



**UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE**  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE AGRONOMIA

**Determinación de la cantidad de fenoles totales y la actividad  
antioxidante en papas nativas pigmentadas**

Tesis presentada como parte de  
los requisitos para optar al grado  
de Licenciado en Agronomía.

**NINFA CAROLINA FUENZALIDA GAJARDO**

VALDIVIA-CHILE

2008

## **PROFESOR PATROCINANTE**

Andrés Contreras M.

Ing. Agr.

---

## **PROFESORES INFORMANTES**

Susan Hess F.

Lic. Quím., M. Quím., Dr. Quím.

---

Kong Shun Ah-Hen

Ing. Alim.; Dipl.- Ing.; Dr. - Ing.

---

**INSTITUTO DE PRODUCCION Y SANIDAD VEGETAL**

*A mis papás  
Ninfa y Lupercio*

## INDICE DE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1	Antecedentes de la papa.	3
2.2	Principales variedades de papas utilizadas en el país	3
2.3	Colección de papas nativas chilenas.	4
2.3.1	Características morfológicas.	4
2.4	Composición química de las papas ( <i>Solanum tuberosum ssp tuberosum</i> ).	5
2.4.1	Compuestos fenólicos.	7
2.4.2	Actividad antioxidante.	9
2.4.2.1	Los mecanismos para neutralizar a los radicales libres.	10
2.5	Efectos de los compuestos fenólicos y antioxidante en la salud.	10
2.6	Uso potencial y proyecciones de las papas nativas pimentadas.	11
2.7	Determinación de fenoles totales y actividad antioxidante.	13
3	MATERIAL Y METODO	15
3.1	Material	15
3.1.1	Ubicación.	15

3.1.2	Material vegetal.	15
3.1.3	Descripción del material vegetal.	16
3.1.3.1	Variedad Shepody.	17
3.1.3.2	Variedad Desirée.	17
3.1.3.3	Genotipo NG-5.	18
3.1.3.4	Genotipo NG-6.	18
3.1.3.5	Genotipo NG-71.	19
3.1.3.6	Genotipo NG-85.	19
3.1.3.7	Genotipo 239-UA-1388.	20
3.1.3.8	Genotipo 254-CON-902.	20
3.1.3.9	Genotipo 267-UA-1550.	21
3.1.3.10	Genotipo 283-UA-1108.	21
3.1.3.11	Genotipo 301-UA-1500.	22
3.1.3.12	Genotipo 302-UA-1634A.	22
3.1.3.13	Genotipo 304-UA-1135.	23
3.1.3.14	Genotipo 457-CON-1157.	23
3.1.4	Material de laboratorio.	24
3.1.5	Reactivos.	24
3.2	Método	25
3.2.1	Obtención de materia seca.	26
3.2.2	Proceso de liofilización.	27
3.2.3	Determinación de fenoles totales.	27
3.2.3.1	Calibración del espectrofotómetro.	28
3.2.3.2	Fenoles totales en papas.	29
3.2.4	Determinación de la actividad antioxidante.	29
3.2.4.1	Máxima absorción del $\beta$ -caroteno.	30
3.2.4.2	Actividad antioxidante en papas.	30
3.3	Análisis estadístico.	31

4	PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS	33
4.1	Análisis para fenoles totales.	33
4.1.1	Análisis de fenoles totales en tubérculos sin y con piel.	34
4.1.1.1	Concentración de fenoles totales según el mayor valor promedio.	41
4.1.1.2	Diferencia en el porcentaje de la concentración de fenoles totales.	42
4.2	Análisis de actividad antioxidante.	45
4.2.1	Tasa de degradación.	46
4.2.1.1	Tasa de degradación en relación al testigo Shepody.	46
4.2.1.2	Tasa de degradación en relación al testigo Desirée.	50
4.2.2	Actividad antioxidante.	54
4.2.2.1	Análisis de actividad antioxidante cuando el testigo es Shepody.	55
4.2.2.2	Análisis de actividad antioxidante cuando el testigo es Desirée.	60
4.3	Correlación entre los fenoles totales y la actividad antioxidante.	68
5	CONCLUSIONES	72
6	RESUMEN	73
	SUMMARY	75
7	BIBLIOGRAFIA	77
	ANEXOS	83

**INDICE DE CUADROS**

<b>Número</b>		<b>Página</b>
1	Principales componentes de la papa, considerando rangos y mediadas porcentuales.	6
2	Identificación y origen de las variedades testigos y genotipos nativos chilenos.	16
3	Prueba de rangos múltiples Tukey para LOG(fenoles totales mg/100 g materia seca), obtenidos de tubérculos de papa sin y con piel.	34
4	Concentración de fenoles totales (mg/100 g materia seca) para genotipos nativos chilenos y testigos comerciales en tubérculos de papa sin y con piel.	36
5	Prueba de rangos múltiples Tukey para LOG(fenoles totales mg/100 g materia seca), obtenidos de tubérculos de papa sin y con piel para cada una de las variedades y genotipos.	39
6	Cantidad de fenoles totales y porcentaje en base al mayor valor, obtenidos de tubérculos con piel.	42
7	Diferencias en concentración de fenoles totales (mg/100 g materia seca) en tubérculos sin y con piel.	43
8	Tasa de degradación en antioxidantes artificiales, testigo Shepody y genotipos nativos chilenos en tubérculos sin y con piel.	47
9	Tasa de degradación ordenados según prueba de rangos múltiples Tukey en tubérculos sin y con piel, con el testigo variedad Shepody.	48

10	Tasa de degradación en antioxidantes artificiales, testigo Desirée y genotipos nativos chilenos en tubérculos sin y con piel.	51
11	Tasa de degradación ordenados según prueba de rangos múltiples Tukey, según el testigo variedad Desirée.	52
12	Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos sin y con piel de genotipos nativos chilenos y testigo variedad Shepody.	56
13	Prueba de rangos múltiples Tukey para $\text{Arcoseno}\sqrt{\text{AA}\%}$ en tubérculos sin y con piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Shepody.	59
14	Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos sin y con piel de genotipos nativos chilenos y testigo variedad Desirée.	61
15	Prueba de rangos múltiples Tukey para $\text{Arcoseno}\sqrt{\text{AA}\%}$ en tubérculos sin y con piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Desirée.	64
16	Actividad antioxidante y fenoles totales en frutas seleccionadas, vegetales y productos de grano.	67



**INDICE DE FIGURAS**

<b>Número</b>		<b>Página</b>
1	Variabilidad del germoplasma nativo chileno.	5
2	Tubérculos del testigo variedad Shepody.	17
3	Tubérculos del testigo variedad Desirée.	17
4	Tubérculos del genotipo nativo NG-5.	18
5	Tubérculos del genotipo nativo NG-6.	18
6	Tubérculos del genotipo nativo NG-71.	19
7	Tubérculos del genotipo nativo NG-85.	19
8	Tubérculos del genotipo nativo 239-UA-1388.	20
9	Tubérculos del genotipo nativo 254-CON-902.	20
10	Tubérculos del genotipo nativo 267-UA-1550.	21
11	Tubérculos del genotipo nativo 283-UA-1108.	21
12	Tubérculos del genotipo nativo 301-UA-1500.	22
13	Tubérculos del genotipo nativo 302-UA-1634A.	22
14	Tubérculos del genotipo nativo 304-UA-1135.	23
15	Tubérculos del genotipo nativo 457-CON-1157.	23
16	Esquema de la organización de las muestras en el ensayo para cada genotipo y variedad.	26
17	Soluciones en distintas concentraciones de ácido ferúlico para formar la curva de calibración.	28

18	Fenoles totales en variedades testigos comerciales y genotipos pigmentados nativos de Chile, obtenidas de tubérculos sin y con piel.	37
19	Tasa de degradación de antioxidantes artificiales, tubérculos sin piel de la variedad comercial Shepody y genotipos nativos.	49
20	Tasa de degradación en antioxidantes artificiales, tubérculos sin piel en genotipos nativos y variedad comercial Desirée.	54
21	Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos nativos sin piel, obtenidas en base a la variedad testigo Shepody.	57
22	Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos nativos con piel, obtenidas en base a la variedad testigo Shepody.	57
23	Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos nativos sin piel, obtenidas en base al testigo Desirée.	62
24	Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos nativos con piel, obtenidas en base al testigo Desirée.	62
25	Curva cinética en tubérculos sin piel de variedades testigos, genotipos nativos pigmentados y antioxidantes artificiales, basados en el método del blanqueamiento del $\beta$ - caroteno.	66
26	Curva cinética en tubérculos con piel de variedades testigos, genotipos nativos pigmentados y antioxidantes artificiales, basados en el método del blanqueamiento del $\beta$ - caroteno.	66

27	Correlación entre la actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales en tubérculos sin piel en genotipos nativos, con el testigo Shepody.	68
28	Correlación entre actividad antioxidante y contenido de fenoles totales en tubérculos con piel en genotipos nativos, con el testigo Shepody.	69
29	Correlación entre actividad antioxidante y contenido de fenoles totales en tubérculos sin piel en genotipos nativos, con el testigo Desirée.	69
30	Relación entre actividad antioxidante y contenido de fenoles totales en tubérculos con piel en genotipos nativos, con el testigo Desirée.	70

**INDICE DE ANEXOS**

<b>Número</b>		<b>Página</b>
1	Promedio de Materia Seca en porcentaje (%) de los distintos grupos de tubérculos sin y con piel.	84
2	Promedio de materia seca del material liofilizado en porcentaje (%) de los distintos grupos de tubérculos sin y con piel.	84
3	Análisis de Varianza en la concentración de fenoles totales para el factor piel.	85
4	Análisis de Varianza en la concentración de fenoles totales para el factor genotipo/variedad en tubérculos sin piel.	85
5	Análisis de Varianza en la concentración de fenoles totales para el factor genotipo/variedad en tubérculos con piel.	86
6	Análisis de Varianza en la tasa de degradación para el factor genotipo/variedad en tubérculos sin piel, testigo Shepody.	86
7	Análisis de Varianza en la tasa de degradación para el factor genotipo/variedad en tubérculos con piel, testigo Shepody.	87
8	Análisis de Varianza en la tasa de degradación para el factor genotipo/variedad en tubérculos sin piel, testigo Desirée.	87

9	Análisis de Varianza en la tasa de degradación para el factor genotipo/variedad en tubérculos con piel, testigo Desirée.	88
10	Análisis de Varianza para el Arcoseno $\sqrt{AA\%}$ en tubérculos sin piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Shepody.	88
11	Análisis de Varianza para el Arcoseno $\sqrt{AA\%}$ en tubérculos con piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Shepody.	89
12	Análisis de Varianza para el Arcoseno $\sqrt{AA\%}$ en tubérculos sin piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Desirée.	89
13	Análisis de Varianza para el Arcoseno $\sqrt{AA\%}$ en tubérculos con piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Desirée.	90
14	Curva cinética promedio para el testigo Shepody sin y con piel.	90
15	Curva cinética promedio para el testigo Desirée sin y con piel.	91
16	Curva cinética promedio para el genotipo NG-6 sin y con piel.	91
17	Curva cinética promedio para el genotipo 239-UA-1388 sin y con piel.	92
18	Curva cinética promedio para el genotipo 267-UA-1550 sin y con piel.	92
19	Curva cinética promedio para el genotipo 301-UA-1500 sin y con piel.	93
20	Curva cinética promedio para el antioxidante artificial BHA.	93

21	Curva cinética promedio para el antioxidante artificial BHT.	94
22	Curva cinética promedio para el antioxidante artificial alfa-Tocoferol.	94

## 1 INTRODUCCION

Actualmente la tendencia de los mercados es obtener productos novedosos, de gran calidad, y por sobre todo, producidos naturalmente. Un alimento saludable que reúne estas características son las papas nativas pigmentadas de diversos colores, de las cuales Chile tiene una gran reserva y variedad, las que provienen en su mayoría de la Isla de Chiloé.

Las papas nativas pigmentadas con antocianina (definido como pigmento fenólico), así como también otros vegetales, son antioxidantes los cuales permiten que las células no sufran oxidación o que se mantengan en un equilibrio para los procesos de oxido-reducción que ocurren en forma natural dentro del organismo. Dentro de las propiedades que se asocian principalmente, se encuentran la disminución de enfermedades cardiovasculares y su efecto anticancerígeno.

Por lo tanto, el beneficio de los compuestos fenólicos antioxidantes es su contribución a la mantención de la salud y bienestar del organismo, disminuyendo el riesgo de enfermedades cardiovasculares y aumentando la protección contra la acción nociva de sustancias provenientes de la dieta y del entorno ambiental.

La hipótesis que se plantea en este estudio acerca de las papas nativas pigmentadas con antocianina (púrpura), es que tienen mayor cantidad de fenoles totales y actividad antioxidante que las papas comerciales de pigmentación carotenoide (amarilla). Además, la actividad antioxidante de las papas está relacionada con la cantidad de fenoles totales presentes en ellas, los cuales se encuentran en mayor concentración en la piel.

El objetivo principal de este estudio es determinar el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante en papas de origen nativo con pigmentación antociánica y papas comerciales de uso común en nuestro país con pigmentación carotenoide y comprobar que existe una correlación entre la actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales en las papas estudiadas.

Los objetivos específicos son:

- Determinar y analizar en papas nativas pigmentadas el contenido de fenoles totales y actividad antioxidante cuando se encuentran sin y con piel.
- Determinar si el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante tiene relación con la piel.
- Correlacionar el contenido de fenoles totales y actividad antioxidante en las papas analizadas.



## 2 REVISION BIBLIOGRAFICA

### 2.1 Antecedentes de la papa.

La papa es un alimento de alta calidad, destacándose por su balance proteína-energía, con una relación favorable del contenido de calorías proteicas versus calorías totales, su contenido de vitaminas, especialmente la vitamina C, aminoácidos esenciales como la lisina y minerales principalmente fósforo, potasio y calcio (LARRAIN *et al.*, 2003).

### 2.2 Principales variedades de papas utilizadas en el país.

Las variedades pueden clasificarse de acuerdo a la duración entre el período de plantación y cosecha, en variedades precoces, semiprecoces, semitardías y tardías. Además, relacionado con la época de plantación en Chile, pueden ser clasificadas como papa primor, temprana y cuaresmera. Otra forma de clasificación, es de acuerdo al color de su piel (CONTRERAS, 2003).

Actualmente, las variedades que se cultivan en el país son de origen holandés, alemán, canadiense, norteamericano y unas pocas chilenas. Además, se puede mencionar que las variedades que están creciendo en el área industrial son Shepody, Ranger Russet, Atlantic, Panda, Lady Roseta y Yagana (CONTRERAS, 1998).

Muchas de otras variedades, si bien no ocupan una gran superficie, alcanzan una cierta importancia. Así, por ejemplo, las variedades Bintje y Kennebec presentan una excelente calidad para la fabricación de papas fritas, pero debido a su piel blanca no son apetecidas para el consumidor chileno. En general, y por este motivo, las variedades de piel blanca son las menos utilizadas (CONTRERAS, 2003).

### 2.3 Colección de papas nativas chilenas.

Desde la creación de la Universidad Austral de Chile, profesionales de esta casa de estudios se han preocupado de conocer las variedades de papas nativas que crecen en el sur del país. Este material colectado se ha evaluado, caracterizado y determinado su uso (CONTRERAS *et al.*, 1992).

Actualmente se tiene en este banco genético la mayor colección nacional de papas nativas. Con este trabajo se ha evitado la desaparición de valiosos genotipos de la Isla<sup>1</sup>. Este material es mantenido como semillas y clones en la Universidad Austral de Chile (SPOONER *et al.*, 1991).

**2.3.1 Características morfológicas.** Los genotipos nativos, presentan diversas características morfológicas que las diferencian entre sí como planta (CONTRERAS, 1969). A ésta le siguen la caracterización electroforética de proteínas y esterasas, y marcadores moleculares. Según esta caracterización de más de 700 accesiones, en la actualidad y vía estas descripciones se han caracterizado genotipos diferentes<sup>1</sup>.

Existe una gran variabilidad de formas, pudiendo ser redondeadas, ovalada, muy alargada con contorno regular, muy alargada con contorno irregular, y otras (CONTRERAS, 1998).

En cuanto al color, las papas nativas tienen colores variables de piel y de pulpa, donde muchas de ellas son amarillas/blancas, encontrándose incluso algunas con pigmentos morados, rojos, y hasta azules (CONTRERAS, 1969; URRUTIA, 2001; BELTRAN, 2002; RODRIGUEZ, 2002; CENTRO DE ESTUDIOS Y TECNOLOGÍA CHILOÉ (CET), s/f). Además, se encuentran

---

<sup>1</sup>CONTRERAS, A. (2006). Ing. Agr. Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Valdivia. Comunicación personal.

tubérculos variegados que son aquellos en que existe una asociación notoria de colores, donde se puede observar una asociación entre amarillo y rosado-púrpura o, amarillo y púrpura azulado (CONTRERAS,1969).

En la Figura 1, se muestra la variabilidad de formas y colores en las papas nativas del Banco Genético de la Universidad Austral de Chile.



**Figura 1** Variabilidad del germoplasma nativo chileno.

#### **2.4 Composición química de las papas (*Solanum tuberosum* ssp *tuberosum*).**

La calidad del tubérculo de la papa está íntimamente relacionada con su composición química (Cuadro 1), y en esto influyen diversos factores como son: la variedad, el clima, los sistemas de manejo, el año agrícola, la zona de

procedencia, la fisiología, el almacenamiento, y el estado post-cosecha (BONIERBALE *et al.*, 2004).

**CUADRO 1 Principales componentes de la papa, considerando rangos y medias porcentuales.**

Componente	Rango	Media
	(%)	(%)
Agua	63,2 - 86,9	75,05
Sólidos totales	13,1 - 36,8	23,7
Proteína (Nitrogeno total*6.25)	0,7 - 4,6	2,0
Materia grasa	0,02 - 0,20	0,12
Azúcares reductores	0,0 - 5,0	0,3
Carbohidratos totales	13,3 - 30,53	21,9
Fibra Cruda	0,17 - 3,48	0,71
Acidos orgánicos	0,4 - 1,0	0,6
Ceniza	0,44 - 1,9	1,1
Glicoalcaloides (Solanina) (*)	0,2 - 41	3 -10
Vitamina C (*)	1,0 - 54	10 -25
Compuestos fenólicos (*)	5 - 30	----

(\*) La unidad corresponde a mg por 100g.

**FUENTE:** Adaptado de LISINSKA y LESZCZYNSKI (1989) y CONTRERAS (2003).

La composición química es importante, porque determina el valor nutritivo de la papa y por los efectos que origina en otras propiedades de la calidad (MONDY, 1982).

Como es sabido la papa, es un tejido succulento con un alto contenido de agua (BANSE *et al.*, 1984). Además, es reconocida notablemente como una fuente de alta calidad de proteínas, carbohidratos, vitamina C, vitamina B6 y ciertos minerales como potasio, fósforo y magnesio (Subar, 1998; citado por ANDRE *et al.*, 2007).

Según un estudio realizado por Banse *et al.* (1984), el contenido de materia seca de 23 clones nativos chilenos varió entre 23,15 y 32,03%. La ventaja de poseer mayor porcentaje de materia seca es que absorben menos aceite en el proceso de fritura, aumentando de esta forma su rendimiento y dan una mejor textura al producto terminado (BONIERBALE, 2004). En otro estudio realizado por CONTRERAS *et al.*, (1992), de 35 genotipos analizados determinaron que existen 5 genotipos con menos de 7% de proteína, 15 genotipos entre 7 y 10% de proteína (rango donde se ubican los cultivares comerciales), 12 genotipos entre un 10 y 13%, 2 genotipos entre un 13 y 16% y 1 sobre el 16% de proteína cruda, donde el grupo de los genotipos morados presentó el contenido más alto.

En cuanto a los compuestos fenólicos, LISINSKA y LESZCZYNSKI (1989), afirman que los tubérculos de papa contienen un gran número, pero su porcentaje es bajo. En un estudio realizado por REYES y CISNEROS-ZEVALLOS (2004), determinaron que la cosecha de tubérculos en períodos tardíos de madurez maximizó los rendimientos de compuestos fenólicos, mientras que el contenido de glicoalcaloides se minimizó.

**2.4.1 Compuestos fenólicos.** Los compuestos que poseen un grupo hidroxilo unido en forma directa con el anillo bencénico se llaman fenoles, por lo tanto, fenol es el nombre específico para el hidroxibenceno y es el nombre general para la familia de compuestos que derivan de este último (SALOMON, 2000).

Los compuestos fenólicos presentes en tubérculos de papa incluyen: polifenoles, fenoles monohídricos, cumarinas, flavonas, taninos y lignina (LISINSKA y LESZCZYNSKI, 1989). También se encuentran los ácidos fenólicos tales como clorogénico, cafeico, protocatechuico y *p*-cumárico, entre varios otros, identificados en papas de pulpa roja y púrpura. Pequeñas cantidades de rutina, quercetina, miricetina, kaempferol, naringenina y algunos

otros flavonoides (Lewis *et al.* 1998; Rodríguez- Saona *et al.*, 1998, citado por REYES *et al.*, 2005). En un estudio realizado en 1000 genotipos andinos de papa (provenientes del Centro Internacional de la Papa, Perú), determinó que los ácidos fenólicos (principalmente el ácido clorogénico) representaron una gran proporción en todos los genotipos, entre el 45% y 90% del total del contenido de polifenoles (ANDRE *et al.*, 2007).

En los flavonoides (familia de los polifenoles) se encuentran flavonas, flavanoles, antocianinas y otros (LEIGHTON *et al.*, 1999 y BROWN, 2005).

Dentro de las antocianinas, hay una gran diversidad estructural que contribuye favorablemente a la existencia de unas 300 con diferentes sustituciones glucosídicas en la naturaleza (Harborne y Williams, 2000; citado por KUSKOSKI *et al.*, 2004).

La pigmentación con antocianinas en los tubérculos define si este será rojo, azul o púrpura (BROWN, 2005). Por otro lado, los tubérculos pigmentados amarillo-naranja será por acción de los carotenoides (LISTER y MONRO, 2000).

Las principales antocianinas en papas rojas contienen predominantemente glucósidos acilados de pelargonidina, mientras que las papas púrpuras contienen predominantemente glucósidos acilados de petunidina y pelargonidina (BROWN, 2003). Además, en estos últimos tubérculos se agregan en cantidades bajas delfidina y malvidina (BROWN, 2005).

En cambio, los principales carotenoides en papas son luteína, zeaxantina y violaxantina (BROWN, 2005). A los cuales ANDRE *et al.* (2007) agregan, la anteraxantina, todos ellos se encuentran en diferentes proporciones dependiendo del genotipo y las condiciones de almacenaje.

Dentro de las antocianinas hay algunas que presentan mayor actividad antioxidante que otras, por lo tanto, además de las características colorantes, los antocianinas poseen una potente propiedad antioxidante (KUSKOSKI et al., 2004).

**2.4.2 Actividad antioxidante.** Los antioxidantes pueden ser definidos como sustancias capaces de retardar la tasa de oxidación en un material oxidable (JOHNSON, 1975).

Según LEIGHTON *et al.* (1998), la oxidación de las macromoléculas biológicas, lípidos, proteínas, carbohidratos y ADN en diferentes tejidos y órganos puede generar un daño irreversible que, si es muy extenso, produce la enfermedad y lleva incluso a la muerte celular.

Esto ocurre por la acción de los radicales libres, moléculas altamente reactivas que tienen un electrón desapareado en sus órbitas externas, y que provienen de diversas y numerosas fuentes tanto internas como externas al organismo. Los radicales libres oxidan las macromoléculas cuando les quitan electrones para así quedar ellos mismos estables, con sus electrones en pares, en un proceso oxidativo que constituye una cadena y que es, en sí mismo dañino (LEIGHTON *et al.*, 1998).

Cuando el nivel de los radicales de oxígeno excede la capacidad reductora, por ejemplo la reserva de antioxidante, se produce el estrés y el consiguiente daño de proteínas y ácidos nucleicos dando lugar a la enfermedad (CIUDAD, 2000). El daño que estos compuestos puedan provocar depende de un delicado equilibrio con los sistemas antioxidantes que protegen a las células del organismo (ESCALONA, 2002).

**2.4.2.1 Los mecanismos para neutralizar a los radicales libres.** Los mecanismos de defensa para neutralizar a los radicales libres son múltiples y variados y pueden dividirse en dos grupos (ESCALONA, 2002):

- **Enzimáticos:** de producción endógena. Las enzimas son proteínas con capacidad antioxidante las cuales no se consumen al reaccionar con radicales libres, y son dependientes de ciertos cofactores generalmente metales tales como cobre, hierro, magnesio, zinc o selenio. Las enzimas antioxidantes de mayor importancia son la catalasa, la superóxido dismutasa y la glutatión peroxidasa, y representan la primera barrera frente a la producción de radicales libres.
- **No enzimáticos:** elementos principalmente exógenos, responsables de la capacidad antioxidante de los fluidos biológicos. Estos compuestos a diferencia de las enzimas se consumen durante su acción antioxidante, por lo que deben ser reemplazados, provienen principalmente de la dieta a través de los aportes de vitamina E, vitamina C, betacarotenos, polifenoles, flavonoides y oligoelementos. Además, existen algunos componentes de origen endógeno tales como glutatión, urato, ubiquinol y proteínas plasmáticas que también ejercen un rol protector.

## **2.5 Efectos de los compuestos fenólicos y antioxidante en la salud.**

Los antioxidantes, como carotenoides, vitamina C, vitamina E, y compuestos polifenólicos, especialmente flavonoides, juegan un papel muy importante en la defensa contra el cáncer (LEIGHTON *et al.*, 2000).

Estudios realizados a compuestos polifenólicos y especialmente los flavonoides (antocianina) demuestran su capacidad antioxidante y su significativa contribución en la dieta, así como su efecto en la prevención de diversas enfermedades tales como: enfermedades cardiovasculares,



cancerígenas y enfermedades neurológicas (KUSKOSKI et al., 2004; REYES y CISNEROS-ZEVALLOS, 2004; BROWN, 2005; REDDIVARI *et al.*, 2007).

Las personas en estrés oxidativo, por ejemplo las que fuman, sufren una reducción de los antioxidantes presentes naturalmente como la vitamina E pero, sin embargo, la reducción de la vitamina E puede ser restaurada en cierto grado por el consumo de antioxidantes (BROWN, 2001).

Es por esto que las papas nativas pigmentadas, pueden aportar beneficios a la salud, teniendo en cuenta la actividad antioxidante de las antocianinas y carotenoides (BONIERBALE, 2004).

En otro contexto, según REYES y CISNEROS-ZEVALLOS (2003), en un estudio realizado en el contenido fenólico y capacidad antioxidante en papas de pulpa púrpura determinaron que las lesiones (por insectos y físicas) inducen a la acumulación de compuestos fenólicos antioxidantes.

## **2.6 Uso potencial y proyecciones de las papas nativas pigmentadas.**

Los genotipos de colores abre muchas posibilidades para la elaboración de novedosos productos (LISTER y MONRO, 2000).

Dentro de las variedades chilotas como Clavela, Michuñes, Bastoneza, Frutilla, Azul, Camota, y otras que con sus coloridos de piel y pulpa son muy atrayentes, pueden adornar platos en forma muy exquisita, y ser consumidas de variadas formas (Contreras, 2001; citado por RODRIGUEZ 2002). En un estudio realizado con 50 variedades de papas nativas chilenas, se determinó que existe material morfológicamente atractivo, principalmente por su forma y color de piel y pulpa, que lo puede convertir en un producto cotizado por el consumidor. Además, se observó que los panelistas califican mucho mejor aquellas

variedades que presentan pulpas de colores moradas y rosadas antes que aquellas de colores de pulpa amarillas, lo que podría indicar un buen nicho de mercado para estas variedades (DURÁN, 2007).

Según Contreras (2001) citado por RODRIGUEZ (2002), algunos países están iniciando la creación y oferta de papas de colores, y se intenta crear una variedad de pulpa para frito. En el mismo contexto, existen empresas industriales interesadas en producir hojuelas o bastones de colores, ya en Holanda y Brasil se venden papas prefritas congeladas de colores, las que presentan gran atención por los niños, sin embargo, en estos países se utilizan colorantes los cuales, como es sabido, son potencialmente cancerígenos, de allí el interés de generar material de colores naturales.

El producir pigmentos naturales como la antocianina, le confieren la posibilidad de ser utilizados como suplementos de dietas y colorantes naturales (Clement, 2001; citado por RODRIGUEZ 2002). Según BROWN (2001), agrega su utilidad en la medicina homeopática, donde los colorantes artificiales están prohibidos. Además, agrega Giusti y Wrolstad (2003) citado por ANDRE *et al.*, (2007), que los pigmentos de las papas rojas y púrpuras son deseables por ser estables en la comida.

Hoy en día las mayores proyecciones de las papas rojas y moradas están en los altos valores de antioxidantes en relación a las papas blancas, que es donde tienen el potencial de sumar valor a esta fuente de alimento más que por su almidón, volumen y cualidades de acompañamiento sino, por su característica significativa de ser promotora de la salud (BROWN, 2001).

## **2.7 Determinación de fenoles totales y actividad antioxidante.**

En la bibliografía existen diferentes métodos para la extracción de los compuestos fenólicos, por lo que, dependiendo de la forma de extracción usada puede variar significativamente la concentración de estos (GARCIA *et al.*, 2006).

Una forma para valorar el efecto beneficioso de las diferentes frutas es mediante la cantidad de fenoles totales. Vinson *et al.* (2001), citado por GARCIA *et al.* (2006), presentaron datos del contenido total de fenoles de diferentes frutas y verduras usando un método que consiste en una técnica colorimétrica en la cual se valoran los cambios de absorbancia mediante la reacción de Folin- Ciocalteu, después de ajustar la contribución del ácido ascórbico, pues este es el agente reductor mayor que puede interferir en la reacción de Folin- Ciocalteu. Sin embargo, otro tipo de sustancias como azúcares, aminoácidos pueden de igual modo interferir en la reacción. La técnica descrita por (VELIOGLU, 1998), utiliza ácido ferúlico como material de referencia para la calibración del método y obtención de los resultados por interpolación del contenido de fenoles totales en papas.

En cuanto a los antioxidantes, estos son reconocidos como fitoquímicos importantes actualmente no existe una información de “antioxidantes totales” como un indicador nutricional disponible para el etiquetado debido a la falta de métodos de cuantificación estándares (Ou *et al.* (2002), citado por GARCIA *et al.* (2006).

Se han diseñado diferentes métodos para evaluar la capacidad antioxidante de diferentes alimentos y uno de los más utilizados es el conocido como ORAC o capacidad para absorber radicales de oxígeno. En este método la capacidad antioxidante se cuantifica calculando la protección neta durante

cierto tiempo de una gráfica de degradación de la fluorescencia de ficoeritrina o fluoresceína en presencia del antioxidante o de suero (HERNÁNDEZ, 2003).

Recientemente, algunos métodos han sido desarrollados para medir la “capacidad antioxidante total”. Entre ellos se encuentra el método de “reducción del hierro/poder antioxidante” (FRAP). El mecanismo de este método está basado en la transferencia de un electrón desde la molécula antioxidante a la oxidante y el cambio de absorbancia puede ser medido tanto del antioxidante como del oxidante en un espectrofotómetro y usado como cuantificación la capacidad reductora del antioxidante (Ou *et al.* (2002), citado por GARCIA *et al.* (2006).

Para las investigaciones relacionadas con la capacidad antioxidante en papas se utiliza el método descrito por VELIOGLU (1998), basado en la capacidad del extracto de papa para decolorar al B- caroteno.

### 3 MATERIAL Y METODO

#### 3.1 Material

A continuación se describen los materiales e instalaciones necesarias para el desarrollo de esta investigación.

**3.1.1 Ubicación.** Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Fitoquímica del Instituto de Producción y Sanidad Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias ubicado en el Campus Isla Teja de la Universidad Austral de Chile, en Valdivia.

**3.1.2 Material vegetal.** Se analizaron 12 genotipos de papas (*Solanum tuberosum* L. ssp *tuberosum* Hawkes) nativas del sur de Chile, principalmente colectadas en la Isla de Chiloé (Cuadro 2). La elección se hizo debido a la presencia de pigmentación púrpura, roja y rosada tanto en la pulpa como en la piel, este contenido de pigmentos antociánicos se encuentran dentro de los componentes de los fenoles totales y estos a su vez corresponden a poderosos antioxidantes. Además, se utilizaron como testigos dos variedades comerciales de gran consumo en nuestro país, Shepody utilizada para chips en productos envasados y comida rápida presentando una pigmentación blanca en la pulpa y piel amarilla, y Desirée utilizada normalmente para el consumo doméstico presentando en la pulpa una pigmentación amarilla y la piel roja. Todo el material en estudio fue facilitado por el Banco de Germoplasma Chileno de Papas de la Facultad de Ciencias Agrarias, perteneciente a la Universidad Austral de Chile.

**Cuadro 2 Identificación y origen de las variedades testigos y genotipos nativos chilenos.**

	Identificación	Origen
Variedad Testigo	Shepody	Canadá
Variedad Testigo	Desirée	Holanda
Genotipo	NG-05	Chiloé
Genotipo	NG-06	Chiloé
Genotipo	NG-71	Chiloé
Genotipo	NG-85	Chiloé
Genotipo	239-UA-1388	Chiloé
Genotipo	254-CON-902	Chiloé
Genotipo	267-UA-1550	Chiloé
Genotipo	283-UA-1108	S.I.
Genotipo	301-UA-1500	S.I.
Genotipo	302-UA-1634 <sup>a</sup>	S.I.
Genotipo	304-UA-1135	S.I.
Genotipo	457-CON-1157	Islas Guaitecas

Testigo: variedad comercial. UA: accesión encontrada por la Universidad Austral de Chile y no hay datos anteriores, sólo morfológicos. NG: material recibido por parte de un particular (Negrón). CON: Contreras colector. S.I.: sin información.

**3.1.3 Descripción del material vegetal.** A continuación se describe cada uno de los materiales utilizados en la investigación, según características del tubérculo (<sup>1</sup>).

<sup>1</sup>CONTRERAS, A. (2006). Ing. Agr. Universidad Austral de Chile, Instituto de Producción y Sanidad Vegetal, Valdivia. Comunicación personal.

3.1.3.1 Variedad Shepody. El color de la piel es amarillo y la pulpa es blanca. La forma predominante del tubérculo es ovalada y los ojos son superficiales (ver Figura 2).



**Figura 2 Tubérculos del testigo variedad Shepody.**

3.1.3.2 Variedad Desirée. El tubérculo es de forma oval, tamaño mediano a grande, pulpa amarillenta, piel roja y lisa, con ojos poco profundos (ver Figura 3).



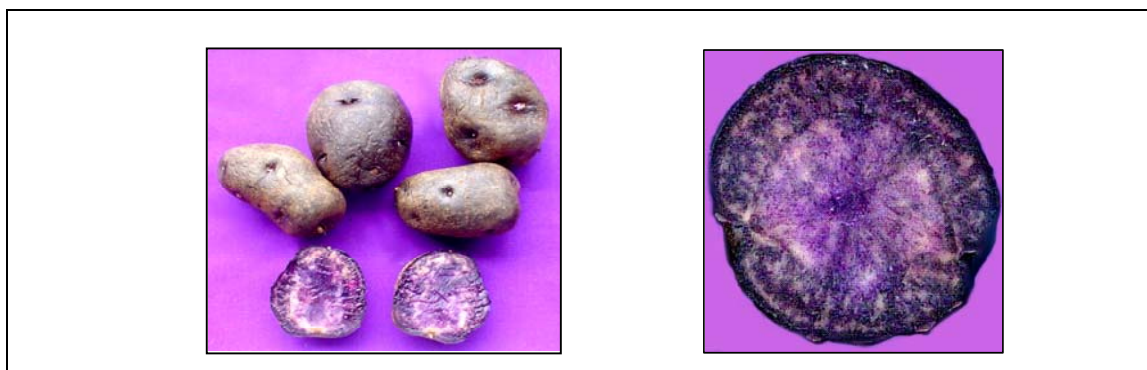
**Figura 3 Tubérculos del testigo variedad Desirée.**

3.1.3.3 Genotipo NG-5. El color predominante de la piel es negro y crema el secundario. La pulpa es púrpura principalmente y el color secundario es amarillo el cual se encuentra distribuido en áreas irregulares. La forma del tubérculo es redonda ovalada y los ojos son profundos (ver Figura 4).



**Figura 4** Tubérculos del genotipo nativo NG-5.

3.1.3.4 Genotipo NG-6. La piel es de color negro principalmente y crema el secundario. El color predominante de la pulpa es púrpura oscuro y el color secundario amarillo, el cual se encuentra en un amplio anillo vascular distribuido en forma irregular. La forma del tubérculo es redonda y los ojos son profundos (ver Figura 5).



**Figura 5** Tubérculos del genotipo nativo NG-6.



3.1.3.5 Genotipo NG-71. El color predominante de la piel es rojo y crema el secundario. Además, el color principal de la pulpa es amarillo crema y el secundario es rosado. La forma del tubérculo es alargada y ligeramente curvo con ojos profundos (ver Figura 6).



**Figura 6** Tubérculos del genotipo nativo NG-71.

3.1.3.6 Genotipo NG-85. El color predominante de la piel es rojo y crema el color secundario. En cuanto al color de la pulpa es amarillo y el color secundario es rosado. La forma del tubérculo es alargada con una ligera curvatura con profundidad media de los ojos (ver Figura 7).



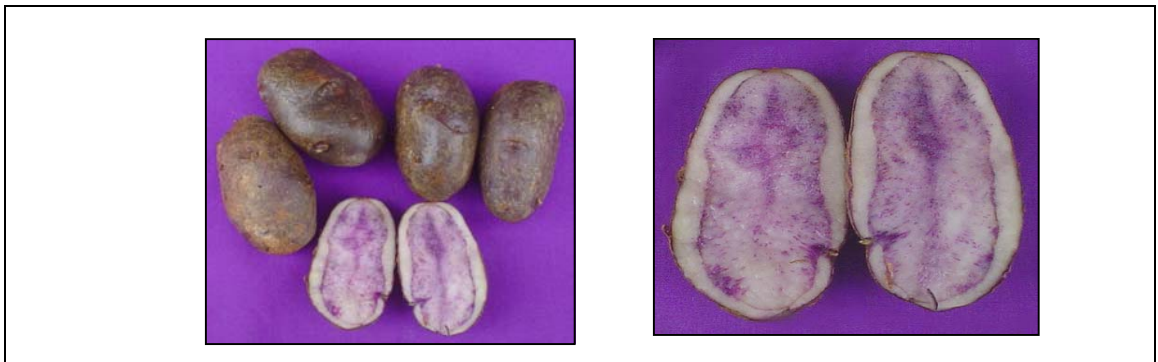
**Figura 7** Tubérculos del genotipo nativo NG-85.

3.1.3.7 Genotipo 239-UA-1388. El color de la piel es rosado principalmente y amarillo el color secundario. Igualmente, la pulpa presenta el color rosado en forma predominante y el color crema en segundo lugar. La forma del tubérculo es redonda y los ojos son muy profundos (ver Figura 8).



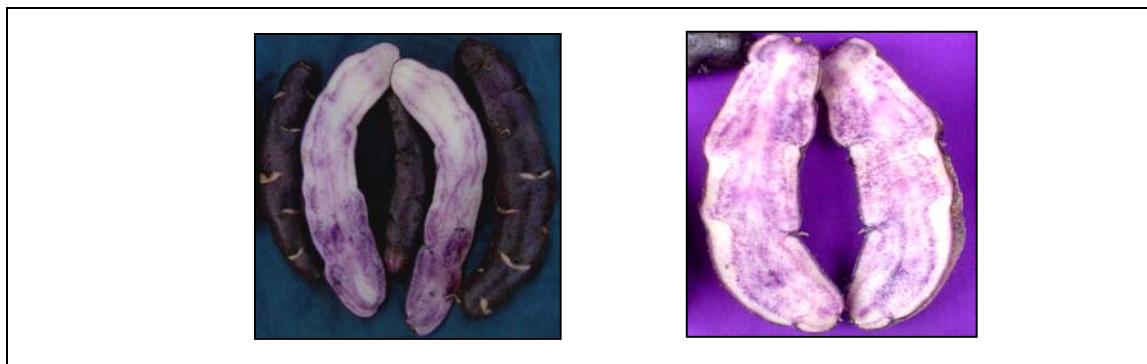
**Figura 8 Tubérculos del genotipo nativo 239-UA-1388.**

3.1.3.8 Genotipo 254-CON-902. El color de la piel es púrpura oscuro y por el contrario, la pulpa presenta el color crema principalmente y de forma secundaria el color púrpura. El tubérculo es ovalado con profundidad de los ojos superficial (ver Figura 9).



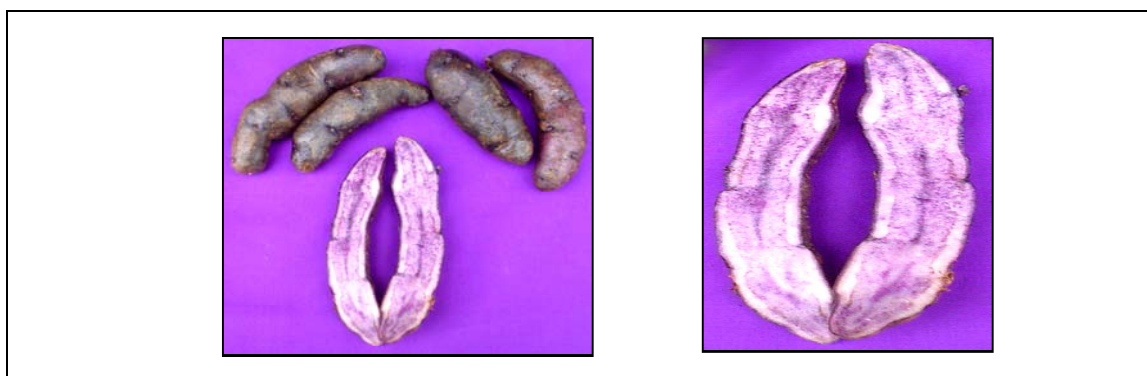
**Figura 9 Tubérculos del genotipo nativo 254-CON-902.**

3.1.3.9 Genotipo 267-UA-1550. El color predominante de la piel es púrpura oscuro y con ojos amarillos. En cuanto a la pulpa, el color principal es crema y además presenta hacia el extremo proximal pigmentación púrpura en forma irregular. El tubérculo es alargado y ligeramente curvo con ojos medios a profundos (ver Figura 10).



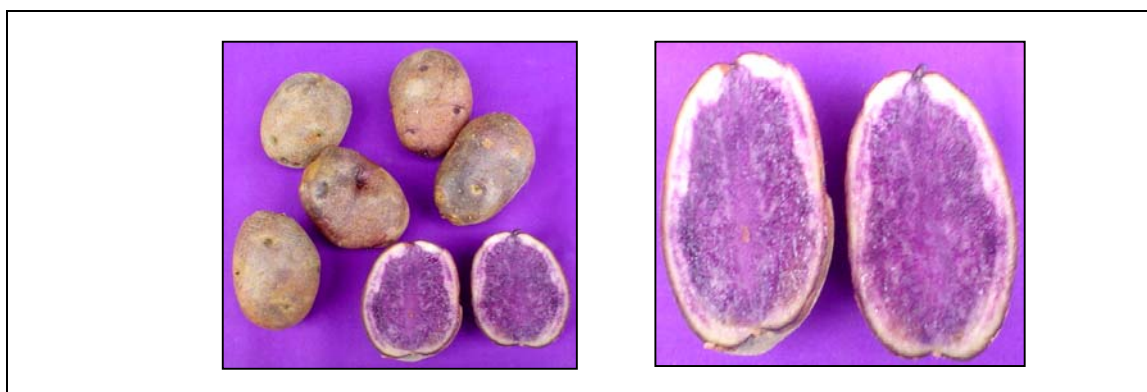
**Figura 10** Tubérculos del genotipo nativo 267-UA-1550.

3.1.3.10 Genotipo 283-UA-1108. El color de la piel es púrpura oscuro a diferencia de la pulpa que es crema en forma predominante y púrpura como color secundario. El tubérculo es alargado y ligeramente curvo con profundidad media de ojos (ver Figura 11).



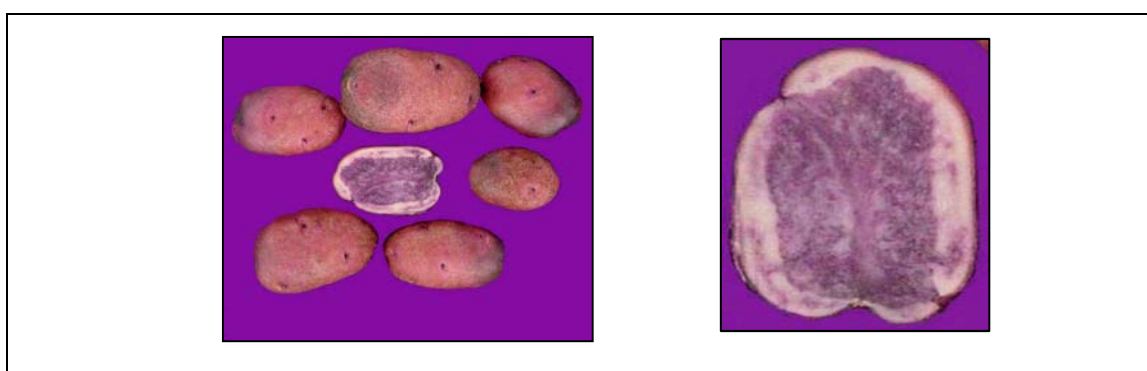
**Figura 11** Tubérculos del genotipo nativo 283-UA-1108.

3.1.3.11 Genotipo 301-UA-1500. El color predominante de la piel es rojo púrpura y color secundario rojo. En cuanto a la pulpa, ésta es púrpura principalmente y el color secundario es blanco. La forma del tubérculo es redonda con ojos profundos (ver Figura 12).



**Figura 12** Tubérculos del genotipo nativo 301-UA-1500.

3.1.3.12 Genotipo 302-UA-1634A. La piel presenta el color rojo púrpura principalmente y el color secundario es rojo. Además, la pulpa presenta el color predominante púrpura y el color secundario es blanco. La forma del tubérculo es redonda con ojos profundos (ver Figura 13).



**Figura 13** Tubérculos del genotipo nativo 302-UA-1634A.

3.1.3.13 Genotipo 304-UA-1135. El color predominante de la piel es rojo púrpura y el color secundario es púrpura oscuro. En cuanto a la pulpa, el color principal es púrpura y el secundario es amarillo. El tubérculo es redondo con ojos profundos (ver Figura 14).



**Figura 14** Tubérculos del genotipo nativo 304-UA-1135.

3.1.3.14 Genotipo 457-CON-1157. El color predominante de la piel es rojo y el color secundario es púrpura. En cuanto a la pulpa, el color principal es crema y el secundario es rosado. El tubérculo es redondo con una profundidad de ojos media (ver Figura 15).



**Figura 15** Tubérculos del genotipo nativo 457-CON-1157.

**3.1.4 Material de laboratorio.** Los equipos y materiales de laboratorio usados para llevar a cabo la investigación son los siguientes:

Equipos: Balanza analítica (Sartorius A 200 S B 80100 –21, sensibilidad 0,0001 g.) necesaria para obtener pesos exactos. Además, Micropipetas automáticas 10-100-1000  $\mu$ l (Rainin). Estufa de secado (Memmert) utilizada para secar el material vegetal y conseguir la materia seca. Desecador ocupado para impedir que las muestras (después de sacadas de la estufa de secado) absorban humedad. Refrigerador a 4<sup>o</sup> C para almacenar reactivos que necesiten baja temperatura y freezer a -20<sup>o</sup>C utilizado para guardar material vegetal antes de ser liofilizados. Liofilizador ocupado para la extracción de la humedad del material vegetal a una temperatura de -55<sup>o</sup>C y presión de 5 micrones Hg aproximadamente. Agitador horizontal (Heidoph promax 2020) para disolver y homogenizar soluciones. Bomba de vacío para el filtrado de soluciones. Microcentrífuga (Denver Instrument, modelo Force 7000 rpm), para tubos Eppendorf de 2,5 ml usada en extracción de soluciones por separación de fases. Baño termorregulador (Haake D-1), ocupado a 50<sup>o</sup>C para lograr una oxidación térmica. Espectrofotómetro (Milton Roy- 3000 Array) para obtener la absorbancia de las soluciones en cubetas de vidrio.

- Material desechable: Bolsas plásticas y papel filtro Whatman N<sup>o</sup>5.

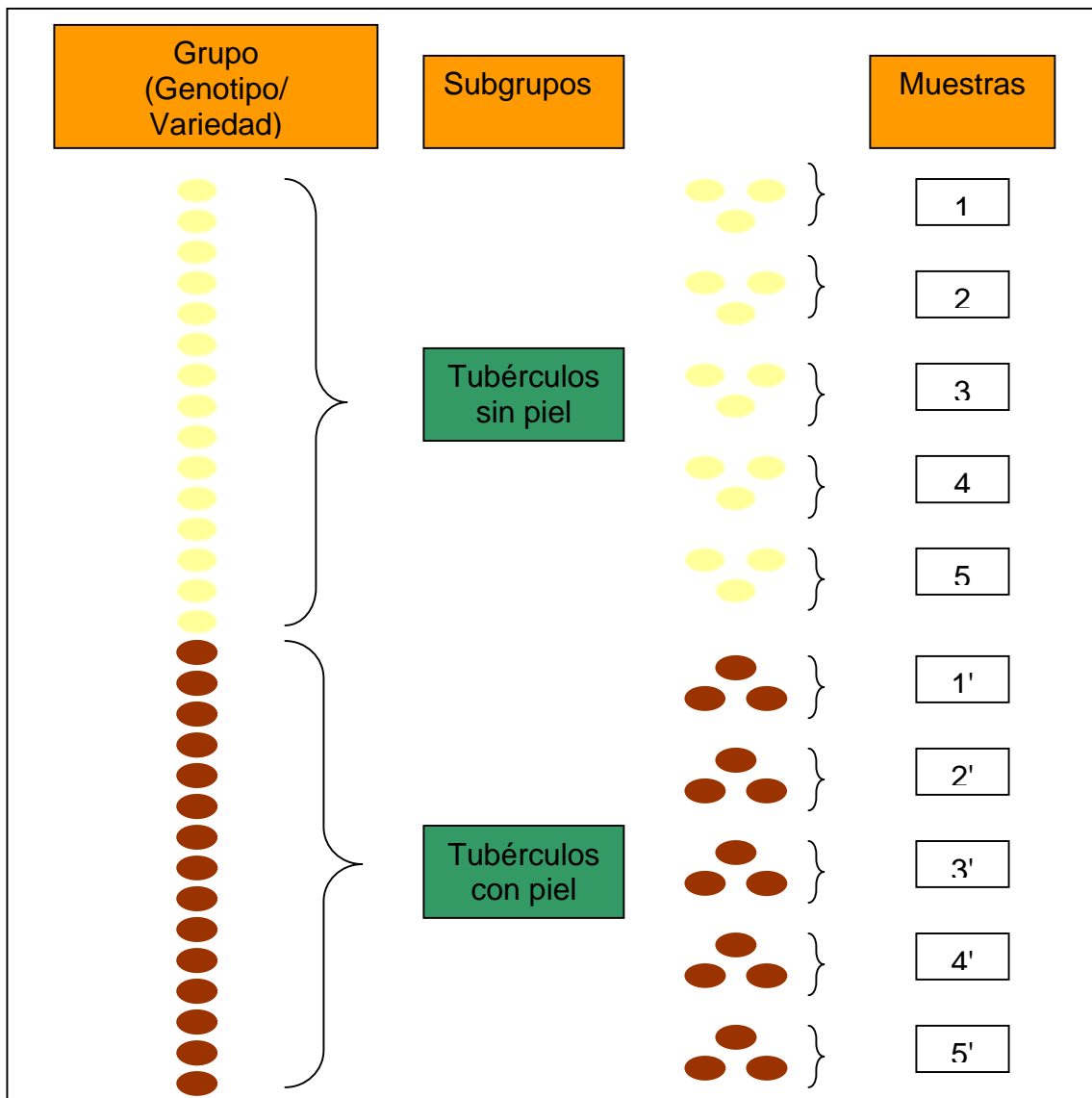
- Material reutilizable: Cuchillo, placas Petri, mortero, frascos de tapa rosca de 100 ml, pipetas de 1, 2, 10 y 25 ml. Viales de 4 ml de color caramelo, tubos de ensayo, embudo Büchner, matraz Erlenmeyer, matraz aforado de 50 ml y vaso precipitado de 200 ml.

**3.1.5 Reactivos.** Los reactivos utilizados en cada una de las metodologías se mencionan a continuación:

- Reactivos solventes: Metanol 80%, ácido clorhídrico 1%, Folin Ciocalteu, bicarbonato de sodio 60g/L, ácido ferúlico, cloroformo, ácido linoleico, surfactante Tween 20 y  $\beta$ -caroteno.
- Reactivos estándares: corresponden a antioxidantes artificiales  $\alpha$ -tocoferol, Butil-hidroxi-anisol (BHA) y Butil-hidroxi-tolueno (BHT).

### **3.2 Método**

El material vegetal se trabajó con treinta tubérculos por cada genotipo o variedad, los cuales fueron separados en dos subgrupos (sin y con piel), quince tubérculos se analizaron sin piel y los otros quince con piel. Dentro de esos subgrupos de quince tubérculos se separaron en cinco muestras de tres tubérculos cada una (Figura 16).



**Figura 16** Esquema de la organización de las muestras en el ensayo para cada genotipo y variedad.

**3.2.1 Obtención de materia seca.** Los tubérculos por cada grupo fueron lavados con agua potable, luego con agua destilada y posteriormente secados con toalla absorbente. Se les retiró la piel con un cuchillo a las muestras que correspondía ser analizadas sin piel según su grupo. Todas las muestras se trozaron y se introdujeron en una bolsa plástica previamente identificada.



En cuanto al material de laboratorio, las placas Petri fueron puestas en la estufa de secado (Memmert) por 1 hora para eliminar la humedad presente en ellas, y luego se pasaron a desecadores para que no absorban la humedad ambiental hasta su uso. Posteriormente, cada placa Petri fue pesada en la balanza analítica y sin sacar de la balanza se introdujo de la bolsa plástica sólo una porción de 1 a 2 gramos por muestra previamente identificada. Se obtuvo así, el peso de la placa Petri con la porción de papa y se rotuló con su respectivo duplicado.

Todas las placas Petri con la porción de papa fueron puestas en la estufa de secado (Memmert) a 105°C, para eliminar la humedad por un mínimo de 12 horas, y después llevadas al desecador para que no absorban la humedad ambiental hasta que se encontraran frías. Luego, se pesaron en la balanza analítica las placas con la porción de papa sin humedad, y por diferencia de peso se obtuvo la materia seca de las muestras (Anexo 1).

**3.2.2 Proceso de liofilización.** Las muestras de papa identificadas anteriormente dentro de las bolsas plásticas, fueron pesadas en la balanza analítica dentro de su envase y llevadas al freezer a -20°C de un día para otro. Posteriormente, fueron liofilizadas a una temperatura de -55°C y presión de 5 micrones de Hg aproximadamente por un día y medio. Por diferencia de peso se obtuvo el porcentaje de la materia seca del material liofilizado (Anexo 2).

La muestra ya liofilizada fue molida en un mortero para homogenizar el contenido de los tres tubérculos trozados. De esta forma fueron analizadas las muestras para la determinación de fenoles totales y actividad antioxidante.

**3.2.3 Determinación de fenoles totales.** El método para la determinación de los fenoles totales (VELIOGLU, 1998) se basa en la reacción fotocolorimétrica

del reactivo Folin-Ciocalteu; de acuerdo a esto se obtienen distintas intensidades de absorbancia que se relacionan cuantitativamente. Para lo que se requiere previamente hacer la calibración del espectrofotómetro y obtener la curva de calibración.

3.2.3.1 Calibración del espectrofotómetro. La calibración es realizada a partir de una solución madre que contiene 25 mg de ácido ferúlico en 50 ml de solución de MeOH 80%, HCl 1% y agua desionizada 19%, siendo después refrigerada por 48 horas. Luego de transcurrido el tiempo (Figura 17), fue diluida en distintas concentraciones (0, 50, 100, 150, 200 y 250 ppm), donde se utilizó la siguiente fórmula:

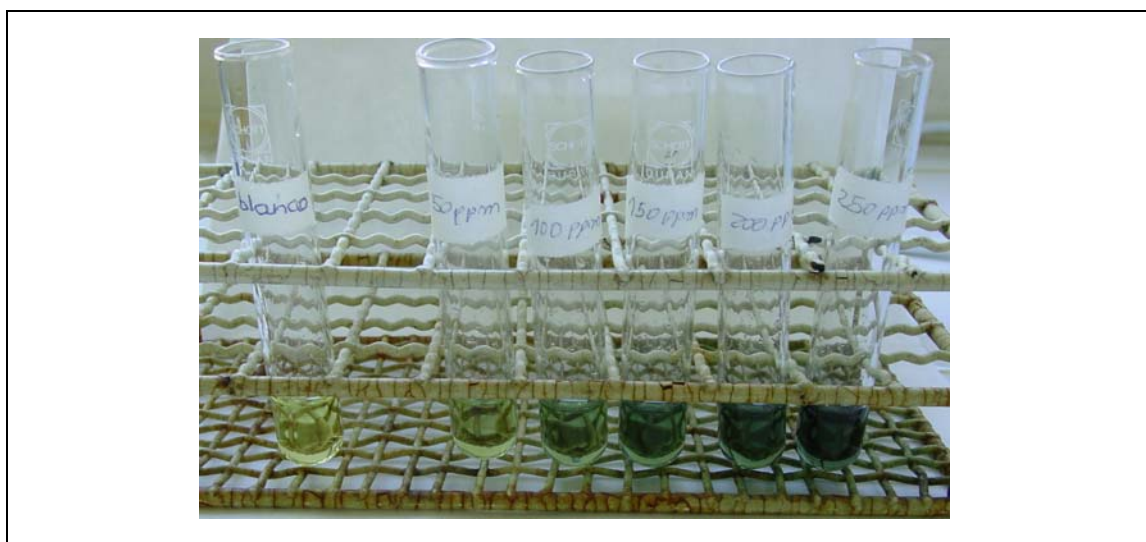
$$V_1 * C_1 = V_2 * C_2$$

$V_1$ : volumen desconocido de solución madre.

$C_1$ : concentración actual de la solución madre.

$V_2$ : volumen de aforo al que es llevada la solución.

$C_2$ : concentración que se desea obtener para la curva de calibración.



**Figura 17 Soluciones en distintas concentraciones de ácido ferúlico para formar la curva de calibración.**

A partir de las concentraciones ya establecidas, se sacaron 100  $\mu\text{l}$  de cada frasco incluyendo el blanco (0 ppm), donde cada medida fue vertida en tubos de ensayos a los que se les agregó 750  $\mu\text{l}$  de Folin Ciocalteu, previamente diluido en la décima parte con agua desionizada. Después de 5 minutos se le adicionó a cada tubo una solución de bicarbonato de sodio de 750  $\mu\text{l}$  con una concentración de 60g/L de agua desionizada. Luego de 90 minutos a 22° C (temperatura ambiente), se midió la absorbancia a 725 nm en el espectrofotómetro (Milton Roy- 3000 Array) y en cubetas de vidrio, obteniéndose de esta forma la línea base de calibración del equipo.

3.2.3.2 Fenoles totales en papas. Para obtener cuantitativamente los fenoles totales en cada una de las muestras de papas, fue necesario pesar en la balanza analítica (Sartorius) 200 mg de muestra liofilizada, la cual se le agregaron 2 ml de metanol 80% y ácido clorhídrico 1 % para extraer los fenoles totales; posteriormente se disolvió y homogenizó la mezcla en un agitador horizontal (Heidoph) a 200 rpm por 120 minutos a temperatura ambiente. Luego, la muestra fue filtrada (papel Whatman N° 5) en un matraz Erlenmeyer, con la ayuda de una bomba de vacío y embudo Büchner. El filtrado obtenido fue centrifugado en una microcentrífuga (Denver) en tubos Eppendorf de 2,5 ml a 7000 rpm por 15 minutos. El sobrenadante obtenido fue llevado a viales de color caramelo, para evitar una foto-oxidación. Se extrajo del sobrenadante 100  $\mu\text{l}$  siguiendo posteriormente el mismo protocolo utilizado para la calibración del espectrofotómetro. La lectura por cada muestra fue expresada por equivalente de ácido ferúlico según la curva de calibración. Estos resultados fueron extrapolados según la cantidad de materia seca del material fresco y la materia seca del material liofilizado obtenida por cada genotipo y variedad.

**3.2.4 Determinación de la actividad antioxidante.** Este método se basa en el tiempo de blanqueamiento del  $\beta$ -caroteno (VELIOGLU, 1998). Para llevarlo a cabo

fue necesario primero determinar el máximo de absorción del  $\beta$ -caroteno en el espectrofotómetro (Milton Roy- 3000 Array) utilizado para esta investigación.

3.2.4.1 Máxima absorción del  $\beta$ -caroteno. Para obtenerlo se realizó un barrido con longitudes de onda desde los 300 a 600 nm en el espectrofotómetro (Milton Roy- 3000 Array), donde la lectura del  $\beta$ -caroteno presentó valores parecidos a los determinados por HESS<sup>2</sup>: 364, 463 y 494 nm. Por lo tanto, la lectura definitiva se realizó a 470 nm, para además hacerlo comparable con VELIOGLU *et al.*, (1998) y coincidiendo con lo obtenido en el ensayo.

3.2.4.2 Actividad antioxidante en papas. Se pesaron en la balanza analítica (Sartorius) 250 mg de cada muestra liofilizada, siendo extraídas con 6,25 ml de metanol 80% en un agitador horizontal (Heidoph) a 200 rpm por 120 minutos a temperatura ambiente. Las muestras fueron filtradas (papel Whatman N° 5) en un matraz Erlenmeyer, con la ayuda de una bomba de vacío y embudo Büchner. El filtrado se utilizó inmediatamente para determinar la actividad antioxidante.

En el tiempo en que la muestra era agitada se preparaba en un matraz 1 ml de  $\beta$ -caroteno en solución a 0,2 mg/ml cloroformo, conteniendo además 0,02 ml de ácido linoleico y 0,2 ml del reactivo Tween 20. Esta mezcla obtenida fue dosificada por separado con 0,2 ml de metanol al 80 % utilizado como control, 0,2 ml del filtrado de papa de cada una de las muestra obtenidas anteriormente y 0,2 ml de antioxidantes artificiales utilizados como estándares BHA, BHT y  $\alpha$ -tocoferol en concentraciones de 5 mg/100 ml MeOH 80% y 20 mg/100 ml

---

<sup>2</sup>HESS, S. (2004). Dr. Química. Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias, Valdivia. Comunicación personal.

MeOH 80%. Todo este procedimiento fue realizado en oscuridad para evitar la oxidación del  $\beta$ -caroteno para lo cual se habilitó una sala. Los matraces sólo salieron de esta sala cubiertos con papel metálico, para luego agregarles agua desionizada 50 ml (calidad Nanopure la cual fue oxigenada a 10 L/min con burbujeros por 30 minutos). Se agitó hasta obtener una solución homogénea con la mezcla y se expuso a oxidación térmica en un baño termoregulado (Haake), a 50°C por 2 hrs. Finalmente, la absorbancia de la solución se obtuvo en el espectrofotómetro Milton Roy a 470 nm, con intervalos de 10 min por dos horas sin sacarla de la fuente calórica.

La Actividad Antioxidante (AA) fue calculada como porcentaje de inhibición relativa al control usando la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de Degradación muestra} = \ln \left( \frac{a}{b} \right) * \frac{1}{t}$$

Donde: a = absorbancia inicial (470 nm) al tiempo 0 minutos.

b = absorbancia (470 nm) al tiempo 30 minutos.

t = tiempo en minutos.

$$\text{Actividad Antioxidante} = \frac{\text{Tasa degradación control} - \text{Tasa degradación muestra}}{\text{Tasa degradación control}} * 100$$

La actividad antioxidante corresponde a la tasa de blanqueamiento del  $\beta$ -caroteno, considerando que la tasa de degradación del control MeOH 80% es una mezcla reactiva sin antioxidantes, la tasa de degradación de la muestra es el extracto de papa al igual que los antioxidantes artificiales utilizados, éstos como estándares BHA, BHT y  $\alpha$ -tocoferol.

**3.3 Análisis estadístico.** El análisis se compone de dos tipos: análisis descriptivo y análisis inferencial.

El análisis descriptivo se presenta a través de cuadros y gráficos. Los cuadros contienen los valores mínimos, medios, máximos, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación en porcentaje (error durante la etapa experimental de este estudio). Los gráficos muestran los promedios según sea el caso.

El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza y regresión lineal de los datos, según MORALES (2005).

El chequeo de las varianzas para el análisis de fenoles totales se realizó con la prueba de Cochran y para la tasa de degradación y actividad antioxidante con la prueba de Levene.

Los resultados obtenidos, fueron evaluados por medio de un análisis de varianza (ANDEVA), para lo cual se realizó la prueba de rango Múltiple de Tukey. Esta prueba sirvió para el análisis de las variables dependientes de fenoles totales, tasa de degradación y actividad antioxidante, las cuales se evaluaron con una alta significancia al 99% de confianza, P-valor  $>0,01$ . Los factores fueron presencia de piel y genotipo o variedad (testigos) de los tubérculos. Los análisis estadísticos, fueron realizados mediante el programa computacional Statgraphics Plus 5.0.

Al no cumplirse un supuesto, se utilizó la transformación  $\text{LN}(x)$  por presentar los mejores valores de ajustes, tanto para normalidad y homogeneidad de varianzas o chequeo de las varianzas (PAGANO, 1999).

Posteriormente se realizó un análisis inferencial de regresión lineal, donde la variable independiente es la cantidad de fenoles totales y la variable dependiente es la actividad antioxidante de cada genotipo y variedad testigo. Luego se determinó la correlación de los datos.

## 4 PRESENTACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

Las papas nativas de Chile presentan formas y coloraciones muy diversas, esta última característica se debe principalmente a la presencia de pigmentos en la pulpa y piel de los tubérculos. Uno de los pigmentos presentes es la antocianina, la cual es una sustancia natural perteneciente a los compuestos fenólicos, presentando como una de sus características las propiedades antioxidantes.

Es importante recordar que este estudio tiene como objetivo principal apreciar y conocer de mejor manera las cualidades nutraceuticas de las papas nativas.

A continuación se presentan y discuten los resultados de este trabajo donde se evaluó, la cantidad de fenoles totales y la actividad antioxidante de algunos genotipos nativos pigmentados, los cuales fueron comparados con variedades comerciales de distinta pigmentación.

### 4.1 Análisis para fenoles totales.

Este estudio permitió evaluar doce genotipos nativos pigmentados antes descritos en el capítulo 3.1.3 Material y Método, con la finalidad de determinar la cantidad de fenoles totales y compararlos con dos variedades comerciales de gran consumo en Chile.

A continuación se entregan los antecedentes relacionados con la información obtenida de los experimentos presentados (capítulo 3.2.3 Material y Método). Los análisis como indica la metodología, se realizaron en tubérculos sin piel para hacer una mayor aproximación al consumo casero nacional y

tubérculos con piel para así demostrar la importancia de los pigmentos fenólicos presente en la piel, la cual comúnmente es eliminada.

Los resultados del contenido de fenoles totales (mg/100 g materia seca) en tubérculos analizados sin y con piel, fueron transformados mediante una ecuación logarítmica. Con esto el ANDEVA determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas, es decir, sus promedios son diferentes cuando los tubérculos son analizados sin y con piel (Anexo 3). Por esta razón, se realizó un test de rango múltiple (Cuadro 3), para el factor piel en los tubérculos analizados, con la metodología Tukey con un nivel de confianza del 99%.

**CUADRO 3 Prueba de rangos múltiples Tukey para LN(fenoles totales mg/100 g materia seca), obtenidos de tubérculos de papa sin y con piel.**

Factor (piel)	N° Obs.	Fenoles totales (mg/100g materia seca) Promedio	LN(fenoles totales mg/100 g materia seca) Promedio	Grupos*
Tubérculos con piel	224	833	6,2	a
Tubérculos sin piel	224	606	6,5	b

\*: Significativo al 99% de confianza (P-Valor <0,01).

Ahora, considerando la diferencia obtenida entre los tubérculos analizados, se indican en forma detallada los resultados del contenido de fenoles totales para cada uno de los genotipos y variedades testigos en forma separada según el factor piel.

**4.1.1 Análisis de fenoles totales en tubérculos sin y con piel.** Como se puede apreciar en el Cuadro 4 se muestran los valores mínimos, medios y



máximos de la concentración de fenoles totales (mg/100 g materia seca), desviación estándar y coeficiente de variación correspondiente a cada grupo.

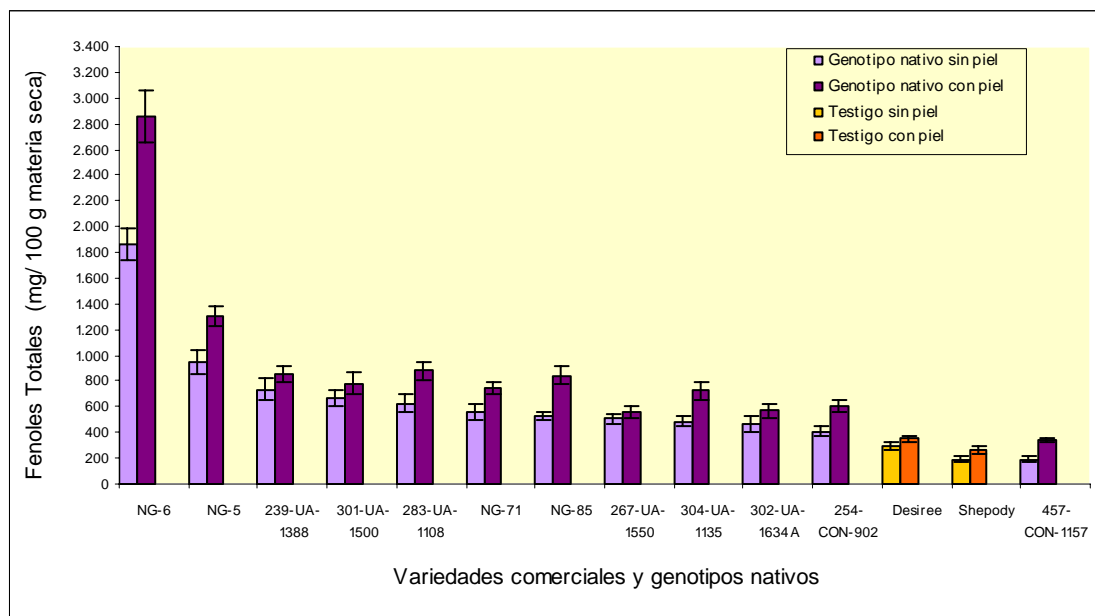
En este cuadro se observa que el coeficiente de variación total en tubérculos sin piel asciende a 66,99%, y en tubérculos con piel a 74,67% esto dado por las diferencias de pigmentación entre los genotipos y testigos, lo cual se ve acrecentado en el caso de los tubérculos con piel, indicando una amplia variabilidad entre los distintos genotipos.

Considerando el coeficiente de variación de cada uno de los casos, se presenta un porcentaje no mayor a 13,43% en tubérculos sin piel y para tubérculos con piel de 11,42%, lo cual indica que se tiene en los resultados una medida relativa de variación (error) dentro de las repeticiones de 13,43% y 11,42% respectivamente como máximo, lo que es aceptable para el análisis (MORALES, 2005).

**CUADRO 4 Concentración de fenoles totales (mg/100 g materia seca) para genotipos nativos chilenos y testigos comerciales en tubérculos de papa sin y con piel.**

Testigos/ Genotipos nativos	<u>Tubérculos sin piel</u>			Desviación Estándar	Coeficiente Variación  (%)	Testigos/ Genotipos nativos	<u>Tubérculos con piel</u>			Desviación Estándar	Coeficiente Variación  (%)
	Fenoles Totales (mg/100 g materia seca)						Fenoles Totales (mg/100 g materia seca)				
	Mínima	Media	Máxima				Mínima	Media	Máxima		
<b>NG-6</b>	1.679,96	1.863,91	2.084,79	129,37	6,94	<b>NG-6</b>	2.532,89	2.852,24	3.301,30	201,97	7,08
<b>NG-5</b>	829,13	945,11	1.092,13	88,00	9,31	<b>NG-5</b>	1.196,67	1.304,23	1.519,33	82,42	6,32
<b>239-UA-1388</b>	543,04	733,21	852,46	84,67	11,55	<b>283-UA-1108</b>	757,21	878,87	1.000,45	73,87	8,40
<b>301-UA-1500</b>	565,30	668,23	777,76	63,90	9,56	<b>239-UA-1388</b>	763,11	849,63	945,32	59,67	7,02
<b>283-UA-1108</b>	512,52	628,69	731,85	64,57	10,27	<b>NG-85</b>	738,90	843,88	1.023,32	74,33	8,81
<b>NG-71</b>	458,53	563,29	668,01	64,11	11,38	<b>301-UA-1500</b>	673,75	780,35	943,42	83,63	10,72
<b>NG-85</b>	479,13	528,73	581,75	35,77	6,77	<b>NG-71</b>	688,12	744,64	819,51	41,41	5,56
<b>267-UA-1550</b>	444,62	505,67	577,54	40,34	7,98	<b>304-UA-1135</b>	629,41	725,50	885,76	66,13	9,11
<b>304-UA-1135</b>	439,31	486,79	552,88	34,08	7,00	<b>254-CON-902</b>	527,06	601,20	695,81	47,98	7,98
<b>302-UA-1634 A</b>	389,53	464,49	551,53	56,29	12,12	<b>302-UA-1634 A</b>	466,35	570,87	678,26	54,8	9,60
<b>254-CON-902</b>	340,75	409,02	469,54	40,99	10,02	<b>267-UA-1550</b>	484,78	560,40	642,09	52,12	9,30
<b>Desirée</b>	246,66	302,07	354,20	30,83	10,21	<b>Desirée</b>	318,29	352,18	388,88	19,42	5,51
<b>Shepody</b>	149,80	192,33	228,83	25,83	13,43	<b>457-CON-1157</b>	302,02	344,54	374,89	18,98	5,51
<b>457-CON-1157</b>	163,74	190,93	235,16	24,46	12,81	<b>Shepody</b>	205,57	260,11	311,31	29,71	11,42
<b>Total</b>	<b>149,8</b>	<b>605,89</b>	<b>2.084,79</b>	<b>405,9</b>	<b>66,99</b>	<b>Total</b>	<b>205,57</b>	<b>833,48</b>	<b>3.301,30</b>	<b>622,35</b>	<b>74,67</b>

A continuación se muestra (Figura 18), un resumen de los datos de cada uno de los grupos sin y con piel. En la cual se observa la diferencia gráfica obtenida en la concentración de fenoles totales (mg/100 g materia seca).



**Figura 18 Fenoles totales en variedades testigos comerciales y genotipos pigmentados nativos de Chile, obtenidas de tubérculos sin y con piel.**

Para el análisis de varianza en fenoles totales (mg/100g materia seca) obtenidos de tubérculos sin y con piel por separado, los datos fueron transformados mediante una ecuación logarítmica como se muestra en el Cuadro 5, puesto que no se cumplieron los supuestos del análisis paramétrico. Ahora, con los datos transformados, el análisis de varianza (ANDEVA) determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre las concentraciones de fenoles totales (mg/ 100 g materia seca) de los distintos genotipos pigmentados chilenos y variedades comerciales, tanto para los resultados obtenidos de tubérculos sin piel y con piel por separado (Anexo 4 y 5), por lo cual se realizó

una prueba de rangos múltiples con la metodología de Tukey con un nivel de confianza del 99%, resultados que muestran en el Cuadro 5.

Dentro de los tubérculos sin piel se destaca el genotipo nativo NG-6 con un promedio estadístico altamente significativo de 1.863,91a (mg fenoles totales/100 g materia seca), el cual presenta una pigmentación púrpura muy intensa en la pulpa (sección 3.1.3.4 material y método) al igual que el genotipo NG-5 con 945,11b (mg fenoles totales/100 g materia seca) (sección 3.1.3.3 material y método). Lo mismo ocurrió en el análisis de tubérculos con piel en estos genotipos, como se puede observar el genotipo nativo NG-6 presentó una diferencia en el valor promedio en concentración altamente significativo con 2.852,24a (mg fenoles totales/100 g materia seca) seguido por el genotipo NG-5 con 1.304,23b (mg fenoles totales/100 g materia seca), siendo precisamente los genotipos que tienen mayor intensidad de color en relación a todos los otros estudiados.

**CUADRO 5 Prueba de rangos múltiples Tukey para LN(fenoles totales mg/100 g materia seca), obtenidos de tubérculos de papa sin y con piel para cada una de las variedades y genotipos.**

Tubérculos sin piel				Tubérculos con piel			
Variedad/ Genotipo	Fenoles totales promedios (mg/100 g materia seca)	LN(mg fenoles totales/ 100 g materia seca)	Grupos Homogeneos*	Variedad/ Genotipo	Fenoles totales promedios (mg/100 g materia seca)	LN(mg fenoles totales/100 g materia seca)	Grupos Homogeneos*
NG-6	1.863,91	7,52	a	NG-6	2.852,24	7,95	a
NG-5	945,11	6,84	b	NG-5	1.304,23	7,17	b
239-UA-1388	733,21	6,59	c	283-UA-1108	878,87	6,77	c
301-UA-1500	668,23	6,50	c d	239-UA-1388	849,63	6,74	c d
283-UA-1108	628,69	6,43	d e	NG-85	843,88	6,73	c d
NG-71	563,29	6,32	e f	301-UA-1500	780,35	6,65	d e
NG-85	528,73	6,26	f g	NG-71	744,64	6,61	e
267-UA-1550	505,67	6,22	f g	304-UA-1135	725,5	6,58	e
304-UA-1135	486,79	6,18	g	254-CON-902	601,2	6,39	f
302-UA-1634 A	464,49	6,13	g h	302-UA-1634 A	570,87	6,34	f
254-CON-902	409,02	6,01	h	267-UA-1550	560,4	6,32	f
Desirée	302,07	5,70	i	Desirée	352,18	5,86	g
Shepody	192,33	5,25	j	457-CON-1157	344,54	5,84	g
457-CON-1157	190,93	5,24	j	Shepody	260,11	5,55	h

\*: Prueba de Tukey según grupos diferentes al 99% de confianza (p-valor<0,01).

Los genotipos sin piel restantes a NG-6 y NG-5 presentaron promedios inferiores con un rango de 190,93 - 733,21 fenoles totales (mg/100 g materia seca). Sin embargo, estos promedios son estadísticamente más elevados en comparación a los testigos, los cuales presentaron en el caso de la variedad Shepody 192,33 fenoles totales (mg/ 100 g materia seca) y la variedad Desirée 302,07 fenoles totales (mg/100 g materia seca), con excepción del genotipo 457-CON-1157, el cual no presentó diferencias significativas con el testigo Shepody, esto dado posiblemente a que la pulpa es de color blanco con leves tonalidades rojas en el anillo vascular, teniendo en sí un color muy similar al testigo.

Para el análisis en tubérculos con piel, los valores de concentración en las variedades comerciales y genotipos nativos después de NG-6 y NG-5 variaron entre 260,11 - 878,87 fenoles totales (mg/100 g materia seca), siendo en todos los casos los valores de los genotipos nativos más elevados que los testigos, con excepción del genotipo 457-CON-1157, el que no presentó diferencias en este caso con la variedad Desirée.

Como se puede observar, el material que presenta pigmentación antociánica en la pulpa y piel en general tiene valores de fenoles totales superiores a los testigos sin pigmentos antociánicos. Con estos resultados obtenidos se puede confirmar que la pigmentación de los genotipos conlleva a una mayor cantidad de fenoles totales. Lo cual concuerda con lo señalado por BROWN (2005), en que las papas con piel roja y púrpura contienen mayor concentración de fenoles en relación a las papas blancas.

Contrariamente a lo planteado en este trabajo datos obtenidos por AL-SAIKHAN *et al.*, (1995) señalan que el contenido de fenoles totales varía entre variedades e incluso algunos tienen el doble de la concentración que otras, lo cual no se relaciona con el color o pigmentación de la pulpa sino con la

variedad de que se trate, lo cual no es compartido según los resultados obtenidos en esta investigación, puesto que dentro de los genotipos estudiados la mayoría presentó mayor cantidad de fenoles totales en relación a los testigos, los cuales tenían una pigmentación blanca y amarilla en la pulpa.

En el caso del genotipo nativo 267-UA-1550, que presentó concentraciones similares cuando fue analizada sin y con piel, considerando que este genotipo presenta una pigmentación púrpura a negra en la piel y en la pulpa una pigmentación crema principalmente con zonas púrpura en forma irregular (ver sección 3.1.3.9 Material y Método), sería necesario en el futuro hacer una determinación del tipo de pigmentos específicos que presentan los genotipos para comprender estas incógnitas. Lo cual como describió BROWN (2005) puede deberse a los distintos tipos de pigmentos antociánicos.

#### **4.1.1.1 Concentración de fenoles totales según el mayor valor promedio.**

Para obtener un mayor detalle de los resultados obtenidos se realizó una comparación entre los genotipos nativos y testigos en relación al valor promedio más alto en concentración fenoles totales (mg/100 g materia seca) tanto para tubérculos sin y con piel.

Para tubérculos sin piel (Cuadro 6), se puede apreciar que el genotipo NG-6 tiene la mayor concentración, por lo tanto éste tiene el 100%, luego sigue el genotipo NG-5 con 50,7% respecto al genotipo NG-6 y por otro lado se encuentra el testigo Desirée con 16,21%, Shepody y el genotipo 457-CON-1157 con el 10,3% y 10,2% respectivamente, en ambos casos la pigmentación púrpura es casi nula.

Siguiendo con los otros resultados en tubérculos con piel (Cuadro 7), el genotipo NG-6 también presentó el 100%, luego NG-5 con el 45,73% en relación al mayor valor y posteriormente los otros genotipos bajan en un tercio

aproximado del mayor valor. El testigo Desirée, presenta un 12,35% de la cantidad de fenoles totales en relación al genotipo NG-6 y Shepody un 9,12%.

**CUADRO 6 Cantidad de fenoles totales y porcentaje en base al mayor valor, obtenidos de tubérculos con piel.**

Tubérculos sin piel			Tubérculos con piel		
Variedad/ Genotipo	Fenoles totales promedios (mg/100 g materia seca)	Fenoles totales en base al mayor valor (%)	Variedad/ Genotipo	Fenoles totales promedios (mg/100 g materia seca)	Fenoles totales en base al mayor valor (%)
NG-6	1.863,91	100	NG-6	2.852,24	100
NG-5	945,11	50,71	NG-5	1.304,23	45,73
239-UA-1388	733,21	39,34	283-UA-1108	878,87	30,81
301-UA-1500	668,23	35,85	239-UA-1388	849,63	29,79
283-UA-1108	628,69	33,73	NG-85	843,88	29,59
NG-71	563,29	30,22	301-UA-1500	780,35	27,36
NG-85	528,73	28,37	NG-71	744,64	26,11
267-UA-1550	505,67	27,13	304-UA-1135	725,5	25,44
304-UA-1135	486,79	26,12	254-CON-902	601,2	21,08
302-UA-1634 A	464,49	24,92	302-UA-1634 A	570,87	20,01
254-CON-902	409,02	21,94	267-UA-1550	560,4	19,65
Desirée	302,07	16,21	Desirée	352,18	12,35
Shepody	192,33	10,32	457-CON-1157	344,54	12,08
457-CON-1157	190,93	10,19	Shepody	260,11	9,12

#### 4.1.1.2 Diferencia en el porcentaje de la concentración de fenoles totales.

Haciendo una diferencia en el porcentaje de concentración de fenoles totales (mg/100 g materia seca) en tubérculos sin y con piel de cada grupo, se puede determinar como se muestra en el Cuadro 7 que es bastante considerable, debido principalmente a la pigmentación presente en la piel, estos resultados concuerdan con lo obtenido por AL-SAIKHAN *et al.*, (1995). Según LISINSKA y LESZCZYNSKI (1989), señalan que la mayor cantidad de compuestos fenólicos se encuentran en la piel y cerca del peridermo. Considerando que el peso total



de la cáscara en relación al tubérculo total corresponde a un 3% aproximadamente, lo cual concuerda con los resultados obtenidos.

**Cuadro 7 Diferencias en concentración de fenoles totales (mg/100 g materia seca) en tubérculos sin y con piel.**

Testigo/ Genotipo nativo	Tubérculos sin piel	Tubérculos con piel	Diferencia en concentración (%), con respecto a tubérculos con piel
	Fenoles totales (mg/100 g materia seca)		
	Media	Media	
NG-6	1.863,91	2.852,24	34,65
NG-5	945,11	1.304,23	27,53
239-UA-1388	733,21	849,63	13,70
301-UA-1500	668,23	780,35	14,36
283-UA-1108	628,69	878,87	28,46
NG-71	563,29	744,64	24,35
NG-85	528,73	843,88	37,34
267-UA-1550	505,67	560,40	9,76
304-UA-1135	486,79	725,50	32,90
302-UA-1634 A	464,49	570,87	18,63
254-CON-902	409,02	601,20	31,96
Desirée	302,07	352,18	14,22
Shepody	192,33	260,11	26,05
457-CON-1157	190,93	344,54	44,58
<b>Total</b>	<b>605,89</b>	<b>833,48</b>	<b>27,30</b>

Con estos resultados se confirma la importancia de no eliminar la piel para el caso del consumo en cuanto a las cualidades nutracéuticas presentes en ellas. Para corroborar estos datos sería importante hacer los mismos análisis de la forma en que se consume habitualmente, es decir, cocidas y fritas. Recordando que normalmente para el consumo casero y en la industria la piel es eliminada.

Como ya se ha mencionado anteriormente, los genotipos nativos NG-6 y NG-5 presentaron en los análisis sin y con piel, las mayores concentraciones

significativas de fenoles totales, además como se demuestra presentan un 34,65% y 27,53% respectivamente más de concentración cuando los tubérculos son estudiados con piel, lo cual comprueba el gran potencial encontrado en estos genotipos.

También se puede observar el incremento de las concentraciones presentes en la piel a diferencia de los tubérculos analizados sin piel, en los genotipos N-G-5 con 27,53%, N-G-85 con 37,34%, 283-UA-1108 con 28,46%, 254-CON-902 con 31,96%, 304-UA-1135 con 32,90% y 457-CON-1157 con 44,58%. Esto demuestra la gran relevancia que presenta la piel o cáscara de papa en este parámetro analizado.

Los resultados coinciden con lo descrito por distintos autores (LISTER y MONRO, 2000; BROWN, 2005; REDDIVARI *et al.*, 2007) en que la mayor cantidad de los compuestos fenólicos se encuentran en la piel. Además, los compuestos fenólicos usualmente acumulados en la piel de las papas estarían asociados contra la defensa de patógenos (Friedman (1997), citado por REYES *et al.*, (2005).

La importancia que presentan estos primeros resultados es enorme ya que con fundamentos ya probados se puede estimular y promover futuros estudios acerca de todo el germoplasma nativo chileno, el cual como se demuestra presenta atributos antioxidantes no conocidos.

Se puede además, hacer extractos de pigmentos proveniente de estos genotipos, los cuales son estables en el tiempo y utilizarlos para colorear o pigmentar algunos productos alimenticios, dejando de lado los colorantes artificiales y dando paso a una fuente natural.

## 4.2 Análisis de actividad antioxidante

El diseño experimental para realizar este análisis fue establecido para cuatro genotipos nativos y dos testigos. La elección de los genotipos nativos fue según los resultados obtenidos en la cantidad de fenoles totales y el tipo de pigmentación, los cuales fueron NG-6, 239-UA-1388, 267-UA-1550 y 301-UA-1500, siguiendo con los mismos testigos variedad Shepody y Desirée.

El criterio de elección de los genotipos nativos para el estudio de actividad antioxidante fue el siguiente: NG-6 presentó la mayor concentración de fenoles totales tanto en tubérculos sin y con piel, además su pigmentación púrpura corresponde a la más intensa de este estudio; 239-UA-1388 presentó en ambos casos valores altos de fenoles totales, teniendo una pigmentación rosada en la piel y pulpa; 301-UA-1500 presentó valores intermedios en general y tiene una pigmentación rojo púrpura en la piel y pulpa púrpura; y finalmente, el genotipo 267-UA-1550 que presentó valores medios en los análisis sin piel y posteriormente descendió en los análisis con piel a pesar de su pigmentación púrpura en la piel.

Los antioxidantes artificiales utilizados como estándares corresponden a BHA, BHT y  $\alpha$ -Tocoferol en concentraciones de 5 mg/100 ml MeOH 80% y 20 mg/100 ml MeOH 80%, los cuales se mantienen con las mismas concentraciones para los análisis, independientemente si se trata de tubérculos sin o con piel. Es decir, son datos referenciales los cuales sirven para comparar con los resultados obtenidos de los tubérculos.

Para el análisis estadístico, la variable en %, en este caso la actividad antioxidante se transformó a  $\text{Arcoseno}\sqrt{\%}$  para normalizarla.

Es importante recordar que la actividad antioxidante fue calculada como el porcentaje de inhibición o tasa de degradación relativa al testigo

correspondiente (sección 3.2.4.2), por lo tanto los testigos (Shepody o Desirée) según sea el caso, se encuentran incluidos dentro de la fórmula. Para el mejor entendimiento de los datos se analizará inicialmente la tasa de degradación puesto que constituye parte de la fórmula y en forma posterior como resultado de esto, se analizará la actividad antioxidante.

Se debe considerar que no se encuentra información disponible sobre la tasa de degradación en la literatura consultada hasta la fecha, sólo es parte del cálculo de la actividad antioxidante, es por esto que sería recomendable que se analice para futuros estudios, para así ver el comportamiento de los genotipos en forma más detallada.

**4.2.1 Tasa de degradación.** La tasa de degradación tanto para los testigos como las muestras, refleja la efectividad que tienen de proteger al  $\beta$ -caroteno en el proceso de oxidación, representado en el descoloramiento de mayor o menor velocidad de éste<sup>2</sup>. Para el organismo significa que cualquier producto o alimento que tenga una tasa de degradación baja, protege mejor frente a los procesos oxidativos y radicales libres, ya que mientras más se demore en degradar más defiende a las moléculas del cuerpo y por lo tanto, tienen una mayor actividad anti-oxidante. Por el contrario, si un producto o alimento tiene una tasa de degradación alta, esto quiere decir que, su degradación va a ser muy rápida por lo que en menos tiempo se tendrán que defender células del organismo por sí solas.

4.2.1.1 Tasa de degradación en relación al testigo Shepody. En el Cuadro 8 se muestra el análisis descriptivo de los datos correspondiente a cada grupo.

---

<sup>2</sup> HESS, S. (2004). Dr. Química. Universidad Austral de Chile, Instituto de Ciencias, Valdivia. Comunicación personal.

**CUADRO 8 Tasa de degradación (minutos) en antioxidantes artificiales, testigo Shepody y genotipos nativos chilenos en tubérculos sin y con piel.**

Antioxidante artificial*/ Variedad comercial (sin piel)/ Genotipo nativo (sin piel)	Tasa de Degradación (minutos) <sup>-1</sup>			Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)	Antioxidante artificial*/ Variedad comercial (con piel)/ Genotipo nativo (con piel)	Tasa de Degradación (minutos) <sup>-1</sup>			Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
	Mínima	Media	Máxima				Mínima	Media	Máxima		
Shepody	0,0440	0,0493	0,0525	0,00361	7,32	Shepody	0,038	0,0408	0,0445	0,00295	5,76
301-UA-1500	0,0347	0,0347	0,0348	0,00005	0,14	α -Tocoferol 20 mg*	0,0342	0,0345	0,0347	0,00026	0,76
α -Tocoferol 20 mg*	0,0342	0,0345	0,0347	0,00026	0,76	301-UA-1500	0,0341	0,0342	0,0345	0,00014	0,42
α- Tocoferol 5 mg*	0,0339	0,0342	0,0344	0,00026	0,77	α- Tocoferol 5 mg*	0,0339	0,0342	0,0344	0,00026	0,77
267-UA-1550	0,0336	0,0339	0,0341	0,00020	0,60	BHA 5 mg*	0,0315	0,0317	0,032	0,00025	0,79
239-UA-1388	0,0331	0,0333	0,0339	0,00030	0,92	BHA 20 mg*	0,0295	0,0302	0,031	0,00075	2,47
BHA 5 mg*	0,0315	0,0317	0,0320	0,00025	0,79	BHT 5 mg*	0,0292	0,0301	0,031	0,00090	2,99
N-G 6	0,0298	0,0311	0,0322	0,00082	2,65	239-UA-1388	0,0267	0,0289	0,0308	0,00190	6,57
BHA 20 mg*	0,0295	0,0302	0,0310	0,00075	2,47	267-UA-1550	0,0273	0,0286	0,0303	0,00118	4,15
BHT 5 mg*	0,0292	0,0301	0,0310	0,00090	2,99	BHT 20 mg*	0,0246	0,0256	0,0271	0,00130	5,09
BHT 20 mg*	0,0246	0,0256	0,0271	0,00130	5,09	N-G 6	0,0115	0,0144	0,0170	0,00217	15,06
<b>Total</b>	<b>0,0246</b>	<b>0,0344</b>	<b>0,0525</b>	<b>0,00627</b>	<b>18,19</b>	<b>Total</b>	<b>0,0115</b>	<b>0,030</b>	<b>0,0445</b>	<b>0,00736</b>	<b>24,50</b>

\*: Antioxidantes artificiales en distintas concentraciones en MeOH 80%, utilizadas como estándares.

En el coeficiente de variación total, como valores máximos se obtuvo 18,19% en tubérculos analizados sin piel y en tubérculos analizados con piel fue de 24,5%. El coeficiente de variación obtenidos en los grupos de éstos análisis va entre el rango 0,14 – 15,06%, el cual es adecuado y el error experimental es aceptable (MORALES, 2005).

Los resultados obtenidos en la tasa de degradación cuando el testigo es Shepody, cumplen con los supuestos del análisis paramétrico (Anexo 6 y 7). Con esto, el análisis de varianza (ANDEVA) determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre los distintos grupos, para lo cual se realizó una prueba de rangos múltiples con la metodología de Tukey con un nivel de confianza del 99%, (P-valor < 0,01), ver Cuadro 9.

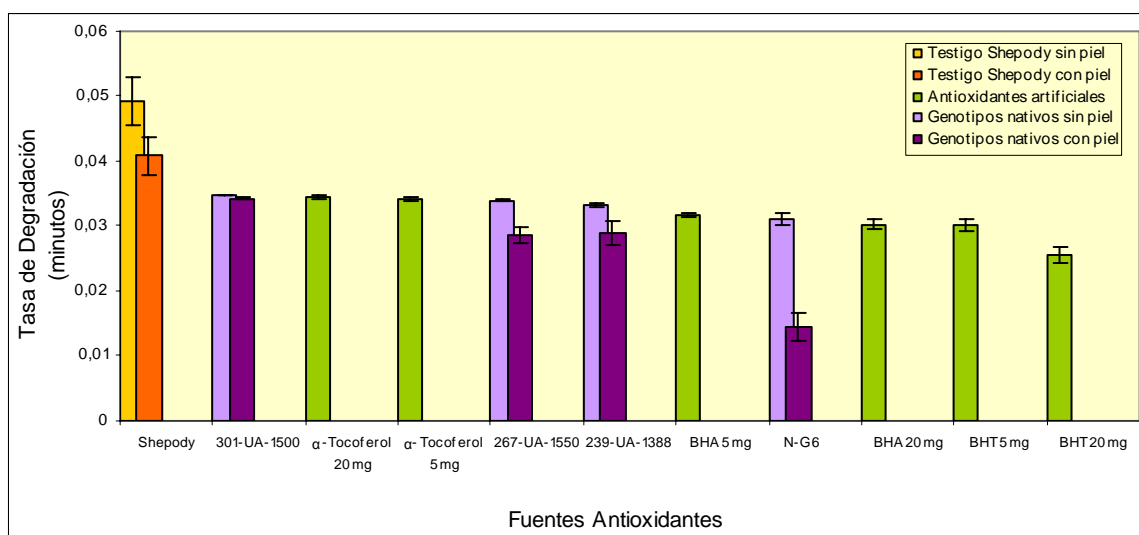
**CUADRO 9 Tasa de degradación (minutos) ordenados según prueba de rangos múltiples Tukey en tubérculos sin y con piel, con el testigo variedad Shepody.**

Antioxidante artificial*/ Testigo (sin piel)/ Genotipo (sin piel)/	Tasa de Degradación (minutos) promedio	Grupos Homogeneos**	Antioxidante artificial*/ Testigo (con piel)/ Genotipo (con piel)	Tasa de Degradación (minutos) promedio	Grupos Homogeneos**
Shepody	0,0493	a	Shepody	0,0408	a
301-UA-1500	0,0347	b	$\alpha$ -Tocoferol 20 mg*	0,0345	b
$\alpha$ -Tocoferol 20 mg*	0,0345	b	301-UA-1500	0,0342	b
$\alpha$ -Tocoferol 5 mg*	0,0342	b c	$\alpha$ - Tocoferol 5 mg*	0,0342	b
267-UA-1550	0,0339	b	BHA 5 mg*	0,0317	b c
239-UA-1388	0,0333	b c d	BHA 20 mg*	0,0302	b c d
BHA 5 mg*	0,0317	b c d	BHT 5 mg*	0,0301	b c d
N-G 6	0,0311	c d	239-UA-1388	0,0289	c d
BHA 20 mg*	0,0302	d	267-UA-1550	0,0286	c d
BHT 5 mg*	0,0301	d	BHT 20 mg*	0,0256	d
BHT 20 mg*	0,0256	e	N-G 6	0,0144	e

\*: Antioxidantes artificiales en distintas concentraciones en MeOH 80%, utilizadas como estándares.

\*\* : Prueba de Tukey según grupos diferentes al 99% de confianza (p-valor<0,01).

Esta prueba constató una diferencia estadística altamente significativa, donde el antioxidante artificial BHT 20 mg presentó la tasa de degradación más baja con 0,0256e al igual que el genotipo NG-6 con 0,0144e en los distintos análisis. Representando entonces, que sería más beneficioso para la salud consumir el genotipo nativo NG-6 con piel por proteger por un tiempo más prolongado el organismo o degradarse en forma más lenta en relación al testigo Shepody con piel. Este testigo presenta la tasa de degradación más alta en relación a los genotipos y antioxidantes comerciales con 0,0493a y 0,0408a, en cada uno de los análisis, lo cual se debería a que Shepody presenta un color amarillo en la piel y blanco en la pulpa, teniendo la pigmentación más clara de este estudio. La representación gráfica de estos resultados se muestra en la Figura 19.



**Figura 19 Tasa de degradación (minutos) de antioxidantes artificiales, tubérculos sin y con piel de la variedad comercial Shepody y genotipos nativos.**

En los genotipos 239-UA-1388 y 267-UA-1550 se ve una tasa de degradación que disminuye su valor estadísticamente cuando es analizada con

piel en relación al ser analizada sin piel. Es importante considerar que entre estos genotipos la variabilidad de pigmentación es notoria, puesto que el genotipo 239-UA-1388 tiene la piel y pulpa rosada mayoritariamente y el genotipo 267-UA-1550 presenta principalmente en la piel la pigmentación púrpura oscuro y pulpa crema, pero se debe considerar que la pigmentación no es tan intensa en relación al genotipo NG-6. En cambio, el genotipo 301-UA-1500 mostró una tasa de degradación alta, a pesar de tener una pigmentación predominante de la piel rojo púrpura y pulpa púrpura principalmente. Este último resultado no coincide con lo obtenido en el análisis de fenoles totales, donde se ve una concentración considerable.

4.2.1.2 Tasa de degradación en relación al testigo Desirée. Para este caso se muestra el análisis descriptivo en el Cuadro 10 tanto para los grupos de tubérculos sin y con piel (testigo y genotipos) y antioxidantes artificiales.

El coeficiente de variación fue de 0,14 -15,06% obtenidos en los distintos grupos, por lo tanto, esto nos indica que el error experimental fue aceptable y la metodología experimental fue la adecuada (MORALES, 2005).



**CUADRO 10 Tasa de degradación (minutos) en antioxidantes artificiales, testigo Desirée y genotipos nativos chilenos en tubérculos sin y con piel.**

Antioxidante artificial*/ Variedad comercial (sin piel)/ Genotipo nativo (sin piel)	Tasa de Degradación (minutos)			Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)	Antioxidante artificial*/ Variedad comercial (con piel)/ Genotipo nativo (con piel)	Tasa de Degradación (minutos)			Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
	Mínima	Media	Máxima				Mínima	Media	Máxima		
<b>Desirée</b>	0,0342	0,0351	0,0370	0,00114	3,26	<b>Desirée</b>	0,0325	0,0357	0,0387	0,00256	7,16
<b>301-UA-1500</b>	0,0347	0,0347	0,0348	0,00005	0,14	<b>α -Tocoferol 20 mg*</b>	0,0342	0,0345	0,0347	0,00026	0,76
<b>α -Tocoferol 20 mg*</b>	0,0342	0,0345	0,0347	0,00026	0,76	<b>301-UA-1500</b>	0,0341	0,0342	0,0345	0,00014	0,42
<b>α- Tocoferol 5 mg*</b>	0,0339	0,0342	0,0344	0,00026	0,77	<b>α- Tocoferol 5 mg*</b>	0,0339	0,0342	0,0344	0,00026	0,77
<b>267-UA-1550</b>	0,0336	0,0339	0,0341	0,00020	0,60	<b>BHA 5 mg*</b>	0,0315	0,0317	0,0320	0,00025	0,79
<b>239-UA-1388</b>	0,0331	0,0333	0,0339	0,00030	0,92	<b>BHA 20 mg*</b>	0,0295	0,0302	0,0310	0,00075	2,47
<b>BHA 5 mg*</b>	0,0315	0,0317	0,0320	0,00025	0,79	<b>BHT 5 mg*</b>	0,0292	0,0301	0,0310	0,00090	2,99
<b>N-G 6</b>	0,0298	0,0311	0,0322	0,00082	2,65	<b>239-UA-1388</b>	0,0267	0,0289	0,0308	0,00190	6,57
<b>BHA 20 mg*</b>	0,0285	0,0302	0,0310	0,00075	2,47	<b>267-UA-1550</b>	0,0273	0,0286	0,0303	0,00118	4,15
<b>BHT 5 mg*</b>	0,0292	0,0301	0,0310	0,00090	2,99	<b>BHT 20 mg*</b>	0,0246	0,0256	0,0271	0,00130	5,09
<b>BHT 20 mg*</b>	0,0246	0,0256	0,0271	0,00130	5,09	<b>N-G 6</b>	0,0115	0,0144	0,0170	0,00217	15,06
<b>Total</b>	<b>0,0246</b>	<b>0,0326</b>	<b>0,0370</b>	<b>0,00256</b>	<b>7,83</b>	<b>Total</b>	<b>0,0115</b>	<b>0,0294</b>	<b>0,0387</b>	<b>0,00657</b>	<b>22,36</b>

\*: Antioxidantes artificiales en distintas concentraciones en MeOH 80%, utilizadas como estándares.

El análisis de varianza (ANDEVA), aplicado sobre la tasa de degradación cuando el testigo es Desirée (Anexo 8 y 9), determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre las distintas tasas de degradación de las fuentes antioxidantes analizadas en este estudio, al igual que el caso anterior. Por esta razón, se realizó un test de rangos múltiples, con la metodología de Tukey con un nivel de confianza del 99%, (P-Valor < 0,01). Los resultados se muestran a continuación (Cuadro 11).

**CUADRO 11 Tasa de degradación (minutos) ordenados según prueba de rangos múltiples Tukey, según el testigo variedad Desirée.**

Antioxidante artificial*/ Variedad (sin piel)/ Genotipo (sin piel)/	Tasa de Degradación (minutos) promedio	Grupos Homogeneos**	Antioxidante artificial*/ Variedad (con piel)/ Genotipo (con piel)	Tasa de Degradación (minutos) promedio	Grupos Homogeneos**
Desirée	0,0351	a	Desirée	0,0357	a
301-UA-1500	0,0347	a b	$\alpha$ -Tocoferol 20 mg*	0,0345	a b
$\alpha$ -Tocoferol 20 mg*	0,0345	a b	301-UA-1500	0,0342	a b
$\alpha$ -Tocoferol 5 mg*	0,0342	a b	$\alpha$ -Tocoferol 5 mg*	0,0342	a b
267-UA-1550	0,0339	a b	BHA 5 mg*	0,0317	a b c
239-UA-1388	0,0333	b c	BHA 20 mg*	0,0302	b c d
BHA 5 mg*	0,0317	c d	BHT 5 mg*	0,0301	b c d
N-G 6	0,0311	d	239-UA-1388	0,0289	c d
BHA 20 mg*	0,0302	d	267-UA-1550	0,0286	c d
BHT 5 mg*	0,0301	d	BHT 20 mg*	0,0256	d
BHT 20 mg*	0,0256	e	N-G 6	0,0144	e

\*: Antioxidantes artificiales en distintas concentraciones en MeOH 80%, utilizadas como estándares.

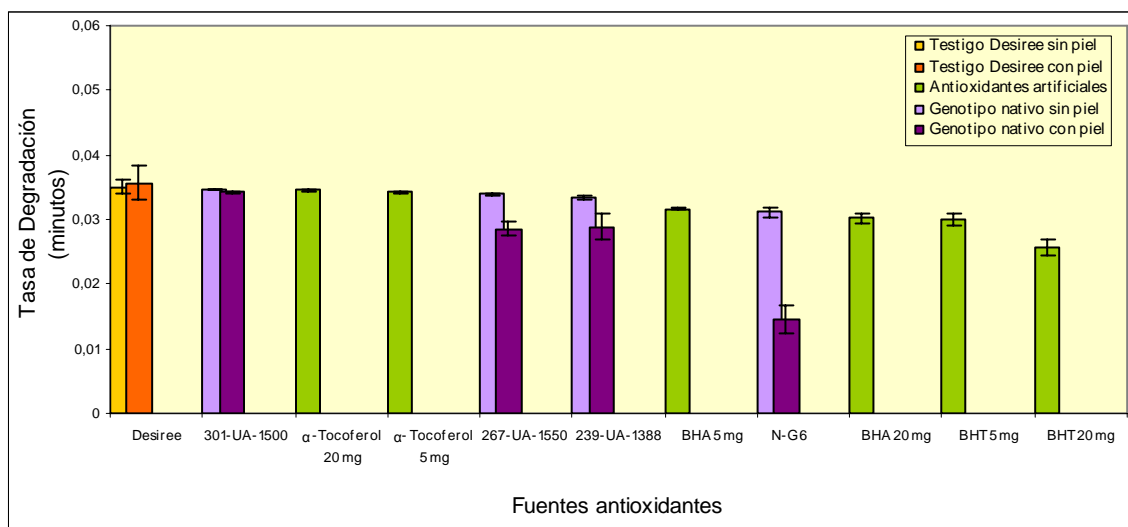
\*\* : Prueba de Tukey según grupos diferentes al 99% de confianza (p-valor<0,01).

Al comparar los resultados cuando el testigo es Desirée y los tubérculos se encuentran sin piel, se puede decir estadísticamente y con alta significancia que presentan la misma tasa de degradación con el genotipo 301-UA-1500, 267-UA- 1550 y los antioxidantes artificiales  $\alpha$ -Tocoferol 20 mg y  $\alpha$ -Tocoferol 5 mg. Ahora, cuando los tubérculos presentan piel, el testigo es similar estadísticamente y con alta significancia a  $\alpha$ -Tocoferol 20 mg,  $\alpha$ -Tocoferol 5

mg, BHA 5 mg y al genotipo 301-UA-1500, considerando que éste testigo presenta piel roja. La diferencia se presenta en el genotipo 267-UA-1550, el cual tiene una pigmentación en la piel púrpura oscuro, lo que provocó que su tasa de degradación sea más baja como lo muestra el cuadro 11, por lo tanto se encuentra en otro grupo estadístico.

Siguiendo este tipo de conjeturas la diferencia entre los testigos, podría deberse a la distinta pigmentación carotenoidea, la cual es un antioxidante natural presente en vegetales (BROWN, 2005). Esto dado porque la variedad Shepody presenta una pulpa y piel más clara en comparación al testigo Desirée. BROWN (2005) señala que las variedades de pulpa amarilla tienen un nivel más alto de carotenoides que las variedades pulpa blanca. Lo cual deriva en que Shepody presenta mayor diferencia en la tasa de degradación con los otros grupos analizados, no así el testigo Desirée.

Por otro lado, el resultado obtenido en el genotipo NG-6 cuando los tubérculos fueron analizados sin piel, es que fue estadísticamente igual y con alta significancia a los antioxidantes artificiales BHA 5 mg, BHA 20 mg y BHT 5 mg (ver Figura 20). En cambio, cuando se analizó con piel el genotipo NG-6 presentó alta significancia en su resultado en la tasa de degradación, la cual fue la más baja en relación a todos los otros grupos con 0,0144.



**Figura 20 Tasa de degradación (minutos) en antioxidantes artificiales, tubérculos sin y con piel en genotipos nativos y variedad comercial Desirée.**

El resultado obtenido en el genotipo NG-6 complementa los datos del análisis de fenoles totales donde se presentó la mayor concentración lo que deriva en una tasa de degradación más baja lo cual se ve aumentado cuando son analizados los tubérculos con piel. En contraste con el testigo, el cual presenta otro tipo de pigmentación derivando en la tasa de degradación más alta.

Analizada la tasa de degradación, se puede comprender de mejor forma los resultados que a continuación se detallan sobre la actividad antioxidante.

**4.2.2 Actividad antioxidante.** Para realizar este análisis fue necesario el procedimiento anterior, puesto que dentro de la ecuación de actividad antioxidante se encuentra la tasa de degradación como se mencionó anteriormente (ver sección 3.2.4.2 Material y Método).

A continuación se entregan los antecedentes relacionados con la información obtenida de los experimentos presentados.

4.2.2.1 Análisis de actividad antioxidante cuando el testigo es Shepody. Se presenta el análisis descriptivo en el Cuadro 12, tanto para los grupos de tubérculos (sin y con piel) y antioxidantes artificiales.

El coeficiente de variación que se presenta en cada uno de los casos, el porcentaje no es mayor a 5,58% en BHT 20 mg y 15,92% en el genotipo nativo 239-UA-1388. Esto muestra que hay una medida relativa de variación (error) dentro de las repeticiones aceptable para el análisis (MORALES, 2005).

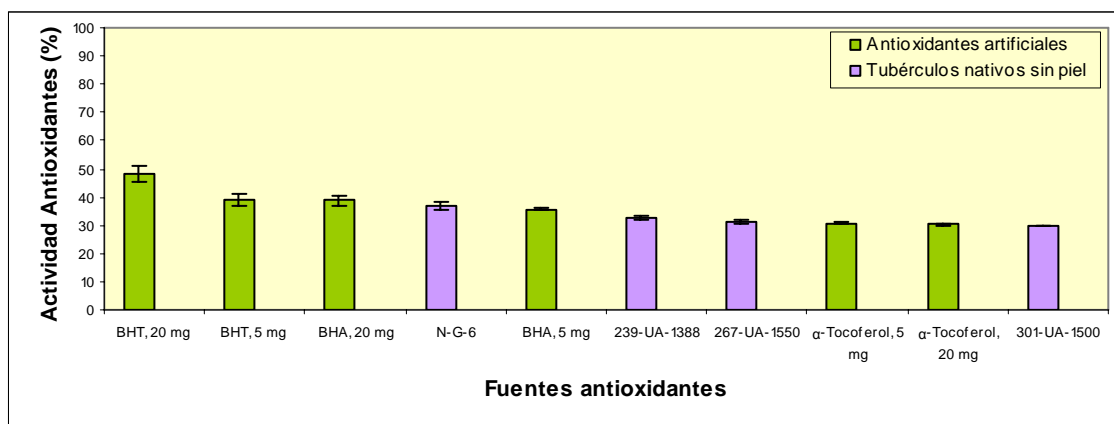
**CUADRO 12 Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos sin y con piel de genotipos nativos chilenos y testigo variedad Shepody.**

Antioxidante artificial*/ Genotipo nativo sin piel	Actividad Antioxidante** (%)			Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)	Antioxidante artificial*/ Genotipo nativo con piel	Actividad Antioxidante** (%)			Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
	Mínimo	Media	Máxima				Mínimo	Media	Máxima		
<b>BHT 20 mg*</b>	45,03	48,07	50,11	2,68	5,58	<b>N-G-6</b>	58,44	64,69	71,82	5,34	8,25
<b>BHT 5 mg*</b>	37,24	39,02	40,92	1,84	4,72	<b>BHT 20 mg*</b>	33,54	37,21	39,69	3,24	8,71
<b>BHA 20 mg*</b>	37,20	38,70	40,25	1,52	3,93	<b>267-UA-1550</b>	25,74	29,86	33,28	2,95	9,90
<b>N-G-6</b>	34,76	36,83	39,63	1,69	4,59	<b>239-UA-1388</b>	24,65	29,08	34,59	4,63	15,92
<b>BHA 5 mg*</b>	35,18	35,64	36,15	0,48	1,36	<b>BHT 5 mg*</b>	24,13	26,27	28,58	2,22	8,48
<b>239-UA-1388</b>	31,25	32,44	33,06	0,67	2,07	<b>BHA 20 mg*</b>	24,08	25,89	27,76	1,84	7,11
<b>267-UA-1550</b>	30,87	31,28	31,97	0,46	1,47	<b>BHA 5 mg*</b>	21,63	22,19	22,81	0,58	2,65
<b>α-Tocoferol 5 mg*</b>	30,43	30,80	31,37	0,50	1,62	<b>α-Tocoferol 5 mg*</b>	15,90	16,34	17,03	0,60	3,70
<b>α-Tocoferol 20 mg*</b>	29,81	30,15	30,70	0,47	1,58	<b>301-UA-1500</b>	15,49	16,10	16,59	0,39	2,45
<b>301-UA-1500</b>	29,53	29,67	29,82	0,11	0,38	<b>α-Tocoferol 20 mg*</b>	15,14	15,56	16,22	0,57	3,71
<b>Total general</b>	<b>29,53</b>	<b>34,49</b>	<b>50,11</b>	<b>5,11</b>	<b>14,83</b>	<b>Total general</b>	<b>15,14</b>	<b>30,21</b>	<b>71,82</b>	<b>15,87</b>	<b>52,55</b>

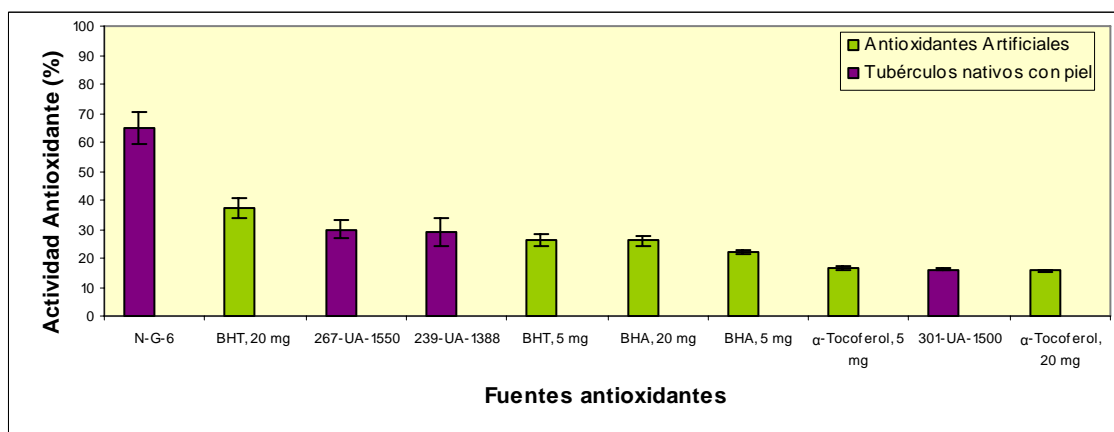
\*: Antioxidantes artificiales en distintas concentraciones en MeOH 80%, utilizadas como estándares.

\*\* : Actividad Antioxidante calculada como porcentaje de inhibición relativa al testigo Shepody sin y con piel.

Por otro lado, el análisis descriptivo muestra en forma gráfica en la Figura 21 (tubérculos sin piel) y Figura 22 (tubérculos con piel) la actividad antioxidante de los distintos grupos de tubérculos analizados y antioxidantes artificiales, considerando el porcentaje promedio.



**Figura 21** Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos nativos sin piel, obtenidas en base a la variedad testigo Shepody.



**Figura 22** Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos nativos con piel, obtenidas en base a la variedad testigo Shepody.

Los resultados obtenidos, fueron evaluados por medio de un análisis de varianza (ANDEVA), para la actividad antioxidante cuando el testigo es Shepody (Anexo 10 y 11). El cual determinó que existen diferencias estadísticas altamente significativas entre las distintas actividades antioxidantes presente en las fuentes antioxidantes analizadas en este estudio. Se realizó la prueba de rangos múltiples, con la metodología de Tukey con un nivel de confianza del 99%, (P-Valor < 0,01).

De acuerdo a los resultados se observa en el Cuadro 13, cuando los tubérculos son analizados sin piel, que el genotipo nativo NG-6 se destacó por sobre los otros analizados con 36,83b%, el cual no mostró diferencias estadísticas con los antioxidantes artificiales BHT 5 mg, BHA 20 mg y BHA 5 mg con 39,02%, 38,70% y 35,64% respectivamente. Los otros genotipos nativos 239-UA-1388, 301-UA-1500 y 267-UA-1550, presentaron porcentajes de actividad antioxidante más bajos, los cuales no tienen una pigmentación tan intensa en la pulpa como el genotipo NG-6. Además, se debe considerar que en este análisis el antioxidante artificial BHT 20 mg presentó el porcentaje de actividad antioxidante más alto con un 48,07a%.

Ahora cuando el análisis es realizado en tubérculos con piel, se encuentra el genotipo nativo NG-6 con una diferencia estadística altamente significativa en su actividad antioxidante con 64,69a%, lo cual concuerda con lo obtenido en el análisis de fenoles totales y tasa de degradación. Luego le siguen el antioxidante artificial BHT 20 mg, y los genotipos 267-UA-1550 y 239-UA-1388 con 37,21%, 29,86%, y 29,08% respectivamente. El genotipo 301-UA-1500 con 16,10 % fue el que presentó la actividad antioxidante más baja, lo cual concuerda con el análisis anterior donde presentó la tasa de degradación más alta.



**CUADRO 13 Prueba de rangos múltiples Tukey para la Actividad Antioxidante (%) en tubérculos sin y con piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Shepody.**

Antioxidante artificial*/ Genotipo nativo sin piel	Actividad Antioxidante** (%)	Arcoseno√Actividad Antioxidante (%)	Grupos Homogeneos***	Antioxidante artificial*/ Genotipo nativo con piel	Actividad Antioxidante** (%)	Arcoseno√Actividad Antioxidante (%)	Grupos Homogeneos***
BHT 20 mg*	48,07	0,76	a	N-G-6	64,69	0,93	a
BHT 5 mg*	39,02	0,67	b	BHT 20 mg*	37,21	0,65	b
BHA 20 mg*	38,70	0,67	b	267-UA-1550	29,86	0,57	b c
N-G-6	36,83	0,65	b	239-UA-1388	29,08	0,56	b c
BHA 5 mg*	35,64	0,63	b c	BHT 5 mg*	26,27	0,53	c
239-UA-1388	32,44	0,60	c d	BHA 20 mg*	25,89	0,53	c
267-UA-1550	31,28	0,59	d e	BHA 5 mg*	22,19	0,49	c d
α-Tocoferol 5 mg*	30,80	0,58	d e	α-Tocoferol 5 mg*	16,34	0,41	d
α-Tocoferol 20 mg*	30,15	0,58	d e	301-UA-1500	16,10	0,41	d
301-UA-1500	29,67	0,57	e	α-Tocoferol 20 mg*	15,56	0,40	d

\*: Antioxidantes artificiales en distintas concentraciones en MeOH 80%, utilizadas como estándares.

\*\* : Actividad Antioxidante calculada como porcentaje de inhibición relativa al testigo Shepody sin y con piel.

\*\*\*: Prueba de Tukey según grupos diferentes al 99% de confianza (p-valor<0,01).

4.2.2.2 Análisis de actividad antioxidante cuando el testigo es Desirée. En el análisis descriptivo se muestran (Cuadro 14) los resultados para los grupos de tubérculos (sin y con piel) y antioxidantes artificiales.

Estos resultados coinciden con los presentados anteriormente, sólo que en este caso con el testigo Desirée, se muestra una menor tasa de degradación que el testigo Shepody, por lo que al calcular la actividad antioxidante hay más resistencia a la degradación o tiene mayor poder antioxidante, por lo tanto, los genotipos nativos y los antioxidantes artificiales se ven con menor acción, presentando de esta forma valores más pequeños, lo que deriva en una mayor sensibilidad al hacer los cálculos. Es por esta situación que el coeficiente de variación presenta valores más altos que los mostrados en el caso cuando el testigo es Shepody.

El coeficiente de variación en cada uno de los casos, se presentan como máximo en  $\alpha$ -Tocoferol 20 mg con 38,80% y en el genotipo 239-UA-1388 con 27,87% en los análisis, estos son los más altos del estudio realizado.

Según ANDRE *et al.* (2007), las papas con pulpa amarilla contienen más carotenoides que los cultivares con pulpa blanca, los cuales se encuentran en distintas proporciones, tales como luteína, zexantina y violaxantina y anteraxantina. Estos antecedentes afirman los resultados encontrados en este estudio, demostrándose la diferencia también entre los testigos, los cuales presentaron mayor o menor actividad antioxidante, lo que se debe a la diferencia de pigmentación.

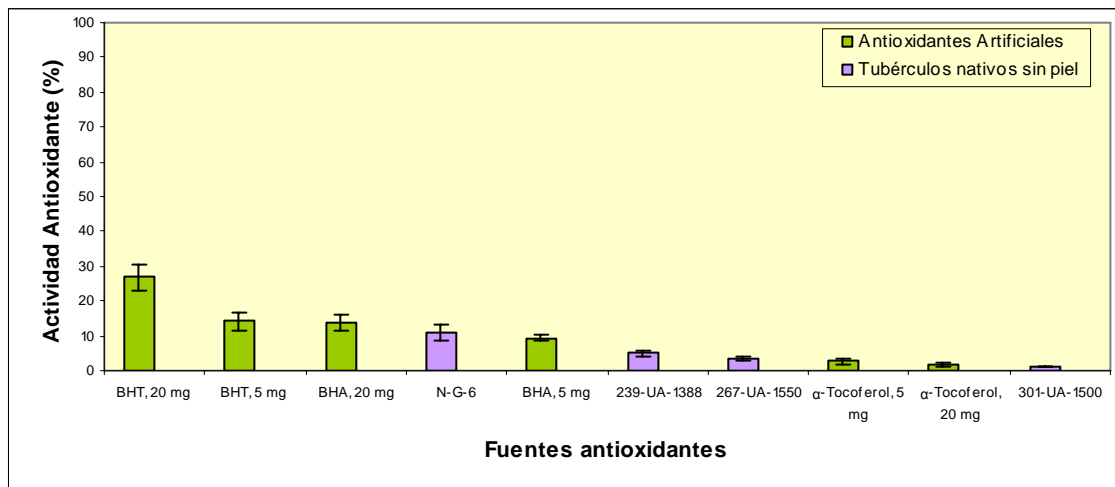
**CUADRO 14 Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos sin y con piel de genotipos nativos chilenos y testigo variedad Desirée.**

Antioxidante artificial*/ Genotipo nativo sin piel	Actividad Antioxidante** (%)			Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)	Antioxidante artificial*/ Genotipo nativo con piel	Actividad Antioxidante** (%)			Desviación Estándar	Coeficiente Variación (%)
	Mínimo	Media	Máxima				Mínimo	Media	Máxima		
<b>BHT 20 mg*</b>	22,65	26,93	29,81	3,77	14,01	<b>N-G-6</b>	52,51	59,66	67,81	6,10	10,22
<b>BHT 5 mg*</b>	11,70	14,20	16,88	2,59	18,26	<b>BHT 20 mg*</b>	24,07	28,26	31,09	3,70	13,11
<b>BHA 20 mg*</b>	11,65	13,76	15,93	2,14	15,57	<b>267-UA-1550</b>	15,15	19,86	23,77	3,38	17,01
<b>N-G-6</b>	8,21	11,12	15,06	2,37	21,40	<b>239-UA-1388</b>	13,91	18,98	25,27	5,29	27,87
<b>BHA 5 mg*</b>	8,80	9,44	10,17	0,68	7,26	<b>BHT 5 mg*</b>	13,31	15,76	18,40	2,54	16,14
<b>239-UA-1388</b>	3,27	4,95	5,81	0,94	19,08	<b>BHA 20 mg*</b>	13,26	15,33	17,47	2,10	13,72
<b>267-UA-1550</b>	2,74	3,31	4,28	0,65	19,63	<b>BHA 5 mg*</b>	10,47	11,10	11,81	0,67	6,06
<b>α-Tocoferol 5 mg*</b>	2,12	2,64	3,44	0,70	26,67	<b>α-Tocoferol 5 mg*</b>	3,91	4,42	5,21	0,69	15,66
<b>α-Tocoferol 20 mg*</b>	1,24	1,73	2,49	0,67	38,80	<b>301-UA-1500</b>	3,44	4,14	4,71	0,45	10,88
<b>301-UA-1500</b>	0,85	1,05	1,25	0,16	15,38	<b>α-Tocoferol 20 mg*</b>	3,04	3,52	4,27	0,66	18,71
<b>Total general</b>	<b>0,85</b>	<b>7,82</b>	<b>29,81</b>	<b>7,19</b>	<b>91,95</b>	<b>Total general</b>	<b>3,04</b>	<b>20,26</b>	<b>67,81</b>	<b>18,14</b>	<b>89,50</b>

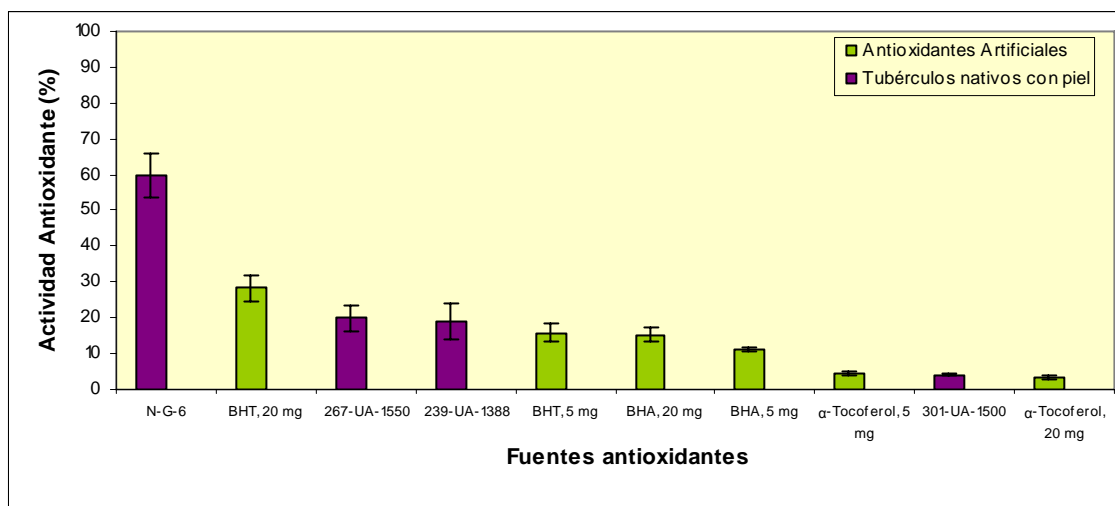
\*: Antioxidantes artificiales en distintas concentraciones en MeOH 80%, utilizadas como estándares.

\*\* : Actividad Antioxidante calculada como porcentaje de inhibición relativa al testigo Desirée sin y con piel.

La gráfica del análisis descriptivo de la actividad antioxidante muestra los porcentajes promedios de los resultados de cada uno de los grupos (antioxidantes artificiales y tubérculos sin y con piel) en las Figuras 23 y 24.



**Figura 23** Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos nativos sin piel, obtenidas en base al testigo Desirée.



**Figura 24** Actividad antioxidante de antioxidantes artificiales y tubérculos nativos con piel, obtenidas en base al testigo Desirée.

El análisis de varianza de la actividad antioxidante (%) de los distintos grupos analizados determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de actividad antioxidantes de los distintos genotipos pigmentados chilenos y antioxidantes artificiales (Anexo 12 y 13), tanto en tubérculos analizados sin y con piel. Por lo cual se realizó una prueba de rangos múltiples con la metodología de Tukey con un nivel de confianza de 99%, resultados que se muestran en el Cuadro 15.

Como se puede observar el análisis cuando los tubérculos no presentan piel, el antioxidante artificial BHT 20 mg obtuvo el porcentaje de actividad antioxidante más alto con un 26,93a%. El genotipo NG-6 presentó una actividad antioxidante de 11,12b%, el cual no mostró diferencias estadísticas con los antioxidantes artificiales BHT 5 mg, BHA 20 mg y BHA 5 mg con 14,20%, 13,76% y 9,44 % respectivamente. Al igual que el análisis anterior, los genotipos nativos 239-UA-1388, 301-UA-1500 y 267-UA-1550, presentaron bajos porcentajes de actividad antioxidante.

En el mismo análisis, pero en tubérculos con piel el genotipo NG-6 presentó con una diferencia estadística altamente significativa 59,66a% en su actividad antioxidante. Le siguen el antioxidante artificial BHT 20 mg, los genotipos 267-UA-1550 y 239-UA-1388 con 28,26%, 19,86% y 18,98% respectivamente. Por otro lado el genotipo 301-UA-1500 presentó 4,14%, el cual presentó el porcentaje más bajo de los genotipos estudiados.

**CUADRO 15 Prueba de rangos múltiples Tukey para la Actividad Antioxidante (%) en tubérculos sin y con piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Desirée.**

Antioxidante artificial*/ Genotipo nativo	Actividad Antioxidante** (%)	Arcoseno√Actividad Antioxidante (%)	Grupos Homogeneos***	Antioxidante artificial*/ Genotipo nativo	Actividad Antioxidante** (%)	Arcoseno√Actividad Antioxidante (%)	Grupos Homogeneos***
BHT 20 mg*	26,93	0,76	a	N-G-6	59,66	0,88	a
BHT 5 mg*	14,20	0,38	b	BHT 20 mg*	28,26	0,56	b
BHA 20 mg*	13,76	0,37	b	267-UA-1550	19,86	0,46	b c
N-G-6	11,12	0,33	b	239-UA-1388	18,98	0,44	b c
BHA 5 mg*	9,44	0,31	b	BHT 5 mg*	15,76	0,40	c
239-UA-1388	4,95	0,22	c	BHA 20 mg*	15,33	0,40	c
267-UA-1550	3,31	0,18	c d	BHA 5 mg*	11,10	0,33	c d
α-Tocoferol 5 mg*	2,64	0,16	c d e	α-Tocoferol 5 mg*	4,42	0,21	d e
α-Tocoferol 20 mg*	1,73	0,13	d e	301-UA-1500	4,14	0,20	e
301-UA-1500	1,05	0,10	e	α-Tocoferol 20 mg*	3,52	0,18	e

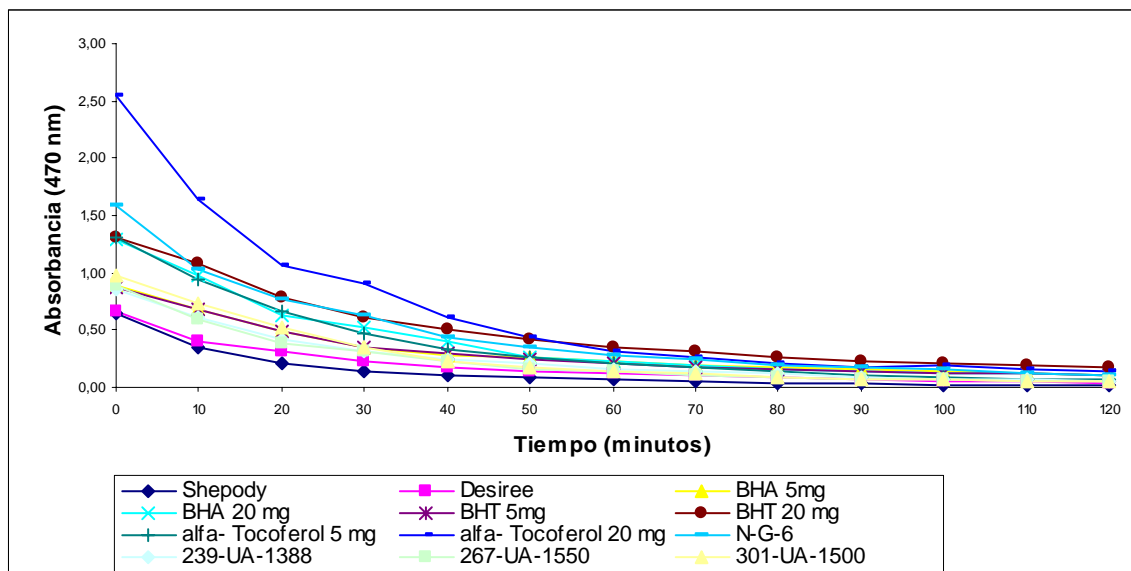
\*: Antioxidantes artificiales en distintas concentraciones en MeOH 80%, utilizadas como estándares.

\*\* : Actividad Antioxidante calculada como porcentaje de inhibición relativa al testigo Desirée sin y con piel.

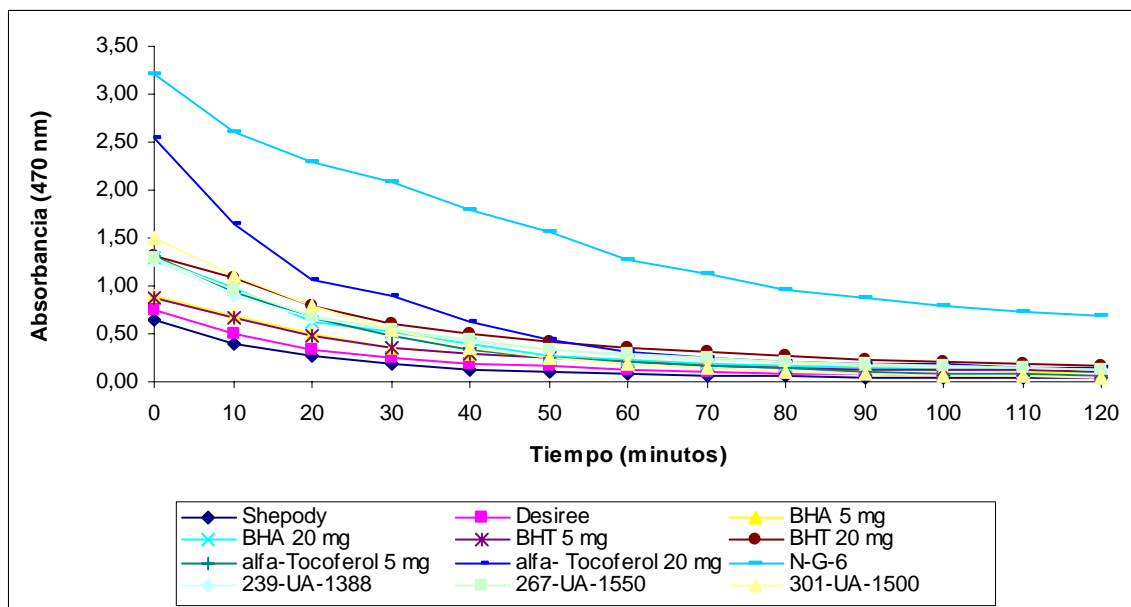
\*\*\*: Prueba de Tukey según grupos diferentes al 99% de confianza (p-valor<0,01).

Según BROWN *et al.* (2003), los niveles de antioxidantes en papas de pulpa roja o morada fueron de dos a tres veces mayores que en las papas de pulpa blanca debido a las antocianinas presentes. Además se encuentran con el doble de concentración de ácidos fenólicos (BROWN, 2005). Estos estudios respaldan esta tesis, en la cual se encontró que los tubérculos con pigmentación antociánica presentaron mayor actividad antioxidante que las papas con pigmentación carotenoide. Ahora entre los genotipos nativos se encontraron diferencias las cuales pueden deberse a la diferencia de antocianinas presente en cada uno de ellos. Con respecto a esto KUSKOSKI *et al.* (2004), afirma que dentro de las antocianinas hay algunas que presentan mayor actividad antioxidante que otras.

A continuación se muestran las curvas cinéticas en un resumen de valores promedios de los antioxidantes artificiales y tubérculos sin y con piel de los distintos grupos, ver Figuras 25 y 26 para una mejor comprensión de los datos. Estos datos son complementados con los Anexos 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 y 22 donde se presentan las curvas cinéticas de los testigos Shepody y Desirée, los genotipos nativos NG-6, 239-UA-1388, 267-UA-1550 y 301-UA-1500 y los antioxidantes artificiales BHA 5 mg, BHA 20 mg, BHT 5 mg, BHT 20 mg,  $\alpha$ -Tocoferol 5 mg y  $\alpha$ -Tocoferol 20 mg.



**Figura 25** Curva cinética en tubérculos sin piel de variedades testigos, genotipos nativos pigmentados y antioxidantes artificiales, basados en el método del blanqueamiento del  $\beta$ - caroteno.



**Figura 26** Curva cinética en tubérculos con piel de variedades testigos, genotipos nativos pigmentados y antioxidantes artificiales, basados en el método del blanqueamiento del  $\beta$ - caroteno.



Es importante considerar que las papas tienen excepcionalmente una alta actividad antioxidante, más que el pimiento, zanahoria y cebolla, pero presentan una menor actividad antioxidante que el brócoli según AL-SAIKHAN *et al.* (1995). Pero según VELIOGLU *et al.* (1998), las papas presentan una actividad antioxidante moderada, pero menor que la cebolla roja. En cuanto al contenido de antocianinas en arándanos, una de las más ricas fuentes de antioxidantes, presentan altos valores comparados con papas de pulpa roja y púrpura, sin embargo las antocianinas producidas por kilo en el campo son en mayor cantidad en papas (REYES *et al.*, 2005).

Como se puede apreciar en el cuadro 16, se muestran los resultados obtenidos en el trabajo de VELIOGLU *et al.* (1998). Estos resultados coinciden con los obtenidos en este estudio en cuanto a la actividad antioxidante en las papas púrpuras y el genotipo N-G-6 (ambas con piel), sólo que este último presentó mayor contenido de fenoles totales.

**CUADRO 16            Actividad antioxidante y fenoles totales en frutas seleccionadas, vegetales y productos de grano.**

Nombre	Actividad Antioxidante (%)	Fenoles totales (mg/100 m. s.)
Arándano	92,1	4.180
Cebolla roja	90,2	10.548
Cáscara de maravilla púrpura	88,9	9.747
Cereza	82,5	2.098
Papa púrpura	60,8	781
Aceite rábano	99,1	nd
Raíz de ginseng	69,1	347
Germen de trigo	54,9	349
Semilla de maravilla	72,9	1.601
Papas (R.burbank)	80	437
Raíz de equinacea	77,7	3.841
<b>N-G-6 Genotipo nativo (sin piel)</b>	<b>36,83*</b>	<b>1.864</b>
<b>N-G-6 Genotipo nativo (con piel)</b>	<b>64,69*</b>	<b>2.852</b>

Fuente: Adaptado de VELIOGLU *et al.*, 1998.

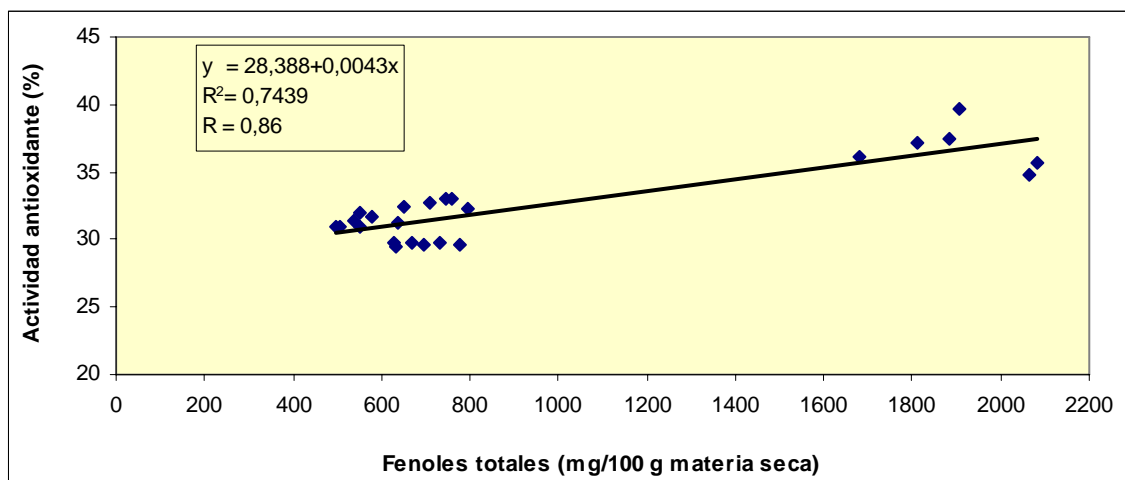
\* : Actividad Antioxidante calculada como porcentaje de inhibición relativa al testigo Shepody.

nd: no determinado.

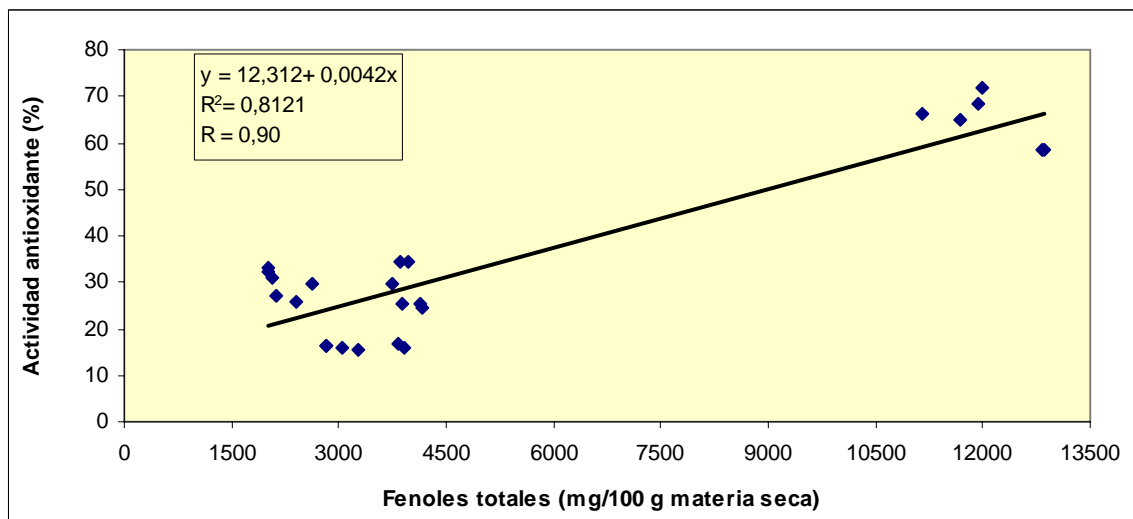
### 4.3 Correlación entre los fenoles totales y la actividad antioxidante.

Para realizar la correlación de los datos en este estudio se compararon los mismos genotipos analizados para la actividad antioxidante en tubérculos sin y con piel, los cuales son NG-6, 239-UA-1388, 301- UA- 1500 y 267- UA- 1550 y los testigos variedad Shepody y Desirée. Además, se debe considerar que para tener el mismo número de resultados y poder hacer la correlación fue necesario en el caso de fenoles totales hacer una reducción de datos al azar, para de esta manera coincidir con el número de repeticiones realizadas en la actividad antioxidante.

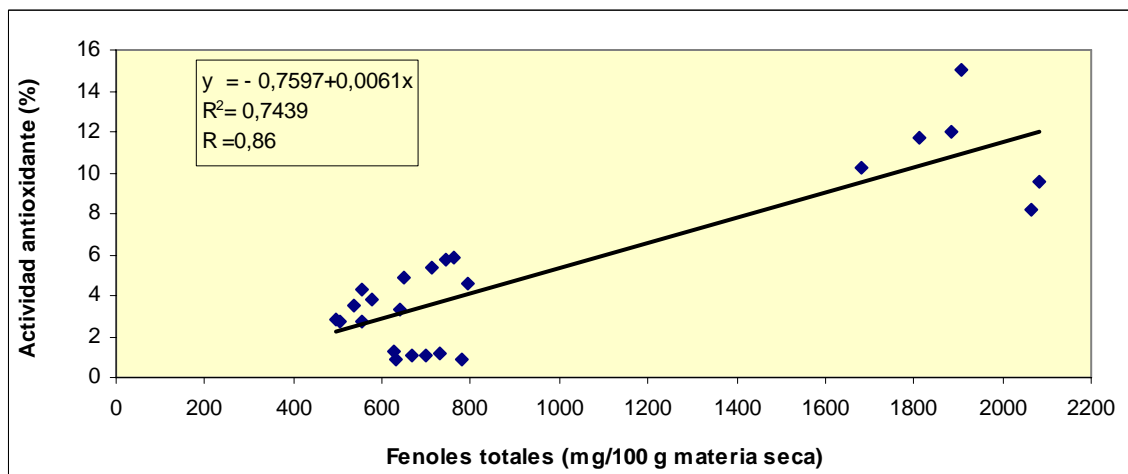
En esta investigación se demostró estadísticamente mediante una prueba de regresión lineal la correlación existente entre la actividad antioxidante y el contenido fenólico de los distintos genotipos nativos chilenos como se puede observar en las Figuras 27, 28, 29 y 30.



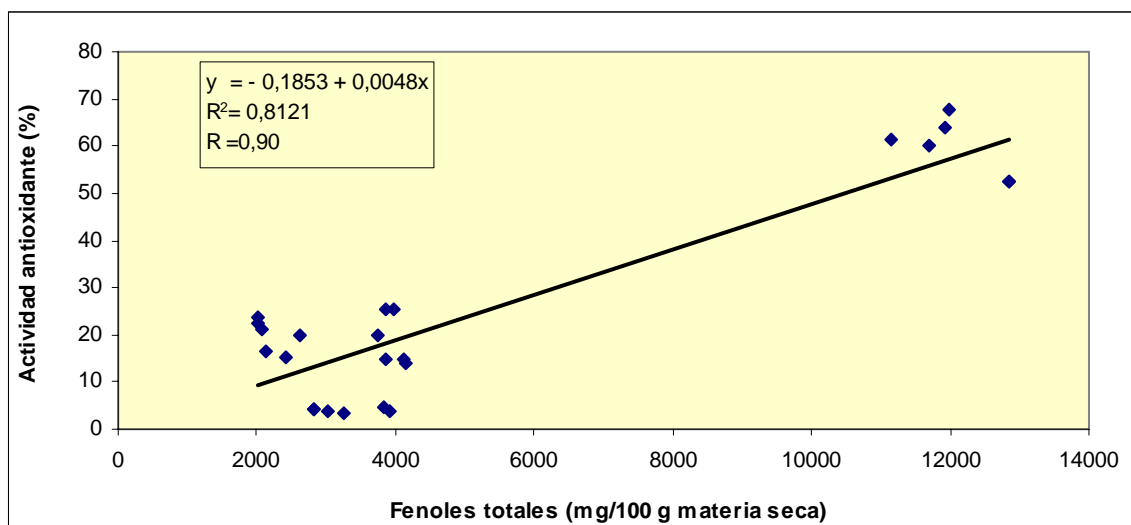
**Figura 27** Correlación entre la actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales en tubérculos sin piel en genotipos nativos, con el testigo Shepody.



**Figura 28** Correlación entre actividad antioxidante y contenido de fenoles totales en tubérculos con piel en genotipos nativos, con el testigo Shepody.



**Figura 29** Correlación entre actividad antioxidante y contenido de fenoles totales en tubérculos sin piel en genotipos nativos, con el testigo Desirée.



**Figura 30 Correlación entre actividad antioxidante y contenido de fenoles totales en tubérculos con piel en genotipos nativos, con el testigo Desirée.**

Finalmente se puede señalar que existe una correlación positiva de los resultados en cuanto al contenido de fenoles totales y actividad antioxidante en los genotipos nativos chilenos. Lo cual se ve favorecido cuando los tubérculos presentaron piel y una pigmentación antocianina principalmente.

REDDIVARI (2007) reportó correlaciones significativas entre los fenoles totales y la actividad antioxidante en un estudio realizado en distintos genotipos. Pero en cuanto a la pigmentación sólo indica que la presencia de antocianina también contribuye a la actividad antioxidante junto a los ácidos fenólicos.

REYES *et al.* (2005), observaron una alta correlación positiva entre la capacidad antioxidante y el total de compuestos fenólicos contenidos en papas de pulpa roja y púrpura. Estos resultados indican que los compuestos fenólicos, especialmente las antocianinas, son responsables de la capacidad antioxidante observada en papas de pulpa roja y púrpura, esto coincide con reportes previos que indican que los compuestos fenólicos son contribuidores de la capacidad

antioxidante de frutas y vegetales comparados con otros antioxidantes conocidos como la vitamina C, vitamina E y los carotenoides.

Estos resultados proveen de información útil para mejoradores e investigadores sobre el uso de papas de pulpa roja y púrpura por selección de genotipos con altos niveles de antioxidantes, esto podría resultar en altas producciones y dar un valor agregado tanto en la industria alimentaria como en la nutracéutica (REYES *et al.*, 2005).

Es indudable que aprovechando la potencialidad de la papa nativa chilena se podrán generar interesantes beneficios para la salud en el futuro.

## 5 CONCLUSIONES

- Con los resultados obtenidos se acepta la hipótesis que las papas nativas pigmentadas con antocianina, tienen mayor cantidad de fenoles totales y actividad antioxidante que las papas de pigmentación carotenoide.
- La concentración de fenoles totales y actividad antioxidante fue mayor en la generalidad de tubérculos analizados con piel.
- La tasa de degradación se mostró más baja para los genotipos que presentan una pigmentación intensa.
- La actividad antioxidante fue mayor en los genotipos que presentaron una pigmentación más intensa, lo cual queda de manifiesto en las curvas cinéticas de este estudio.
- Existe una correlación positiva entre la cantidad de fenoles totales y actividad antioxidante de los tubérculos analizados.
- Los resultados concluidos en esta tesis demuestran la potencialidad del germoplasma chileno por lo que es importante considerar la necesidad de seguir con estudios posteriores.

## 6 RESUMEN

Las papas nativas son un patrimonio nacional, las cuales no sólo representan desde el punto de vista científico un banco de diversidad genética para el futuro, sino que les permite a los agricultores aprovecharlas en diferentes ambientes, condiciones, tecnologías, usos y mercados.

Hoy en día, además de todos los atributos anteriores, están teniendo importancia internacional los pigmentos fenólicos antioxidantes presentes en las papas. Estos permiten que las células no sufran oxidación o que se mantengan en un equilibrio para los procesos de oxido-reducción que ocurren en forma natural dentro del organismo. Estas propiedades antioxidantes se asocian principalmente con disminución de riesgos de enfermedades cardiovasculares y poseen un efecto anticancerígeno.

El objetivo principal de este estudio fue determinar el contenido de fenoles totales y la actividad antioxidante en papas de origen nativo con pigmentación antociánica y en papas comerciales con pigmentación carotenoide. Además se obtuvo la correlación entre la actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales.

El trabajo fue realizado en el Laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile. Los tubérculos analizados fueron facilitados por el Banco de Germoplasma de la misma entidad. El análisis de fenoles totales se basó en la reacción fotocolorimétrica del reactivo Folin-Ciocalteu de acuerdo a esto se obtuvieron distintas intensidades de absorbancia

que se relacionaron cuantitativamente. En cuanto a la actividad antioxidante, el método fue en base a la tasa de blanqueamiento del  $\beta$ -caroteno.

En la mayoría de los casos se presentó mayor cantidad de fenoles totales y actividad antioxidante en los tubérculos con pigmentación antociánica. Además, se encontró en todos los casos que los tubérculos con piel presentaron una concentración más alta de fenoles totales y una actividad antioxidante mayor en comparación a los tubérculos sin piel. Con estos resultados se procedió a realizar un análisis de regresión lineal el cual indicó una correlación positiva en los tubérculos analizados.

Esto confirma la importancia nutracéutica de los genotipos nativos presentes en su mayoría en la Isla de Chiloé.



## SUMMARY

The native potatoes are a national treasure, which not only represent for science a pool of genetic variability for the future, but as well allow the farmers to grow potatoes in several environments, conditions, technologies, uses and markets.

Today, besides all previously attributes, the antioxidant phenolic pigments are concentrating great attention. This pigments contributes to low the oxidative effects on the cells. These antioxidant properties are associated with a risk drop in the cardio diseases, and a anticarcinogenic effect.

The objective of this assay was to determine the total phenolic content and the antioxidant ability in native potatoes with antocianic pigmentation and in commercial varieties with carotenoid pigmentation. Besides a correlation was found between the antioxidant activity and the total phenolic content.

This work was made in the Laboratorio de Fitoquímica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Austral de Chile. The tubers were from the germoplasm from the same university. The total phenolic analysis was based in the photolorimetric reaction from the Folin-Ciocalteu reactive, and in accordance to that several absorvance values were obtained which ones are quantitave related. The metod for Antioxidant activity was the whitening rate of the  $\beta$ -caroten.

The tubers with antocianic pigmentation present the highest values of total phenolics and antioxidant activity, besides it was found that skinned tubers

presents higher antioxidant activity and higher concentration of phenols than those which the skin was peeled of. With this result a lineal regression was made, which indicated a positive realation between the tubers.

This confirmed the nutraceutical importance of the native genotips from Chiloé Island.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- AL-SAIKHAN, M.S.; HOWARD, L. D. y MILLER, J. 1995. Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Food Science. (U.S.A.). 60 (2): 341 – 343.
- ANDRE, C.; GHISLAIN, M.; BERTIN, P.; OUFIR, M.; HERRERA, M.; HOFFMANN, L.; HAUSMAN, J.; LARONDELLE, Y. y EVERS, D. 2007. Andean potato cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a source of antioxidant and mineral micronutrients. Journal of Agricultural and Food Chemistry 55 (2): 366- 378p.
- BANSE, J.; HEIMLICH, W.; BARRIENTOS, F.; CONTRERAS, A. y MANQUIAN, N. 1984. Composición química de 23 clones de papa (*Solanum tuberosum* L.). Agro Sur. (Chile). 12 (1): 10-22.
- BELTRAN, C. 2002. Factibilidad de un sistema productivo y comercialización de papas chilotas con pequeños agricultores de la comuna de Quemchi-Chiloé. Tesis. Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 110p.
- BONIERBALE, M.; AMOROS, W.; ESPINOZA, J.; MIHOVILOVICH, E; ROCA, W, y GOMEZ, R. 2004. Recursos genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro. **In:** Revista latinoamericana de la papa. s/p.
- BROWN, C. 2001. Nematode- resistant varieties on the way. Potato Country. P: 10; 19.

- BROWN, C; WROLSTAD, R.; YANG, C. y CLEVIDENCE, B. 2003. Breeding studies in potatoes containing high concentration of anthocyanins. American Journal of Potato Research. 80: 241-250.
- BROWN, C. 2005. Antioxidants in potato. American Journal of Potato Research. 82: 163-172 p.
- CENTRO DE ESTUDIO Y TECNOLOGÍA (CET). S/F. Papas nativas de Chiloé un patrimonio de la humanidad. Descripción de tubérculos y referencia de flores. (ON LINE). <[www.papasnativas.cl](http://www.papasnativas.cl)> (24 Jul. 2006).
- CIUDAD, C. 2000. Vino y salud. Tierra Adentro. (Chile). 30: 22-24.
- CONTRERAS, A. 1969. Análisis y pauta de clasificación de clones de papa recolectados en el sur de Chile. Tesis. Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 149p.
- CONTRERAS, A.; ALBERDI, M., ANDRADE, N., BOHM, L., CIAMPI, L., FUENTEALBA, J., MEZA, L., ROMERO., y SEEMANN, P. 1992. Recolección, mantención, evaluación y uso potencial de la papa nativa de Chile y parientes relacionados. Simiente. 62(2): 61-72.
- CONTRERAS, A. 1998. Análisis de la situación actual de la producción de papa en Chile. III Seminario Latinoamericano de la Papa: Uso y Comercialización. (On Line) <<http://www.agrarias.uach.cl/webpapa>> (17 oct. 2004).
- CONTRERAS, A. 2003. Papa. **In:** Labranza, siembra y producción de los principales cultivos de Chile. Ograma S. A. Chile. 760 p.

- DURÁN, D. 2007. Determinación de Calidad Culinaria y Organoléptica de 50 variedades de papa nativa originaria de Chiloé. Tesis. Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 158 p.
- ESCALONA, M. 2002. Estrés oxidativo. (ON LINE). <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Campus/1768/estres.htm> (2 abr. 2004).
- GARCIA, J.; ÁLVAREZ, E.; DE LA ROSA, L.; MERCADO, G. y HERRERA, B. 2006. Valoración de la capacidad antioxidante y actividad polifenol oxidasa en duraznos de diferentes áreas de producción. (ON LINE). [http://www.ciad.mx/dtaov/XI\\_22CYTED/images/files\\_pdf/brasil/joaquin.pdf](http://www.ciad.mx/dtaov/XI_22CYTED/images/files_pdf/brasil/joaquin.pdf). (2 may. 2008).
- HERNÁNDEZ, H. 2003. Antioxidantes en alimentos. (ON LINE). <http://www.respyn.uanl.mx/iv/4/invitado/index.html>. (17 jun. 2008).
- JOHNSON, J. 1975. Antioxidants syntheses and applications. Noyes Data Corporation. United States. 320p.
- KUSKOSKI, M; ASUERO, A; GARCÍA-PARILLA, C; TRONCOSO, A; FETT, R. 2004. Actividad antioxidante de pigmentos antocianicos. Ciencia y Tecnología de Alimentos (Brasil). 24 (4): 691- 693 p.
- LARRAIN, P. 2003. Plagas de la papa y su manejo. ed. Larraín, P. La Serena, Chile. Colección libros INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS (INIA). 9. 110 p.
- LEIGHTON, F.; URQUIAGA, I.; CASANEGRA, P.; INESTROSA N. y MAIZ, A. 1998. Salud y balance oxidativo. Boletín Ciencia Vino y Salud. Programa

bases moleculares de las enfermedades crónicas. Facultad de ciencias biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile. 2 (2): 1-8.

LEIGHTON, F.; URQUIAGA, I.; CASANEGRA, P.; INESTROSA N. y MAIZ, A. 1999. Polifenoles y flavonoides. Boletín ciencia vino y salud. Programa bases moleculares de las enfermedades crónicas. Facultad de ciencias biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile. 3 (2): 1-8.

LEIGHTON, F.; URQUIAGA, I.; CASANEGRA, P.; INESTROSA N. y MAIZ, A. 2000. Polifenoles con propiedades anticancerígenos. Boletín ciencia vino y salud. Programa bases moleculares de las enfermedades crónicas. Facultad de ciencias biológicas. Pontificia Universidad Católica de Chile. 4 (1): 1-2.

LISINSKA, G. y LESZCZYNSKI, W. 1989. Potato science and technology. Elsevier science publishers LTD. Ireland. 391p.

LISTER, C. y MONRO, J. 2000. (ON LINE). <<http://www.redepapa.org/boletinveintitres.html>> (18 may. 2004).

MONDY, N. 1982. Factors affecting the nutritional quality of potatoes. Proceedings International Congress (1983). " Research for the potato in the year 2000 ". International Potato Center, CIP. Lima , Perú. pp136 – 137.

MORALES, E. 2005. Diseño experimental a través del Análisis de Varianza y Modelo de Regresión Lineal. Consultora Carolina. Valdivia- Chile. 248 p.

PAGANO, R. 1999. Estadísticas para las ciencias del comportamiento. 5ª ed. México, D. F. International Thomson. 548p.

- REDDIVARI, L.; HALE, A. y MILLER, C. 2007. Genotipe, location, and year influence antioxidant activity, carotenoid content, phenolic content, y composition in specialty potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55 (20): 8073- 8079 p.
- REYES, L y CISNEROS-ZEVALLOS, L. 2003. Wounding stress increases the phenolic content and antioxidant capacity of purple-flesh potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51(18): 5296- 5300 p.
- REYES, L. y CISNEROS- ZEVALLOS, L. 2004. Environmental conditions influence the content and yield of anthocyanins and total phenolics in purple and red-flesh potatoes during tuber development. *American Journal of Potato Research*. 81: 187-193 p.
- REYES, L; MILLER, J y CISNEROS-ZEVALLOS, L. 2005. Antioxidant capacity, anthocyanins and total phenolics in purple- and red fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes. *American Journal of Potato Research* 82: 271-277.
- RODRIGUEZ, A. 2002. Factibilidad técnico económica de creación, producción y comercialización de papas exóticas. Localidad El Maitén Comuna de Puerto Varas. Estudio de caso. Tesis. Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 107p.
- SALOMON, L. 2000. Química Orgánica. Segunda Ed. Limusa, S.A., Grupo Noriega Editores. Mexico. 1492 p.

SPOONER, D.; CONTRERAS, A. y BAMBERG, J. 1991. Potato germoplasm collecting expedition to Chile, 1989, and utility of the chilean species. *American Potato Journal* 68 (10): 681-690.

URRUTIA, C. 2001. Papas nativas de la Isla Grande de Chiloé y sus perspectivas de comercialización en el mercado gastronómico de Valdivia. Tesis. Ing. Agr. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. 107p.

VELIOGLU, Y.; MAZZA, G.; GAO, L. y OOMAH, D. 1998. Antioxidant activity and total phenolics in selected fruit, vegetables, and grain product. *Journal Agric. Afood Chem.* 46: 4113- 4117.



## **ANEXOS**

**ANEXO 1 Promedio de Materia Seca en porcentaje (%) de los distintos grupos de tubérculos sin y con piel.**

Genotipo/Variiedad	Materia Seca (%)	
	Tubérculos sin piel	Tubérculos con piel
457-CON-1157	33,24	33,36
254-CON-902	30,61	30,94
Shepody	29,15	29,25
239-UA-1388	28,03	28,36
NG-71	27,71	27,55
NG-5	27,12	28,33
302-UA-1634 A	26,45	26,02
NG-85	25,66	27,45
301-UA-1500	25,62	25,55
NG-6	25,35	26,19
267-UA-1550	25,04	25,80
304-UA-1135	24,43	24,27
Desirée	22,12	23,17
283-UA-1108	21,02	21,17

**ANEXO 2 Promedio de materia seca del material liofilizado en porcentaje (%) de los distintos grupos de tubérculos sin y con piel.**

Genotipo/Variiedad	Materia Seca (%) material liofilizado	
	Tubérculos sin piel	Tubérculos con piel
239-UA-1388	95,47	95,71
267-UA-1550	94,92	94,60
Shepody	94,41	95,08
457-CON-1157	94,34	94,98
302-UA-1634 A	94,08	94,62
254-CON-902	92,55	93,76
283-UA-1108	92,29	92,33
NG-6	92,19	92,81
Desirée	92,10	91,57
NG-85	91,77	91,53
NG-5	91,60	92,45
NG-71	91,57	92,93
301-UA-1500	90,94	91,51
304-UA-1135	90,89	93,15

### ANEXO 3 Análisis de Varianza en la concentración de fenoles totales para el factor piel.

**Análisis de Varianza en la concentración de LN(fenoles totales mg/100 materia seca).**

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P-valor
Entre grupos	10,5396	1	10,5396	31,29	0,0000*
Dentro del grupo	150,241	446	0,336863		
Total Corregido	160,781	447			

\* Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.

### ANEXO 4 Análisis de Varianza en la concentración de fenoles totales para el factor genotipo/variedad en tubérculos sin piel.

**Análisis de Varianza en la concentración de LN(fenoles totales mg/100 materia seca) en tubérculos sin piel.**

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P-valor
Entre grupos	73,42410	13	5,64801	539,56	0,0000*
Dentro del grupo	2,19823	210	0,0104678		
Total Corregido	75,6223	223			

\* Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.

**ANEXO 5 Análisis de Varianza en la concentración de fenoles totales para el factor genotipo/variedad en tubérculos con piel.**

**Análisis de Varianza en la concentración de LN(fenoles totales mg/100 materia seca) en tubérculos con piel.**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Entre grupos	73,2057	13	5,63121	836,93	0,0000*
Dentro del grupo	1,41297	210	0,00672842		
Total Corregido	74,6187	223			

\* Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.

**ANEXO 6 Análisis de Varianza en la tasa de degradación para el factor genotipo/variedad en tubérculos sin piel, testigo Shepody.**

**Análisis de Varianza de LN(tasa de degradación) en tubérculos sin piel cuando el testigo es Shepody.**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Entre grupos	1,21572	10	0,121572	110,00	0,0000*
Dentro del grupo	0,0408928	37	0,00110521		
Total Corregido	1,25661	47			

\* Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.

**ANEXO 7 Análisis de Varianza en la tasa de degradación para el factor genotipo/variedad en tubérculos con piel, testigo Shepody.**

**Análisis de Varianza de la tasa de degradación en tubérculos con piel cuando el testigo es Shepody.**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Entre grupos	0,00246617	10	0,000246617	109,64	0,0000*
Dentro del grupo	0,0000832283	37	0,00000224941		
Total Corregido	0,0025494	47			

\* **Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.**

**ANEXO 8 Análisis de Varianza en la tasa de degradación para el factor genotipo/variedad en tubérculos sin piel, testigo Desirée.**

**Análisis de Varianza de la tasa de degradación en tubérculos sin piel cuando el testigo es Desirée.**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F</b>	<b>P-valor</b>
Entre grupos	0,000291384	10	0,0000291384	62,48	0,0000*
Dentro del grupo	0,000017255	37	0,00000046635 1		
Total Corregido	0,000308639	47			

\* **Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.**

**ANEXO 9 Análisis de Varianza en la tasa de degradación para el factor genotipo/variedad en tubérculos con piel, testigo Desirée.**

Análisis de Varianza de la tasa de degradación en tubérculos con piel y antioxidantes artificiales cuando el testigo es Desirée.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P-valor
Entre grupos	0,00194532	10	0,000194532	81,49	0,0000*
Dentro del grupo	0,0000883283	37	0,00000238725		
Total Corregido	0,00203365	47			

\* Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.

**ANEXO 10 Análisis de Varianza para el Arcoseno√AA% en tubérculos sin piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Shepody.**

Análisis de Varianza para Arcoseno√AA% en tubérculos sin piel y antioxidantes artificiales cuando el testigo es Shepody.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P-valor
Entre grupos	0,110654	9	0,0122949	83,05	0,0000*
Dentro del grupo	0,00473736	32	0,000148042		
Total Corregido	0,115391	41			

\* Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.

**ANEXO 11 Análisis de Varianza para el Arcoseno $\sqrt{AA\%}$  en tubérculos con piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Shepody.**

Análisis de Varianza para Arcoseno $\sqrt{AA\%}$  en tubérculos con piel y antioxidantes artificiales cuando el testigo es Shepody.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P-valor
Entre grupos	1,14924	9	0,127693	105,25	0,0000*
Dentro del grupo	0,0388221	32	0,00121319		
Total Corregido	1,18806	41			

\* Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.

**ANEXO 12 Análisis de Varianza para el Arcoseno $\sqrt{AA\%}$  en tubérculos sin piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Desirée.**

Análisis de Varianza para Arcoseno $\sqrt{AA\%}$  en tubérculos sin piel y antioxidantes artificiales cuando el testigo es Desirée.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P-valor
Entre grupos	0,650718	9	0,072302	103,25	0,0000*
Dentro del grupo	0,0224073	32	0,000700229		
Total Corregido	0,673125	41			

\* Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.

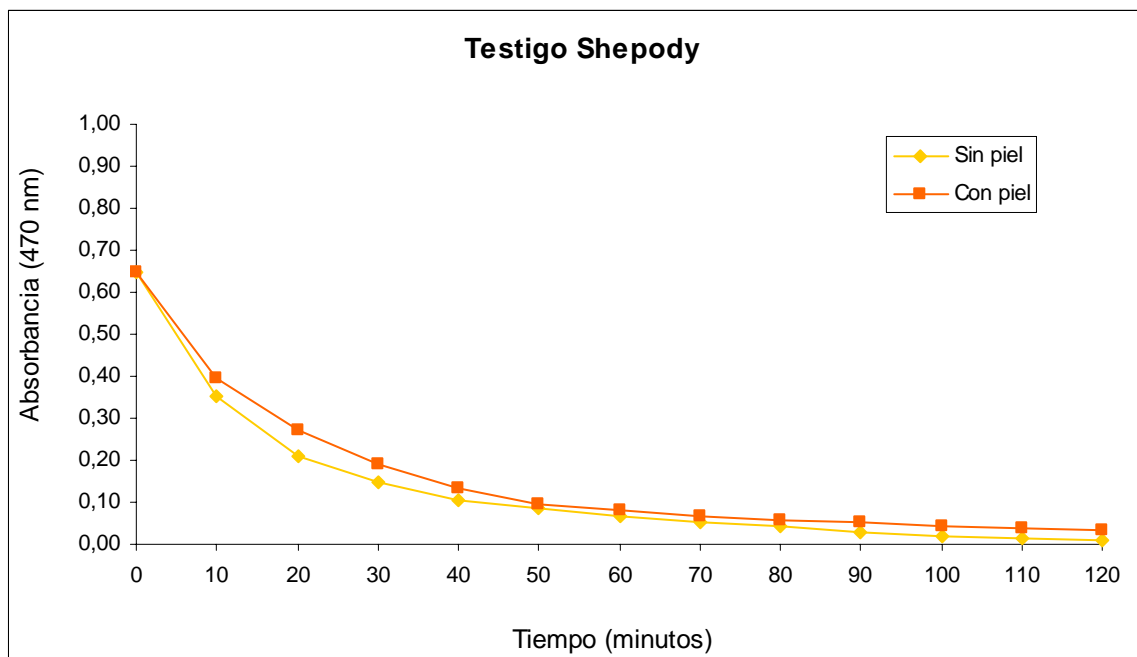
### ANEXO 13 Análisis de Varianza para el Arcoseno $\sqrt{AA\%}$ en tubérculos con piel y antioxidantes artificiales, testigo variedad Desirée.

Análisis de Varianza para Arcoseno $\sqrt{AA\%}$  en tubérculos con piel y antioxidantes artificiales cuando el testigo es Desirée.

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F	P-valor
Entre grupos	1,94077	9	0,215641	113,43	0,0000*
Dentro del grupo	0,0608353	32	0,0019011		
Total Corregido	2,00161	41			

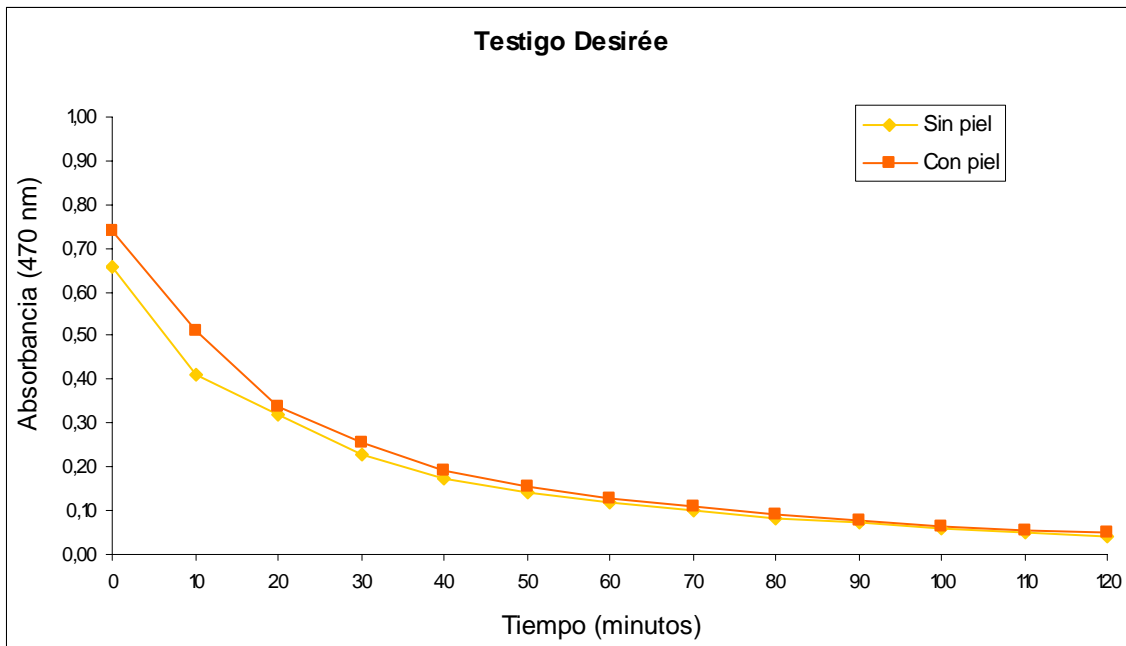
\* Significativo al 99% de confianza, P-Valor <0,01.

### ANEXO 14 Curva cinética promedio para el testigo Shepody sin y con piel.

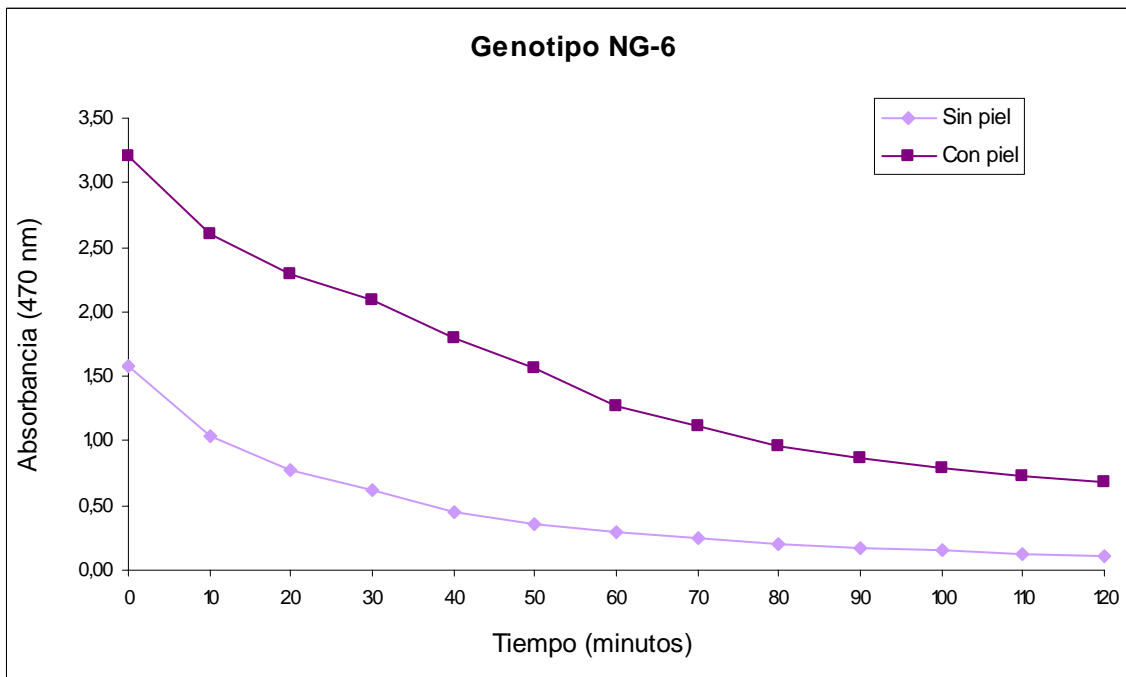




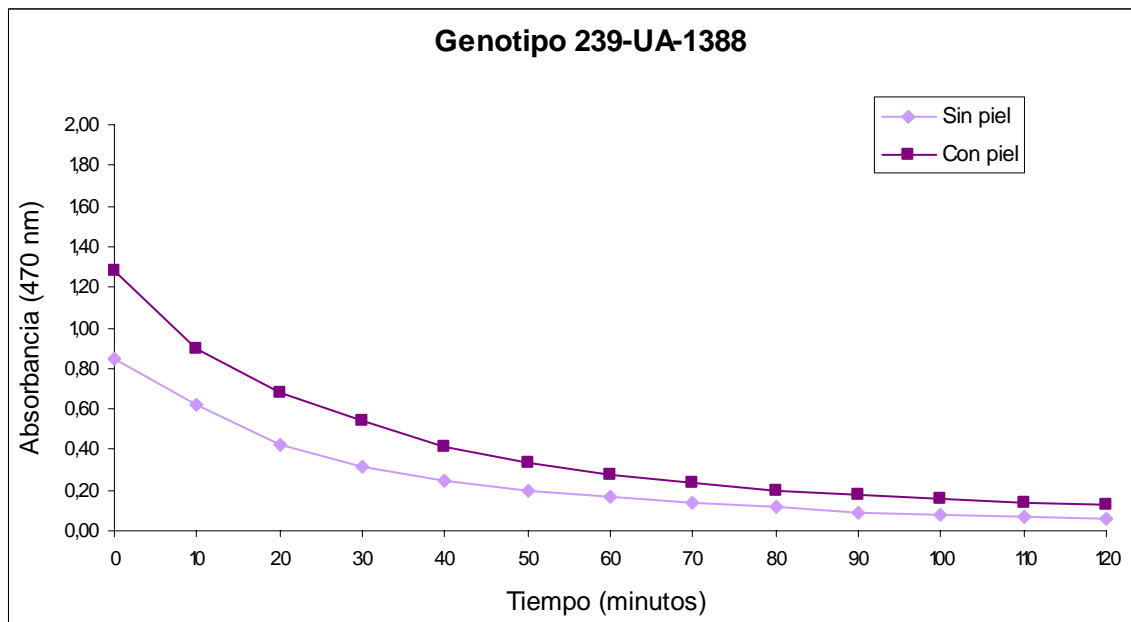
**ANEXO 15 Curva cinética promedio para el testigo Desirée sin y con piel.**



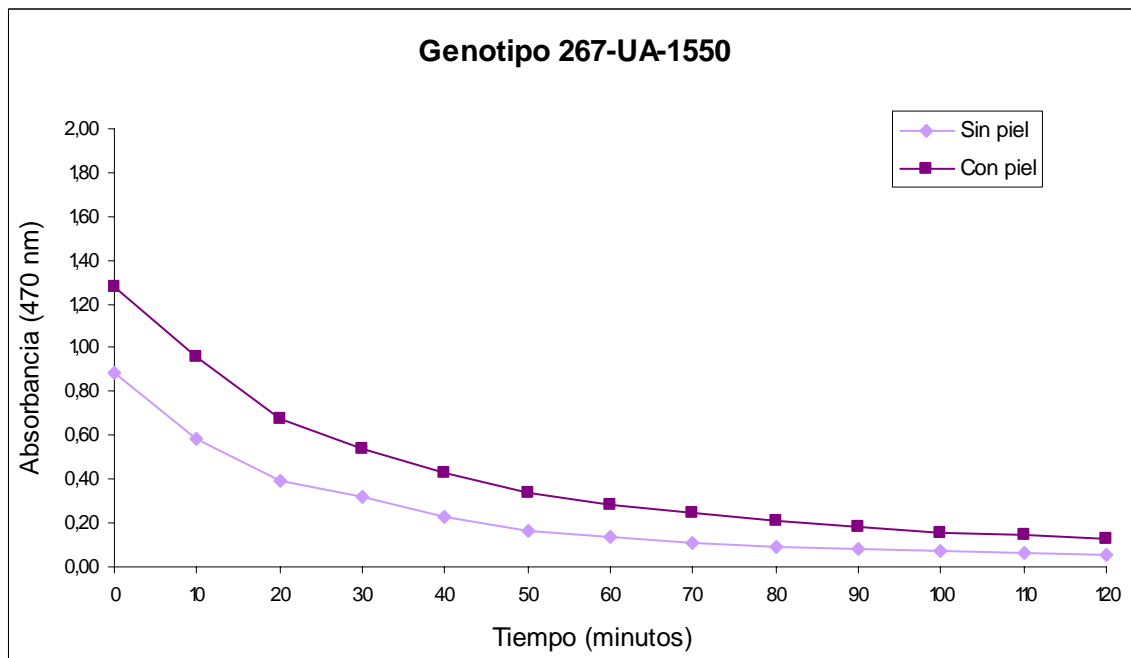
**ANEXO 16 Curva cinética promedio para el genotipo NG-6 sin y con piel.**



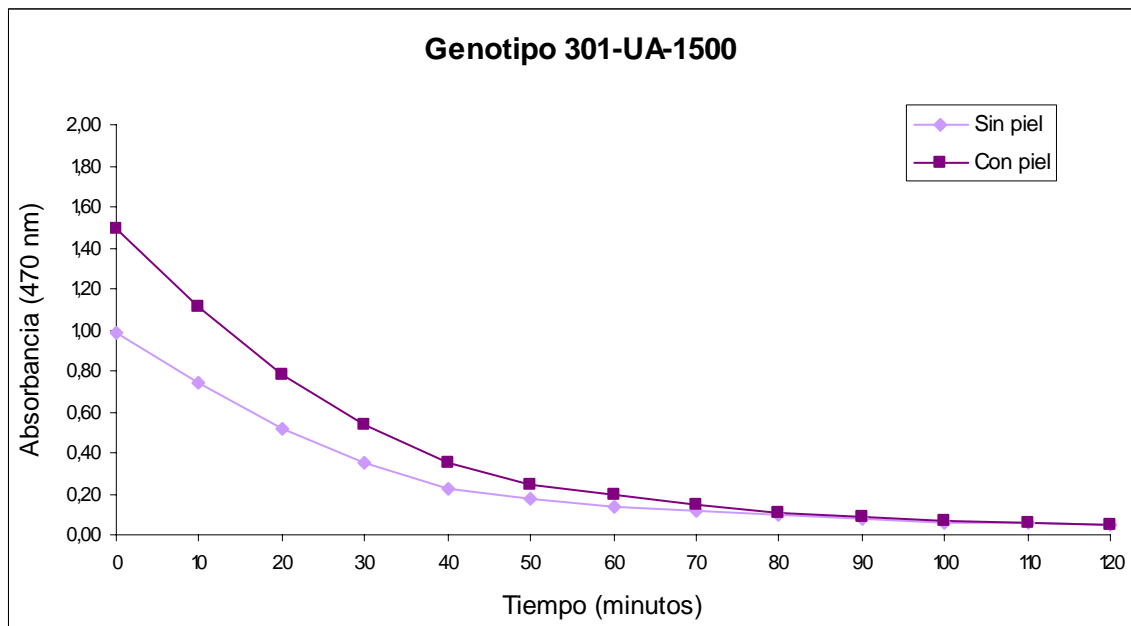
**ANEXO 17 Curva cinética promedio para el genotipo 239-UA- 1388 sin y con piel.**



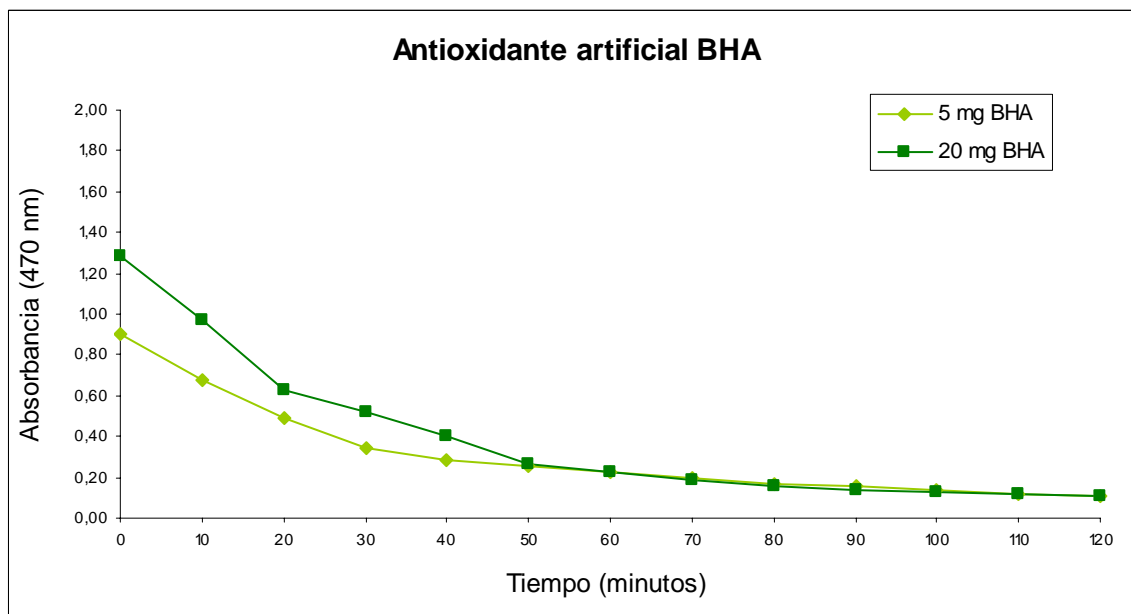
**ANEXO 18 Curva cinética promedio para el genotipo 267-UA-1550 sin y con piel.**

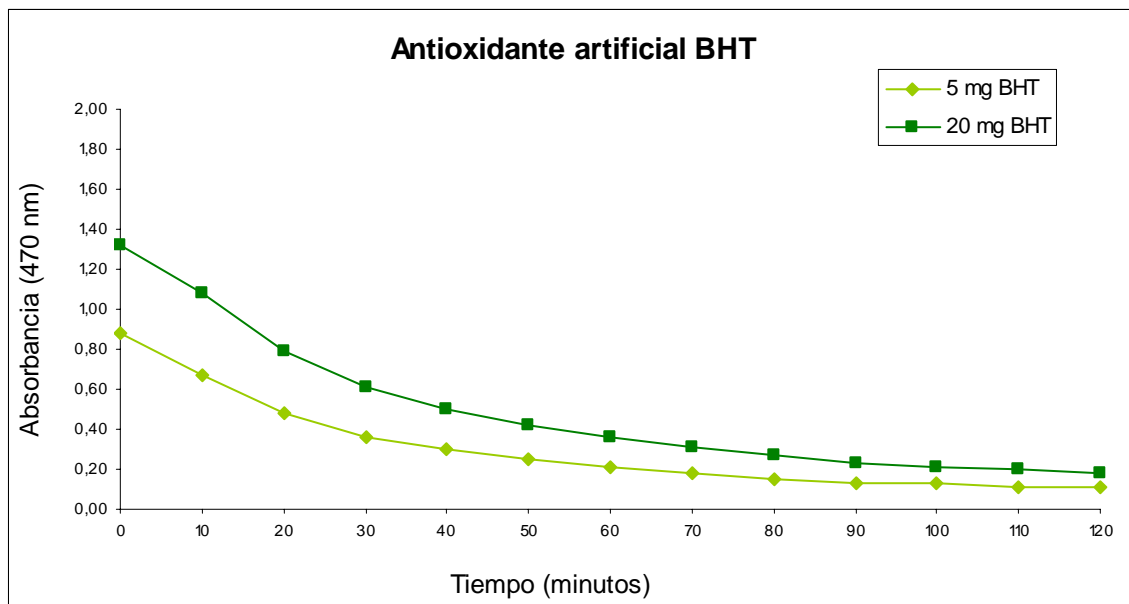


### ANEXO 19 Curva cinética promedio para el genotipo 301-UA-1500 sin y con piel.



### ANEXO 20 Curva cinética promedio para el antioxidante artificial BHA.



**ANEXO 21 Curva cinética promedio para el antioxidante artificial BHT.****ANEXO 22 Curva cinética promedio para el antioxidante artificial alfa-Tocoferol.**