esparrago fresco	1,1206
Pepino fresco	1,0910
Poroto colorado	1,0493
Poroto negro	1,0971
Garbanzo	1,5298

Tabla N°8: Cantidad de producto deshidratado para determinar polifenoles

Muestra	PESO (g)
Tomate deshidratado	1,0280
Tomate envasado con piel y con semilla	1,0410
Tomate sin piel y sin semilla	1,0527
Pimiento en pasta	1,1579
Pepino en pasta	0,8351
Poroto colorado en pasta	1,0493
Poroto negro en pasta	1,0971
Esparrago en pasta	0,7311
Berenjena en pasta	1,3672

Los pesos consignados corresponden a polvos obtenidos cuya humedad era de 2g en 100 g. Con este dato, el peso y la humedad, inicial de cada producto se obtuvo el valor de polifenoles de cada muestra.

Tabla N°9: Valores de absorbancia de los patrones

Patrones	Concentración g/L	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	MEDIA	Desviación estándar
A1	1	0,503	0,528	0,516	0,516	0,013
A2	2	0,948	1,013	1,031	0,997	0,044
A3	3	1,476	1,499	1,434	1,469	0,033
A4	4	1,559	1,52	1,51	1,530	0,026
A5	5	1,994	2,156	2,09	2,079	0,081
BLANCO	0	0	0	0	0	0

\*Las Lecturas 1,2, y 3, corresponden a valores de absorbancia.

Cada patrón indica una concentración de polifenoles. Con los valores medios de las lecturas correspondientes a cada patrón se construyó la curva de calibración del equipo, que se utilizó para calcular posteriormente las concentraciones de las muestras analizadas.

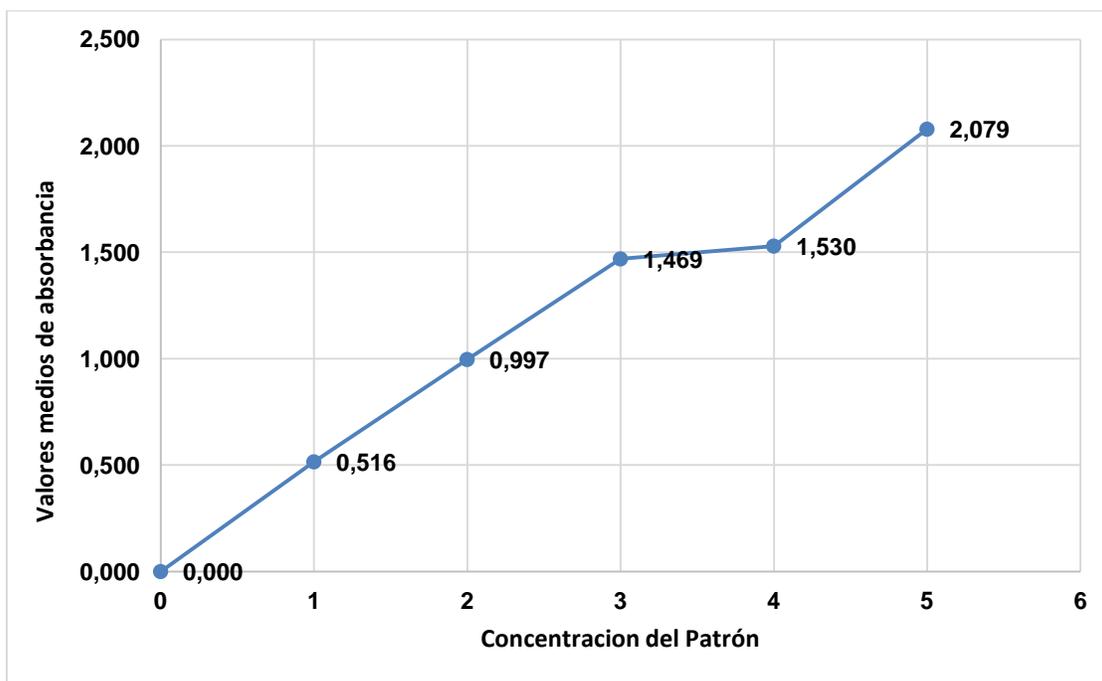


Figura N°22: Curva de calibración según absorbancia de los patrones.

En la curva de calibración en ordenadas se han colocado los valores medios de las lecturas y en abscisas la concentración de cada patrón.

A continuación se colocan los resultados obtenidos para cada una de las materias primas y sus correspondientes productos elaborados.

### 3.1. TOMATE

Los resultados obtenidos al analizar las muestras de tomate se detallan a continuación.

Tabla N°10: Contenido de polifenoles para tomate en fresco y sus productos derivados, en g/kg de muestra.

Tomate fresco	Tomate deshidratado	Tomate en conserva con piel y semilla	Tomate en conserva sin piel y sin semilla
7,32	27,95	8,18	4,85
7,22	28,27	8,05	4,77
7,34	28,16	8,14	4,79
7,32	27,36	8,16	4,83
7,28	27,52	8,12	4,79

Al realizar un análisis para comparar las medias obtenidas, aplicando el estadígrafo T de Student para un número de muestras pequeño y con varianzas desconocidas, resulta que existen diferencias estadísticamente significativas entre el tomate en fresco y los tomates deshidratados y elaborados como tomates en conservas, con piel y sin piel. Los resultados del Análisis estadístico se pueden ver en el Anexo I.

El contenido de polifenoles se incrementa, en el tomate deshidratado, casi 3,8 veces su valor. Por lo cual se puede decir que en el proceso de deshidratación del tomate se aumenta el contenido de polifenoles ya que este proceso conduce a una concentración de todos los sólidos

El tomate en conserva con piel, tiene mayor contenido de polifenoles que el tomate en fresco. Esto concuerda con datos obtenidos de bibliografía. Es decir se incrementaría por el proceso térmico que sufre el tomate durante el baño María (Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., Jiménez, L. 2004).

El tomate en conserva sin piel, tiene una reducción del contenido de polifenoles, del 30% aproximadamente, respecto del tomate en fresco. Esta reducción se debe a que el mayor contenido de polifenoles se encuentra en la piel.

### 3.2. BERENJENA

Tabla N°11: Contenido de polifenoles para berenjena fresca y procesada como pasta, en g/kg

BERENJENA FRESCA	PASTA DE BERENJENA
1,41	8,27
1,40	8,25
1,48	8,27
1,39	8,27
1,41	8,27

Existen diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de polifenoles de las berenjenas en fresco y de la pasta de berenjena. El análisis estadístico se puede observar en el Anexo II

De la tabla N°11 se puede observar que el contenido de polifenoles se ve incrementado notablemente. Esto se presume que se puede deber a:

- a) Al proceso térmico, similar a lo que ocurre en tomate
- b) A un mayor contenido de la proporción de piel en la pasta, que es el sitio en el cual se concentran los polifenoles
- c) A que los condimentos, aportan polifenoles

### 3.3. ESPÁRRAGO

Tabla N° 12: Contenido de polifenoles para espárrago fresco y procesado como pasta, en g/kg

ESPÁRRAGO FRESCO	PASTA DE ESPÁRRAGO
1,16	0,60
1,16	0,64
1,18	0,60
1,18	0,60
1,18	0,60

Existen diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de polifenoles del espárrago fresco y de la pasta de espárrago. El análisis estadístico se puede observar en el Anexo III

De la tabla se puede observar que el contenido de polifenoles se reduce notablemente, al ser transformado en pasta de espárrago. Se deduce que puede deberse al no incluir en la pasta, partes no comestibles del espárrago que no se descartaron en el análisis en fresco

### 3.4. PEPINO

Tabla N°13: Contenido de polifenoles para pepino fresco y procesado como pasta, en g/kg.

PEPINO FRESCO	PASTA DE PEPINOS
3,23	6,01
3,11	5,76
3,13	5,80
3,11	5,76
3,15	5,80

Existen diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de polifenoles del pepino fresco y de la pasta de pepino. El análisis estadístico se puede observar en el Anexo IV

De la tabla N° 13 se puede observar que el contenido de polifenoles se duplica, al ser transformado en pasta de pepino. Esto, como se manifestó antes, se puede deber al proceso térmico y/o a las especias adicionadas para elaborar la pasta.

### 3.5. PIMIENTO

Existen diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de polifenoles del pimiento fresco y de la pasta de pimiento. El análisis estadístico se puede observar en el Anexo V

Tabla N°14: Contenido de polifenoles para pimiento fresco y procesado como pasta, en g/kg

PIMIENTO FRESCO	PASTA DE PIMIENTO
1,459	1,858
1,385	1,929
1,366	1,905
1,385	1,905
1,366	1,905

De la tabla N°14 se puede observar que el contenido de polifenoles se incrementa levemente, al ser transformado en pasta de pimiento. Esto, como se manifestó antes, se puede deber al proceso térmico y/o a las especias adicionadas para elaborar la pasta.

Como el garbanzo arrojó valores de polifenoles muy bajo en la materia prima su pasta no fue analizada.

### 3.6. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES DE TODOS LOS VEGETALES ESTUDIADOS.

Una vez obtenidos los valores de polifenoles para vegetales en fresco y luego de aplicar el proceso de conservación correspondiente, se procede a compararlos entre sí:

Tabla N°15: Contenido de polifenoles para diferentes vegetales en fresco, en g/kg

Tomate	Berenjena	Espárrago	Pepino	Pimiento
7,32	1,41	1,16	3,23	1,46
7,22	1,40	1,16	3,11	1,38
7,34	1,48	1,18	3,13	1,37
7,32	1,39	1,18	3,11	1,38
7,28	1,41	1,18	3,15	1,37

Según lo que indica la tabla N°15, el tomate es el que más polifenoles aporta, seguido del pepino. No existen diferencias estadísticamente significativas respecto al aporte de polifenoles del pimiento y la berenjena (ver Anexo VII) y el vegetal que menos aporta es el espárrago, siendo su aporte estadísticamente menor.

### 3.7. POROTO COLORADO Y PASTA DE POROTO COLORADO

Tabla N°16: Contenido de polifenoles para poroto colorado seco y procesado como pasta, en g/kg

POROTO COLORADO SECO	PASTA DE POROTO COLORADO
13,102	13,352
13,383	13,038
11,447	13,083
11,861	13,083
11,171	13,083

Según la tabla N°16, no existen diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de polifenoles del poroto colorado seco y de la pasta de poroto colorado. El análisis estadístico se puede observar en el Anexo IX.

De la tabla se puede observar que el contenido de polifenoles es importante tanto en el poroto colorado procesado, como sin procesar.

### 3.8. POROTO NEGRO Y PASTA DE POROTO NEGRO

Tabla N°17: Contenido de polifenoles para poroto negro seco y procesado como pasta, en g/kg

POROTO NEGRO SECO	PASTA DE POROTO NEGRO
1,48	1,52
1,51	1,50
1,49	1,50
1,48	1,52
1,55	1,52

No existen diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de polifenoles del poroto negro seco y de la pasta de poroto negro. El análisis estadístico se puede observar en el Anexo X.

De la tabla se puede observar que el contenido de polifenoles es bajo tanto en el poroto negro procesado, como sin procesar.

### 3.9. GARBANZO

Tabla N°18: Contenido de polifenoles para garbanzo seco, en g/kg

	GARBANZO
Media de primera lectura	0,12
Media de segunda lectura	0,11
Media de tercera lectura	0,10
Media de cuarta lectura	0,10
Media de quinta lectura	0,09
<b>Media general</b>	<b>0,10</b>
Desviación estándar	0,01

El contenido de polifenoles del garbanzo en seco es bajo. Por este motivo no se analizó la pasta de garbanzo.

### 3.10. COMPARACIÓN DEL CONTENIDO DE POLIFENOLES DE TODAS LAS LEGUMBRES ESTUDIADAS

Tabla N°19: Contenido de polifenoles para diferentes legumbres secas, en g/kg

POROTO COLORADO	POROTO NEGRO	GARBANZO
13,102	1,48	0,23
13,383	1,51	0,23
11,447	1,49	0,26
11,861	1,48	0,25
11,171	1,55	0,28

Según la tabla N°19, existen diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de polifenoles de las 3 legumbres estudiadas. El análisis estadístico se puede observar en el Anexo XI.

## **V- CONCLUSIONES**

Se pudo cuantificar el contenido de polifenoles en algunos vegetales en fresco resultando el de mayor aporte el tomate, segundo del pepino, con igual aporte el pimiento y la berenjena; resultando tener el menor contenido el espárrago. Un estudio similar se realizó con legumbres, resultando el poroto colorado con el mayor aporte de todos de polifenoles, un aporte mucho menor es el del poroto negro, siendo despreciable el del garbanzo.

Pudo comprobarse que el contenido de polifenoles en alimentos vegetales cambia de acuerdo al proceso tecnológico utilizado en su elaboración.

Respecto al contenido de polifenoles en vegetales elaborados como conservas, se observó que en el tomate con piel presenta un incremento de su contenido respecto al fresco. Este incremento puede originarse en el mismo proceso térmico. Cuando el tomate es pelado la reducción de polifenoles es muy importante (alrededor del 60% menos). Esta disminución se debe a que los polifenoles se encuentran principalmente en la piel de tomate.

Cuando el tomate es deshidratado, como este proceso se realiza con piel, el contenido de polifenoles se ve incrementado, al igual que el resto de los parámetros nutricionales.

Respecto al contenido de polifenoles en pastas de vegetales el mismo es variable, dependiendo del vegetal. El aporte de polifenoles de los condimentos agregados en la fórmula y proporción detallados anteriormente, es bajo y poco significativo (30 mg/kg de pasta).

Por esto, es recomendable, aumentar el consumo de productos vegetales en sus diferentes preparaciones, ya que aunque el aporte de polifenoles es variables, en todos los casos contribuyen a la salud.

## VI- BIBLIOGRAFÍA

AMADIO, C. y col. Aceite esencial de orégano: un potencial aditivo alimentario. 2011. Rev. Fac. Cienc. Agrar., Univ. Nac. Cuyo [online]. Vol.43, n.1, pp. 237-245.

ALONSO, P., SALUCCI, M., LÁZARO, R., MALANI, G., & FERRO-LUZZI, A. (1999). Capacidad antioxidante y potencial de sinergismo entre los principales constituyentes antioxidantes de algunos alimentos. Rev Cubana Alim Nutric, 13(2), 104-111.

BELLIDO G., BETA T., 2009 Anthocyanin Composition and Oxygen Radical Scavenging Capacity (ORAC) of Milled and Pearled Purple, Black, and Common Barley. J. Agric. Food Chemical, 2009, 57 (3), 1022–1028.

BOTELHO, Françoise V., et al. *Effects of eggplant (Solanum melongena) on the atherogenesis and oxidative stress in LDL receptor knockout mice (LDLR<sup>-/-</sup>)*. Food and chemical toxicology, 2004, vol. 42, no 8, p. 1259-1267.

BRAMLEY, P. M. (2000). Elevation of the provitamin A content of transgenic tomato plants. Nature biotechnology, 18(6), 666-669.

COULTATE, T. P., CARANDANG, R., & ZIEGLER, G. (1998). Food: The Chemistry of Its Components. Journal of Chemical Education, 75(2), 152-152.

FARDET A. Et. Al., 2008. New hypotheses for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: what is beyond fibre? Nutrition Research Reviews. Vol 23. Issue 01, 65-134.

FIGUEROA CARES I. Et Al., Capacidad antioxidante en variedades de pimiento morrón (*Capsicum annum L.*) Interciencia, vol. 40, núm. 10, octubre, 2015, pp. 696-703.

FLORES D., Tesis. 2015. Polifenoles en aceitunas y aceites. Universidad Juan Agustín Maza.

FOLQUER F., 1976. El tomate, estudio de la planta y su producción comercial. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires. AR. 1976. 104 p.

GALVIS V., MORALES M. SUÁREZ A. 2012. Cambios de color y contenido de ácidos durante el almacenamiento del tomate (*Lycopersicon esculentum*) variedad larga vida, mínimamente procesado. 2012. Vitae 19 revista de la facultad de química farmacéutica (supl. 1).

GEORGE, Binoy, et al. Antioxidants in tomato (*Lycopersicon esculentum*) as a function of genotype. Food chemistry, 2004, vol. 84, no 1, p. 45-51.

GORDON, A. 2001. Antioxidant activity of hydroxytyrosol acetate compared with that other olive oil polyphenols. *Journal of Agricultural and food chemistry* (49): 2480-2485.

HALLMANN E, REMBIAŁKOWSKA E (2012). Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum L.*) under organic and conventional growing systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 92: 2409-2415

HERMS, D., MATTSON, W. (1992). The dilemma of plants: to grow or defend. *Quarterly review of biology*, 283-335.

JOHANSSON M, Et Al. (1995) Influence of pro- and antioxidants on the formation of mutagenic-carcinogenic heterocyclic amines in a model system. *Food Chemistry*, Vol. 56, No. 1, pp. 6-75, 1995.

KAUR, D., WANI, A., SOGI, D., SHIVHARE, U. S. (2006). Sorption isotherms and drying characteristics of tomato peel isolated from tomato pomace. *Drying technology*, 24(11), 1515-1520.

KAUR, D., WANI, A., OBEROI, D., SOGI, D. (2008). Effect of extraction conditions on lycopene extractions from tomato processing waste skin using response surface methodology. *Food chemistry*, 108(2), 711-718.

MASISI K. (2015) Antioxidant properties of diverse cereal grains: A review on in vitro and in vivo studies. *Food Chemistry* 196 (2016) 90–97

LANGSETH L., BENDICH A. 1995. The health effects of vitamin C supplementation: a review. *Journal of the American College of Nutrition*, vol. 14, no 2, p. 124-136.

LÓPEZ, L., SABATER, A, I RAVENTÓS, M., I FONT, R, I SALA, A. (2004). *Antioxidants i salut*. Institut d'Estudis Catalans.

LORIO, P., SOMMERS, R. A. (1986). Evidence of competition for photosynthates between growth processes and oleoresin synthesis in *Pinus taeda L.* *Tree physiology*, 2(1-2-3), 301-306.

MANACH, 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.

MÁRQUEZ-SANDOVAL, F., BULLÓ, M., VIZMANOS, B., AGUSTENCH, P. C., & SALVADÓ, J. S. (2008). Un patrón de alimentación saludable: la dieta mediterránea tradicional. *Antropo*, (16), 11-22.

MARTÍNEZ-FLÓREZ, S., GONZÁLEZ-GALLEGO, J., CULEBRAS, J. M. (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, 17(n06).

MIGLIORE, L.; COPPEDÈ, F. Environmental-induced oxidative stress in neurodegenerative disorders and aging. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 2009, vol. 674, no 1, p. 73-84.

MORITZ, B., TRAMONTE, V. (2006). La biodisponibilidad del licopeno. *Revista Nutricion*, 19(2).

NADA C´ UJIC´ 2015. Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique *Food Chemistry* 194 (2016) 135–142.

NAMESNY, A. V. El pimiento en el mundo. *Compendios de horticultura. Pimientos*. Namesny AV (ed). Ed. Horticultura SL Reus, España, 1996, p. 13-20.

NISHA, P., P. NAZAR Y P. JAYAMURTHY. 2009 A comparative study on antioxidant activities of different varieties of *Solanum melongena*. *Food and Chemical Toxicology* 47: 2640–2644.

NODA, Y., T. KNEYUKI, K. IGARASHI, A. MORI Y L. PACKER. 2000. Antioxidant activity of nasunin, an anthocyanin in eggplant peels. *Toxicology* 148: 119–123.

OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS A.O.A.C. 15th Edition, U.S.A. (1990).

OMONI, A., ALUKO, R. (2005). The anti-carcinogenic and anti-atherogenic effects of lycopene: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 16(8), 344-350.

ROLEIRA, F. M., TAVARES-DA-SILVA, E. J., VARELA, C. L., COSTA, S. C., SILVA, T., GARRIDO, J., & BORGES, F. (2015). Plant derived and dietary phenolic antioxidants: Anticancer properties. *Food chemistry*, 183, 235-258.

ROSS 1993. The pathogenesis of atherosclerosis: a perspective for the 1990s. *Nature*, 362 (1993), 801-809.

SADILOVA, E.; STINTZING, F.; CARLE, R. Anthocyanins, colour and antioxidant properties of eggplant (*Solanum melongena* L.) and violet pepper (*Capsicum annum* L.) peel extracts. 2006. *Zeitschrift für Naturforschung C*, vol. 61, no 7-8, p. 527-535.

SHARMA, S. K., LE MAGUER, M. (1996). Kinetics of lycopene degradation in tomato pulp solids under different processing and storage conditions. *Food Research International*, 29(3), 309-315.

SHI, J., MAGUER, L. (2000). Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing. *Critical reviews in food science and nutrition*, 40(1), 1-42.

SINGH, A., LUTHRIA, D., WILSON, T., VORSA, N., SINGH, V., BANUELOS, G. , y PASAKDEE, S. (2009). Polyphenols content and antioxidant capacity of eggplant pulp. *Food Chemistry*, 114(3), 955-961.

SLAVIN, J. (2003). Why whole grains are protective: biological mechanisms. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(01), 129-134.

SOGI, D. S., SHIVHARE, U. S., GARG, S. K., & BAWA, A. S. (2003). Water sorption isotherm and drying characteristics of tomato seeds. *Biosystems Engineering*, 84(3), 297-301.

SOHAL, R., WEINDRUCH, R. (1996). Oxidative stress, caloric restriction, and aging. *Science*, 273(5271), 59-63.

STEINBERG, D. (1997). Low density lipoprotein oxidation and its pathobiological significance. *Journal of Biological Chemistry*, 272(34), 20963-20966.

STRATI, I., OREOPOULOU, V. (2011). Process optimisation for recovery of carotenoids from tomato waste. *Food chemistry*, 129(3), 747-752.

TAUNGBODHITHAM, A., JONES, G, WAHLQVIST, M., BRIGGS, D.(1998). Evaluation of extraction method for the analysis of carotenoids in fruits and vegetables. *Food chemistry*, 63(4), 577-584.

TODARO, A. 2009. Recovery of anthocyanins from eggplant peel. *Journal Food Chemistry* 114: 434-439.

TRIBBLE, D., NUTRITION COMMITTEE. (1999). Antioxidant Consumption and Risk of Coronary Heart Disease: Emphasis on Vitamin C, Vitamin E, and  $\beta$ -Carotene A Statement for Healthcare Professionals From the American Heart Association. *Circulation*, 99(4), 591-595.

VAN DEN BERG, H., FAULKS, R., GRANADO, H., HIRSCHBERG, J., OLMEDILLA, B., SANDMANN, G., STAHL, W. (2000). The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 880-912.

WINTER, C.; DAVIS, S. Organic foods. Journal of food science, 2006, vol. 71, no 9, p. R117-R124.

WILLIAMSON MANACH. 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans II. Review of 93 intervention studies. American Journal of Clinical Nutrition (81): 243S-255S.

YANG, C., LANDAU, J., HUANG, M., NEWMARK, H. (2001). Inhibition of carcinogenesis by dietary polyphenolic compounds. Annual review of nutrition, 21(1), 381-406.

ZERN, T., FERNANDEZ, M. (2005). Cardioprotective effects of dietary polyphenols. The Journal of nutrition, 135(10), 2291-2294.

## VII- ANEXOS

### ANEXO I

#### PRUEBA DE STUDENT PARA PRODUCTOS DE TOMATE

En todos los casos, se aplica la prueba de T de Student mediante el software estadístico Microsoft Excel ,para muestras pequeñas con varianzas desconocidas.

#### I.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles en tomate fresco y tomate deshidratado

	Deshidratado	Fresco
	<i>27,94736831</i>	<i>7,317570161</i>
Media	27,82968215	7,287672284
Varianza	0,206113566	0,002852886
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,353620825	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	86,39863421	
P(T<=t) una cola	0,0000017	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	0,0000034	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

Teniendo en cuenta que el valor de T muestral es mayor que el T crítico, se rechaza la Hipótesis Nula, aceptando entonces que existen diferencias estadísticamente significativas entre ambas medias, considerando un  $\alpha < 0,05$ .

### 1.2.-Comparación de medias para contenido de polifenoles en tomate fresco y tomate en conserva con piel

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Fresco	Con Piel
	<i>8,178068188</i>	<i>7,317570161</i>
Media	8,116424458	7,287672284
Varianza	0,001970344	0,002852886
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0,935795285	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	84,37830789	
P(T<=t) una cola	0,0000018	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	0,0000037	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

Ya que T muestral es mayor a T crítico, se puede concluir que, existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$ , para las muestras de Tomate fresco y Tomate en Conserva con piel.

### 1.3.-Comparación de medias para contenido de polifenoles en tomate fresco y tomate en conserva sin piel

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Fresco	Sin Piel
	7,317570161	4,849108131
Media	7,287672284	4,793312954
Varianza	0,002852886	0,000651779
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0,657657334	
Diferencia hipotética de las medias		0
Grados de libertad		3
Estadístico t	120,6018224	
P(T<=t) una cola	0,0000006	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	1,2569E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

Al comparar los valores del estadígrafo T, o el p-valor, se puede concluir que existen diferencias estadísticamente significativas entre el contenido de las muestras, considerando un  $\alpha < 0,05$ , ya que el p-valor es menor a este  $\alpha$ .

#### 1.4.-Comparación de medias para contenido de polifenoles en tomate en conserva con piel y sin piel

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Con Piel	Sin Piel
	<i>8,178068188</i>	<i>4,849108131</i>
Media	8,116424458	4,793312954
Varianza	0,001970344	0,000651779
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0,858395075	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	255,5123058	
P(T<=t) una cola	0,0000001	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	0,0000001	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

Existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$ , ya que el p-valor es menor que nivel de significancia ( $\alpha$ ).

## ANEXO II

### PRUEBA DE STUDENT PARA PRODUCTOS DE BERENJENA

#### II.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles en berenjena fresca y pasta de berenjena

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.

	Berenjena Frescas	Berenjenas en pasta.
	<u>8,271067869</u>	<u>1,413427423</u>
Media	8,265275805	1,419882523
Varianza	0,000134192	0,001477099
Observaciones	4	4
Coeficiente de correlación de Pearson	0,430236889	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	390,6559934	
P(T<=t) una cola	0,00000002	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	0,00000004	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

Existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$ , observando que el valor del estadígrafo T muestral es mayor que el T crítico, rechazando así la Hipótesis Nula de que las medias son iguales.

### ANEXO III

#### PRUEBA DE STUDENT PARA PRODUCTOS DE ESPÁRRAGO

##### III.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles en espárrago fresco y pasta de espárrago

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Esparrago Fresco	Esparrago Pasta
	<i>1,163516598</i>	<i>0,602555922</i>
Media	1,17782213	0,609644645
Varianza	9,09548E-05	0,000367848
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,985633575	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	39,69836035	
P(T<=t) una cola	0,0000176	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	0,0000352	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

Existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$

## ANEXO IV

### PRUEBA DE STUDENT PARA PRODUCTOS DE PEPINO

#### IV.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles en pepino fresco y pasta de pepino

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Pasta	Fresco
	<u>6,006513785</u>	<u>3,226825498</u>
Media	5,779523438	3,126583877
Varianza	0,000406506	0,000334187
Observaciones	4	4
Coeficiente de correlación de Pearson	0,904534034	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	617,1627662	
P(T<=t) una cola	4,6907E-09	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	9,3814E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	<u>3,182446305</u>	

Existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$ , ya que el p-valor es mucho menor que el nivel de significancia empleado.

## ANEXO V

### PRUEBA DE STUDENT PARA PRODUCTOS DE PIMIENTO

#### V.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles en pimiento fresco y pasta de pimiento

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Pasta	Fresco
	<i>1,858032751</i>	<i>1,458776194</i>
Media	1,910951405	1,375681348
Varianza	0,000138291	0,000113658
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0,577350269	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	103,4046055	
P(T<=t) una cola	9,96954E-07	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	1,99391E-06	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

Existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$ , para las 2 muestras de pimiento, considerando que el T muestral es mayor que el T critico.

## ANEXO VI

### ANOVA PARA EL CONTENIDO DE POLIFENOLES DE TODO LOS VEGETALES ESTUDIADOS

En este caso, es conveniente utilizar un Análisis de la Varianza, ya que se están comparando más de 2 muestras.

#### VI.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles de todos los vegetales estudiados

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1	5	36,4682593	7,29365186	0,00231844
Columna 2	5	7,092957516	1,418591503	0,00111616
Columna 3	5	5,874805118	1,174961024	0,00010915
Columna 4	5	15,73316101	3,146632201	0,00226032
Columna 5	5	6,961501585	1,392300317	0,00146619

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	134,0370095	4	33,50925237	23045,4426	2,53638E-36	2,866081402
Dentro de los grupos	0,029081023	20	0,001454051			
Total	134,0660905	24				

Existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$  porque F muestral, supera el valor de F crítico.

## ANEXO VII

### PRUEBA DE STUDENT PARA EL CONTENIDO DE PIMIENTO Y BERENJENA

#### VII.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles de pimiento y berenjena en fresco

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.

	Berenjena	Pimiento
	<i>1,413427423</i>	<i>1,458776194</i>
Media	1,419882523	1,375681348
Varianza	0,001477099	0,000113658
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	-0,764466699	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	1,877411876	
P(T<=t) una cola	0,07854835	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	0,1570967	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

En este caso, como el p-valor es mayor que el nivel de significancia ( $\alpha$ ), se puede decir que NO existen diferencias estadísticamente significativas, en el aporte de polifenoles de pimientos y berenjenas en fresco, considerando un  $\alpha < 0,05$ .

## ANEXO VIII

### PRUEBA DE STUDENT PARA EL CONTENIDO DE ESPÁRRAGO Y BERENJENA

#### VIII.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles de esparrago y berenjena en fresco

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Berenjena	Esparrago
	<i>1,413427423</i>	<i>1,163516598</i>
Media	1,419882523	1,17782213
Varianza	0,001477099	9,09548E-05
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0,430236889	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	13,67846705	
P(T<=t) una cola	0,000422702	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	0,000845405	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

Existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$ , ya que el valor de T muestral es mayor que el T critico.

## ANEXO IX

### PRUEBA DE STUDENT PARA EL CONTENIDO DE POROTO COLORADO SECO Y EN PASTA

#### IX.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles de poroto colorado en seco y poroto colorado en pasta.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Pasta	Seco
	<i>13,3520854</i>	<i>13,1022501</i>
Media	13,07205005	11,96569856
Varianza	0,000501887	0,973325546
Observaciones	4	4
	-	
Coefficiente de correlación de Pearson	0,957854907	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	2,195028996	
P(T<=t) una cola	0,057854255	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	0,11570851	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

No existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$ . El valor de T muestral NO es mayor que el T crítico.

## PRUEBA DE STUDENT PARA EL CONTENIDO DE POROTO NEGRO SECO Y EN PASTA

### X.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles de poroto negro en seco y poroto negro en pasta.

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Pasta	Seco
	<i>1,520504529</i>	<i>1,482103965</i>
Media	1,508244031	1,507408314
Varianza	0,00015539	0,000762543
Observaciones	4	4
Coefficiente de correlación de Pearson	0,174099671	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	3	
Estadístico t	0,059165388	
P(T<=t) una cola	0,478270507	
Valor crítico de t (una cola)	2,353363435	
P(T<=t) dos colas	0,956541014	
Valor crítico de t (dos colas)	3,182446305	

No existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$ , el p-valor es mayor que  $\alpha$ .

**ANOVA PARA EL CONTENIDO DE POLIFENOLES EN TODOS LAS LEGUMBRES ESTUDIADAS.**

**XI.1.-Comparación de medias para contenido de polifenoles de legumbres estudiadas.**

RESUMEN

<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
Columna 1 (Colorado)	5	60,96504432	12,19300886	0,98834404
Columna 2 (Negro)	5	7,51173722	1,502347444	0,00069997
Columna 3 (Garbanzo)	5	1,239204845	0,247840969	0,00049346

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	430,9184402	2	215,4592201	653,211912	5,68535E-13	3,885293835
Dentro de los grupos	3,958149864	12	0,329845822			
Total	434,8765901	14				

Existen diferencias estadísticamente significativas, considerando un  $\alpha < 0,05$