

ARTÍCULO ORIGINAL

EFFECTO DE LA VARIACIÓN TÉRMICA DEL ESCALDADO SOBRE LA ACTIVIDAD DE LA PEROXIDASA EN TUBÉRCULOS DE *Solanum tuberosum*

EFFECT OF THERMAL VARIATION OF BLANCHING ON PEROXIDASE ACTIVITY IN TUBERS OF *Solanum tuberosum*

Gloria Mostacero Ahón & Maryory Ruiz Becerra

Laboratorio de Tecnología enzimática y Productos Naturales. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú
E-mail: gmmahon@outlook.com; maryory_rb@hotmail.com

RESUMEN

En Perú, el uso común y masificado de *Solanum tuberosum* ha llevado a utilizar técnicas industriales eficientes, como el escaldado, que es un tipo de pasteurización empleado en frutas, tubérculos y hortalizas con el fin de inactivar sus enzimas en relación al efecto térmico y tiempo de conservación, evitando el pardeamiento enzimático y proporcionando cambios estructurales al producto que mejoran su calidad textural y comercial; el objetivo de la experiencia fue determinar el efecto de la variación térmica del escaldado sobre la actividad de la peroxidasa en tubérculos de *S. tuberosum*; además de analizar la actividad enzimática residual después del escaldado en las diferentes condiciones de tiempo y temperatura y comparar las actividades enzimáticas residuales mediante el análisis estadístico. El material biológico fue tubérculos de papa, adquiridos en el mercado "La Hermelinda" Trujillo; el trabajo experimental se realizó en el laboratorio de Tecnología Enzimática y Productos Naturales, Universidad Nacional de Trujillo. Los trozos de tubérculos fueron sometidos a escaldado por 80°, 85°, 90° y 95 °C a diferentes tiempos, luego fueron enfriados 5 °C. La actividad de peroxidasa fue medida espectrofotométricamente a 470 nm usando guayacol y peróxido de hidrogeno. Se encontró que la temperatura de 90°C permite un escaldado con una inactivación de la POD hasta los 20 días de conservación a 5°C.

Palabras clave: *Solanum tuberosum*, escaldado, peroxidasa.

ABSTRACT

In Peru, common and crowded *Solanum tuberosum* use has led to efficient use industrial techniques like blanching, which is a type generally used pasteurization in fruits, tubers and vegetables in order to inactivate the enzymes relating to the thermal effect and shelf life, avoiding the enzymatic browning and providing structural changes to improve product texture and quality commercial application; The objective of the research was to determine the effect of temperature variation of blanching on peroxidase activity in tubers of *Solanum tuberosum*; analyze the residual enzyme activity after blanching in different conditions of time and temperature and comparing the residual enzyme activities by statistical analysis. The biological material was tubers of *Solanum tuberosum*, acquired in the market, "the Hermelinda" Trujillo, the experimental work was carried out in the laboratory of enzyme Technology and Natural Products, National University of Trujillo. Tuber pieces were subjected been scalded by 80, 85, 90 and 95 °C 1': 20". They were then quickly cooled 5 °C. Peroxidase activity was spectrophotometrically at 470 nm using guaiacol as and hydrogen peroxide. It was found that the temperature of 90 °C allows blanching POD inactivation of up to 20 days storage at 5 °C. Data were subjected to Anova and Tukey tests.

Keywords: *Solanum tuberosum* - blanching - peroxidase

Recibido: 23 Diciembre 2015.

Aceptado: 07 Febrero 2016.

INTRODUCCIÓN

Solanum tuberosum "papa" se destaca por sus cualidades culinarias y alto valor nutricional, aporte de carbohidratos, fuente de proteínas de alto valor biológico, vitaminas solubles en agua

(vitamina C y complejo B), minerales (Fe, Zn, Cu y Ca) y carotenoides (Bonierbale *et al.*, 2004), agradable sabor y textura, fácil preparación, buena aceptación en el mercado y alto potencial de exportación en diversas formas de procesamiento (Mendoza & Herrera, 2011).

El escaldado es un proceso de tratamiento térmico que por lo general se aplica a frutas y hortalizas para su conservación inactivando enzimas antes de la congelación, de modo que, los alimentos congelados sin escaldar experimentan cambios relativamente rápidos en las propiedades de calidad debida a la continua actividad de las enzimas. Esta actividad enzimática se incrementa cuando aumenta la temperatura, donde alcanza un nivel máximo conocido como temperatura óptima; en tanto que, a temperaturas más altas se observa una considerable disminución debido a la desnaturalización de su estructura proteica (Ramírez, 2009).

Si bien es cierto el escaldado es un proceso que nos entrega beneficios que se citaron anteriormente, también debemos conocer algunas desventajas como pérdida de textura, de color, sabor y calidad nutritiva por el proceso de calentamiento; formación de sabor a cocido, cierta pérdida de sólidos solubles (especialmente en escaldado acuoso) e impacto ambiental por los requerimientos de grandes cantidades de agua y energía. Otros efectos adversos del escaldado son la modificación irreversible de la estructura celular, la solubilización y/o destrucción de alguna vitamina y nutrientes, y la conversión de la clorofila verde a feofitinas verde-amarillas (Matheis, 1990).

El proceso de escaldado conlleva a una pérdida de nutrientes termolábiles, generalmente pequeña y de materiales hidrosolubles. Las pérdidas de ácido ascórbico suelen ser apreciables (5-50%), más con el escaldado en agua que en vapor. Igualmente existe, por el mismo concepto, una pérdida de la materia seca original (3-9%), la cual se incrementa al cortar o reducir el tamaño de partículas del producto a ser escaldado (8-26%); al igual que en el caso anterior, el escaldado con vapor reduce estas pérdidas.

Entre los compuestos hidrosolubles que más tienden a perderse en el proceso están los azúcares, las sales minerales, las proteínas y vitaminas hidrosolubles. Al disminuir la temperatura de escaldado se tienden a reducir las pérdidas por lixiviación. El proceso también induce a una pérdida de humedad del producto y por ende de peso y de rendimiento en el proceso. Las pérdidas de peso oscilan usualmente entre 0,2 y 5% (Barreiro & Sandoval, 2001).

Peroxidasa ($H_2O_2 + AH_2 \rightarrow A + 2 H_2O$) es la enzima más estable térmicamente en los sistemas vegetales por ello, se la utiliza generalmente como un indicador de la eficacia de blanqueo o escaldado; pues, si se inactiva, también se inactivan otros sistemas enzimáticos responsables de la degradación del tejido. Por lo tanto, si hay alguna actividad de peroxidasa al final del escaldado entonces podría ser mejor la calidad de los productos (Arthey & Dennis, 1992).

La actividad enzimática depende del vegetal (papa) del sustrato oxidable que se emplea como reactivo y del pH y temperatura a que se trabaja. Como la mayoría de las enzimas, la peroxidasa puede ser inactivada por el calor, siendo una de las que precisan mayor temperatura y más tiempo para su inactivación. Posee, además, la propiedad peculiar de la regeneración enzimática. Este fenómeno consiste en que al inactivarla por medio del calor recupera parcialmente su actividad después de un cierto tiempo. Esto ha sido explicado, aduciendo que la fracción proteica de la enzima sufre una desnaturalización sólo parcial, con pérdida de su estructura terciaria, si el calor se aplica un tiempo muy corto, produciéndose luego una reversión de la proteína a su estado normal por recombinación de sus grupos hidrógenos o sulfhidrúlicos. Este efecto del calor sobre la actividad peroxidásica es muy importante en la industria de alimentos y la regeneración enzimática de la peroxidasa puede causar serios problemas en los caracteres organolépticos. Se ha demostrado en el laboratorio que esta actividad enzimática puede detenerse totalmente, si el calentamiento es suficientemente largo, de manera que sobre 30" la regeneración es muy débil generalmente (Ramírez, 2009).

El problema formulado fue, ¿Cuál es efecto de la variación térmica de 80, 85, 90 y 95 °C del escaldado sobre la actividad de la peroxidasa en tubérculos de *Solanum tuberosum*? La hipótesis planteada fue: A medida que se incrementa la temperatura disminuye la actividad de peroxidasa hasta hacerse nula completamente, permitiendo que los tubérculos de *Solanum tuberosum* se conserven en buen estado a 5°C durante un mes.

El desarrollo de la presente investigación se justifica en el uso común y masificado de este tubérculo, El escaldado es un tipo de pasteurización que se emplea generalmente en las frutas, tubérculos y hortalizas con el fin de inactivar las enzimas naturales, puede aplicarse no sólo para evitar el pardeamiento enzimático, sino también, para proporcionar cambios estructurales al producto que mejoren su calidad textural, tiene aplicación comercial siempre y cuando no se dañe en exceso la calidad del producto. Se utiliza principalmente en productos hortícolas para inactivar enzimas que alteran el color de las superficies cortadas como son la fenilalanina, la peroxidasa y la polifenoloxidasas. Ya que para fines comerciales debe mantener todas sus características, tanto vistosidad como propiedad organoléptica.

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la variación térmica del escaldado sobre la actividad de la peroxidasa en tubérculos de *Solanum tuberosum*; analizar la actividad enzimática residual del tubérculo de papa escaldado en las diferentes condiciones de tiempo y temperatura y comparar las actividades enzimáticas residuales mediante el análisis estadístico.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el laboratorio de Tecnología enzimática y Productos Naturales, Departamento Académico de Química Biológica y Fisiología Animal, Facultad de Ciencias Biológicas - Universidad Nacional de Trujillo.

Se utilizó 5 kg de tubérculos de papa var. yungay, los que fueron trozados en cubos de aproximadamente 1 x 1 cm, en estado de madurez comercial, absolutamente sanos, adquiridos en el mercado "la Hermelinda" Trujillo.

Se realizó un previo control de sanidad, observando que la materia prima no presente lesiones como; golpes, cortes y se desechara los tubérculos en mal estado con patógenos superficiales. Luego los tubérculos de papa fueron colocados en fuentes de plásticos (50 x 30 cm) para retirar los elementos fácilmente visibles como ramas, piedras, pudrición, daño de insecto, fuera de color, daño mecánico, deformes, pequeñas y tierra. Luego fueron lavados por inmersión con cloro (0.008%), por un tiempo de 2 min para la desinfección.

Los tubérculos de papa fueron pelados con cuchillo manualmente 5 kg. Luego fueron los tubérculos de papa pelados serán cortados con un equipo cortador el que realizará un corte en forma rectangular de aproximadamente 1 x 1 cm. Se desecharan los trozos con defectos.

Los trozos de tubérculos de papa fueron sometidos a un tratamiento térmico por inmersión, (con agua destilada) correspondiendo a la temperatura y tiempo de escaldado, los que fueron 80, 85, 90 y 95 °C por 1': 20'' para inactivar enzimas, disminuir carga microbiana y fijar color.

Los trozos de tubérculos de papa escaldados fueron enfriados colocándolos en un recipiente conteniendo agua a una temperatura de 5 °C hasta asegurar el enfriamiento completo removiendo el agua caliente por una nueva 5 °C. Luego todo el producto obtenido fue congelado en el frigidier por un tiempo de aproximadamente 10 a 15 minutos.

Una vez congelados los trozos de tubérculos de papa previamente escaldados fueron colocados en recipientes plásticos Coleman, cubierto con una bolsa de polietileno de primer uso.

Se prepararon muestras de los trozos de los tubérculos de papa y se distribuyeron los ensayos de la siguiente manera:

- Muestra 1: Papa cruda, antes de ser escaldada.
- Muestra 2: al termino del escaldado.
- Muestra 3: antes de congelar
- Muestra 4: Almacenamiento en coolers a los 0 días
- Muestra 5: Almacenamiento en coolers a los 10 días
- Muestra 6: Almacenamiento en coolers a los 20 días.
- Muestra 7: Almacenamiento en coolers a los 30 días.

Se preparó un extracto crudo de peroxidasa (ECP) de cada una de las muestras anteriormente descritas. Luego se determinó la actividad de la peroxidasa haciendo diluciones del ECP en buffer fosfato 0,1 M pH 6,8.

La actividad de la peroxidasa fue medida espectrofotométricamente a 470 nm usando guayacol y peróxido de hidrogeno como dador de hidrógeno y sustrato según el método descrito por Hemedá y Klein (1990), Sheu y Chen (1991), Weng et al. (1991) y con algunas modificaciones.

Una unidad de peroxidasa fue definida como la variación de absorbancia (0,01) por minuto a pH 6,8 y temperatura ambiente (aprox. 25 ± 2 °C).

Se aplicó el diseño experimental ANOVA Multifactorial y TUKEY en 4 tiempos de conservación con 4 temperaturas, es decir 48 ensayos donde el factor a evaluar será la actividad enzimática residual de la peroxidasa (POD), determinadas experimentalmente. En ellas se considerarán como variables:

- Variable Independiente (x) Muestras: Papas crudas, tratamiento de escaldado (80, 85, 90 y 95 °C), sometidas a enfriamiento y almacenadas por 0, 10, 20 y 30 días.
- Variable Dependiente (y) Actividad enzimática residual de Peroxidasa (POD).

















Temperatura	Días			
	T1	T2	T3	T4
	0 Días	10 Días	20 Días	30 Días
80 °C				
85 °C				
90 °C				
95 °C				

Fig. 1. Diseño experimental del efecto de la variación térmica del escaldado sobre la actividad de la peroxidasa en tubérculos de *Solanum tuberosum*.

RESULTADOS

La actividad enzimática, con el tratamiento de 90 °C fue mayor la disminución en comparación a los demás, indicando ser el más óptimo.

Tabla 1. Actividad enzimática (U/g) en función del tiempo de conservación de 0, 10, 20 y 30 días y tratamientos de temperatura.

Días Tratamiento	0 días	10 días	20 días	30 días
80 °C(T1)	3,8	0,22	1,28	3,8
85 °C(T2)	2,7	1,8	1,04	2,7
90 °C(T3)	1,8	1,4	0,74	1,8
95 °C(T4)	1,3	0,72	0,66	1,3

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) para DEBCA para los tratamientos con temperatura y días de conservación de la actividad enzimática.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Temperatura	4.79132	3	1.59711	134.56	0.0000
B:Tiempo	35.3445	3	11.7815	992.65	0.0000
INTERACCIONES					
AB	7.0137	9	0.7793	65.66	0.0000
RESIDUOS	0.3798	32	0.0118688		
TOTAL (CORREGIDO)	47.5293	47			

Existe suficiente base estadísticas con una $P > 0.05$, para afirmar que existe diferencia significativa entre los tratamientos y días de conservación en relación a la actividad enzimática.

Tabla 3. Pruebas de Múltiple Rangos para Actividad Enzimática por temperatura.

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
95°C	12	0.579167	0.0314494	X
90°C	12	0.7375	0.0314494	X
85 °C	12	1.075	0.0314494	X
80 °C	12	1.39833	0.0314494	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
80 °C - 85 °C	*	0.323333	0.120521
80 °C - 90°C	*	0.660833	0.120521
80 °C - 95°C	*	0.819167	0.120521
85 °C - 90°C	*	0.3375	0.120521
85 °C - 95°C	*	0.495833	0.120521
90°C - 95°C	*	0.158333	0.120521

* indica una diferencia significativa.

Todos los tratamientos con temperaturas presentaron diferencias significativas, indicando que a medida que se incrementa la temperatura la actividad enzimática disminuye así nos señala el tratamiento a 90°C.

Tabla 4. Pruebas de Múltiple Rangos para Actividad Enzimática por Tiempo.

Tiempo	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
0	12	0.195833	0.0314494	X
10	12	0.345833	0.0314494	X
20	12	0.881667	0.0314494	X
30	12	2.36667	0.0314494	X

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
0 - 10	*	-0.15	0.120521
0 - 20	*	-0.685833	0.120521
0 - 30	*	-2.17083	0.120521
10 - 20	*	-0.535833	0.120521
10 - 30	*	-2.02083	0.120521
20 - 30	*	-1.485	0.120521

* indica una diferencia significativa.

Todos los tratamientos en relación a los días de conservación presentaron diferencias significativas, indicando que a mayor días de conservación la actividad enzimática aumenta por esta razón es que a los 20 días la actividad enzimática aún está reducida siendo la más óptima para la conservación del tubérculo.

DISCUSIÓN

Respecto a la tabla 1, se determinó la actividad enzimática de los tubérculos de *Solanum tuberosum* sometidos a tratamiento térmico (80, 85, 90 y 95°C), referidas a las combinaciones tiempo -temperatura de escaldado, la actividad enzimática obtenida se transformó a (U/g).

En la tabla 2 donde se muestra el análisis estadístico (ANAVA) para la actividad enzimática (POD) para los tratamientos temperatura y días de conservación, donde se observa que la actividad enzimática de la peroxidasa respecto al tiempo y temperatura del escaldado, se vio disminuida a los 20 días de conservación con la temperatura de 90°C, lo cual indica que el tiempo de conservación de la papa es dependiente de la variación térmica. 90°C es la temperatura de escaldado adecuada ya que el porcentaje que aumentó no es un valor considerable para el tiempo que lleva congelada y coincidiría con lo señalado por Barreiro & Sandoval (2001), quienes señalan que la regeneración de la actividad residual depende del almacenamiento, habiéndose encontrado que a menor temperatura de almacenamiento más largo es el tiempo requerido para la reactivación.

En las tablas 3 y 4 donde muestran el análisis estadístico de pruebas de múltiple rangos para la actividad enzimática por temperatura de escaldado y tiempo de conservación respectivamente, indicando que la actividad enzimática de POD por temperatura de escaldado tiene diferencias significativas, al igual que la actividad enzimática de POD por tiempo de conservación.

Las muestras almacenadas luego del proceso de escaldado a los cero días presentaron una muy baja actividad de peroxidasa pero a medida que se incrementan los días de conservación a 5°C favorecieron que la enzima se active, por ello a los 30 días se vieron elevadas.

La actividad enzimática aparente de POD se incrementa cuando disminuye de 90°C y llega hasta alrededor de 80°C, donde alcanza un nivel alto de actividad conocido como la temperatura de escaldado no adecuado. A temperaturas más altas se observa una considerable disminución en la actividad debido a la desnaturalización e inactivación de su estructura proteínica enzimática. En el escaldado de la papa se busca la inactivación de las enzimas que puedan ser perjudiciales

en la calidad del producto final como la enzima polifenoloxidasas y peroxidasa que son las responsables del pardeamiento enzimático en los tubérculos procesados. Ésta reacción se genera cuando la enzima contenida en los leucoplastos entra en contacto con el oxígeno y los sustratos fenólicos contenidos principalmente en la corteza (alrededor del 50%) y en los tejidos en donde la concentración disminuye desde la corteza hacia el centro (Limbo & Piergiovanni. 2006).

Debido a la facilidad con la que se determina su actividad y por su estabilidad al calor comparada con otras enzimas, la peroxidasa es usada como indicador de la calidad de los tratamientos térmicos (escaldado). Se acepta una disminución en su actividad superior al 90% como control para un escaldado adecuado. Esta enzima controla los niveles de peróxidos que se generan en casi todas las células vivas y constituye una actividad importante para las plantas ya que evita el efecto perjudicial de los radicales libres (Polata *et al.*, 2009).

En general todos los procesos de escaldado son fuertemente dependientes de la temperatura y tiempo de tratamiento, sometidos a temperaturas de 80 °C y 90 °C (Mendoza & Herrera, 2011).

Esto sugiere que la actividad enzimática se ve afectada por la temperatura y tiempo de conservación utilizado en la técnica del escaldado, los bajos niveles de peroxidasa permite alargar el tiempo de conservación del tubérculo. El proceso de escaldado empleado en el tratamiento térmico a 80, 85, 90 y 95°C por 1 minuto y 20 segundos, logra reducir significativamente la actividad de la enzima peroxidasa (POD), en algunos tratamientos en relación con los días de conservación, es decir si existe diferencia entre los tratamientos y bloques que representan la conservación a 0, 10,20 y 30 días en relación a la actividad de la peroxidasa.

Las muestras almacenadas en refrigeración presentan diferencias significativas entre sí con el tratamiento térmico, esto quiere decir que el efecto térmico de temperaturas mayores a 80°C y el tiempo de almacenamiento si influye en la actividad residual de la enzima peroxidasa.

CONCLUSIONES

La variación térmica del escaldado tiene efecto negativo sobre la actividad residual de la peroxidasa en tubérculos de *Solanum tuberosum*.

La actividad enzimática residual del tubérculo de papa escaldado varía en las diferentes condiciones de tiempo y temperatura, presentando una relación de dependencia.

Las actividades enzimáticas residuales incrementan a mayor tiempo de conservación pero disminuyen al tener un efecto térmico de alta temperatura determinado mediante el análisis estadístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abu-Ghannam, N. & H. Crowley.** 2006. The effect of low temperature blanching on the texture of whole processed new potatoes. *Journal of Food Engineering* 74: 335-344.
- Arthey, D. & C. Dennis.** 1992. Procesado de hortalizas. Acribia, Zaragoza. España..M.V. Agüero et al. /LWT (41) 401–407.
- Barreiro, J. & A.Sandoval.** 2001. Operaciones de conservación de alimentos por bajas Temperaturas. Editorial Equinoccio.359 p. Chile.
- Bonierbale, M.; W. Amoros; J. Espinoza; E. Mihovilovich; W. Roca & R. Gómez.** 2004. Recursos Genéticos De La Papa, Don Del Pasado, Legado Para El Futuro. Suplemento Revista Latinoamericana De La Papa: 3-14.
- Bonilla, M.; F. Cardozo & A. Morales.** 2009. Agenda Prospectiva de Investigación y Desarrollo Tecnológico Para la Cadena Productiva de la papa en Colombia con énfasis en papa criolla. Bogotá D.C.: Giro Editores.
- Del Valle, J.M. & J.M. Aguilera.** 1998. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. *Food Res Int* 31(3): 191- 204.
- Fennema, O.** 2000. *Química de los Alimentos*. 2a ed.Acribia. Zaragoza. España.

- Hemeda, H. & B. Klein.** 1990. Inactivation and Regeneration of Peroxidase Activity in Vegetable Extracts Treated with Antioxidants. *J. Food Sci.* 56(1): 68-71.
- Limbo, S. & L. Pierviovanni.** 2006. Shelf life of minimally processed potatoes Part Effects of high oxygen partial pressures in combination with ascorbic and citric acids on enzymatic browning. *Postharvest Biology and Technology* 39: 254–264.
- Maehly, A. C. & B. Chance.** 1956. The Assay of Catalases and Peroxidases, *Methods of Biochemical Analysis*, 1, 357-424.
- Matheis, G.** 1990. La lipoxigenasa como enzima indicador en el blanqueado de verduras. *DragocoReport. Información sobre sabores.* 2/1990: 52 – 59.
- McInnis, S.M.; D.C. Emery; R. Porter; Desikan; J.T. Hancock & S.J. Hiscock.** 2006. The role of stigma peroxidases in flowering plants insights from further characterization of stigma-specific peroxidases (SSP) from *Senecio squalidus* (Asteraceae). *J. Exp.Bot.* 8, 1835-1846.
- Mendoza, R. & Herrera, A.** (2011). Cinética de Inactivación de la Enzima Peroxidasa, Color y Textura en Papa Criolla (*Solanum tuberosum* Grupo phureja) sometida a tres Condiciones de E scaldado. *Información Tecnológica*, 23(4), 73-82.
- Mukherjee, S. & P.K. Chattopadhyay.** 2007. Whirling bed blanching of potato cubes and its effects on product quality. *Journal of Food Engineering* 78, 52-60.
- Patras, A.; N.P. Brunton; C. O'donnell & B.K. Tiwari.** 2010. Effect of thermal processing on anthocyanin stability in foods; mechanisms and kinetics of degradation. *Trends in Food Science & Technology* 21, 3-11.
- Polata, H.; A. Wilinska; J. Bryjak & M. Polakovic.** 2009. Thermal inactivation kinetics of vegetable peroxidases. *Journal of Food Engineering* 91: 387–391.
- Ramírez, C.** 2009. *Estudio Experimental de la Desactivación de la Enzima Peroxidasa Durante el Proceso de Escaldado de Papas (Solanum tuberosum) y el Almacenamiento a -18°C.* Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de Licenciado en Ciencia de los Alimentos. Universidad Austral de Chile. Chile.
- Rodríguez, L. E. & L.P. Moreno.** 2010. Factores y mecanismos relacionados con la dormancia en tubérculos de papa. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 28, 189-197.
- Sharma R.,R., H.C.Sharma & M.A. Goswami.** 1994. Polyphenol oxidase activity and phenolic content pattern during shoot development of grape in different growing seasons. *J. Plant Biochem. Biotechnol*, 3 (2): 145-147.
- Sharma, S.; S. Mulvaney & S. Rizvi.** 2003. *Operaciones unitaria y práctica de laboratorio.* Editorial Limusa S.A. Mexico, D.F. pp 348.
- Sheu, S. & A. Chen.** 1991. Lipoxigenase as Blanching Index for Frozen Vegetable Soybeans. *J. Food Sci.* 56(2): 448-451.
- Welinder K.G.** 1992. Superfamily of plant, fungal and bacterial peroxidases. *Curr. Opin. Struct. Biol.* 2, 388-393.
- Weng, Z.; M. Hendrickx; G. Maesmans & P. Tobback.** 1991. Immobilized Peroxidase: Apotentialbioindicator for evaluation of thermal processes. *Journal of Food Science*, 56(2): 567 – 570.
- Woodroof, J.G.** (1988). *Preparing vegetables for processing. In: Commercial vegetables processing.* (6° ed). New York. pp: 175-192.