



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

TESIS DE MAESTRÍA

EFFECTO DEL MOMENTO DE COSECHA SOBRE LA  
CALIDAD HORTÍCOLA DEL TOPINAMBUR (*Helianthus  
tuberosus* L.) CONSERVADO EN CÁMARA FRIGORÍFICA

Tesista: Ing. Agr. Leandra Ibarguren

Director: Ing. Agr. M. Sc. Cecilia Rebora

Codirector: Ing. Agr. M. Sc. Marcelo Alberto

Mendoza, 2015



**UNCUYO**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TESIS DE MAESTRÍA

EFECTO DEL MOMENTO DE COSECHA SOBRE LA  
CALIDAD HORTÍCOLA DEL TOPINAMBUR (*Helianthus  
tuberosus* L.) CONSERVADO EN CÁMARA FRIGORÍFICA

Maestría en Horticultura

Tesista: Ing. Agr. Leandra Ibarguren

Director: Ing. Agr. M. Sc. Cecilia Rebora

Codirector: Ing. Agr. M Sc. Marcelo Alberto

Mendoza, 2015

## **Dedicatoria**

*A Ceci Reborá, por el cariño, la dedicación y las muchísimas horas dedicadas a mi formación profesional.*

## **Agradecimientos**

A Cecilia Rebora y Marcelo Alberto por dirigir y codirigir esta tesis, enseñándome muchas herramientas referentes a la realización de este tipo de trabajos.

A Cecilia Rebora, Pablo Loyola y Fernando Gomensoro, quienes me liberaron de obligaciones para disponer del tiempo necesario para realizar los cursos de la maestría y la escritura de esta tesis.

A la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la UNCuyo por otorgarme la liberación de aranceles, para docentes de la Facultad que deseen realizar estudios de posgrado. Ordenanza N° 466/04-CD. Abril 2011.

A Sabrina Tempesti, Josefina Mackern y Alejandra Bertona por el apoyo en las tareas de campo y laboratorio.

A Luis Emili, encargado de la finca experimental de la Facultad, y todo el personal de campo, quienes colaboraron con lo relativo al trabajo de finca.

A Adriana Giménez por capacitarme en el uso del instrumental necesario para las mediciones de calidad de los tubérculos.

A Luci Vignoni, Adriana Giménez, Olga Tapia, Viviana Guinle, Estela Coria, y a quienes trabajan en el Laboratorio “Planta de Frío” de la Facultad, por facilitarme el material necesario.

A Mariela Arias, de la cátedra de Meteorología de la Facultad, por facilitarme los datos de temperaturas de los suelos en los que se desarrolló el ensayo.

A la Cátedra de Fisiología Vegetal, por permitirme utilizar la estufa para la determinación materia seca.

A los docentes de los cursos de la Maestría, por enseñarme muchos conceptos, técnicas y métodos nuevos para mí y por formar parte de este nuevo punto de partida de mi vida profesional.

## **Resumen**

El interés por el cultivo de Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) es creciente a nivel mundial. Como toda hortaliza que se lleva al mercado, o se utiliza como materia prima para la industria debe estar disponible a lo largo de todo el año. Por esto es importante desarrollar sistemas de almacenamiento que permitan conservar la calidad del producto el mayor tiempo posible. Existen muy pocos antecedentes sobre la conservación poscosecha de tubérculos de topinambur y las variaciones de calidad, que sufre el producto. A través del trabajo de tesis se buscó generar antecedentes sobre los efectos de la fecha de cosecha y la variedad de topinambur sobre las diferentes variables de calidad; la evolución de cada tratamiento conservado en cámara frigorífica y el efecto del lugar/condiciones (cámara frigorífica – campo) y tiempo de conservación sobre la calidad de los tubérculos. Se utilizaron dos variedades de topinambur (tubérculos rojos y blancos). Las variables respuesta ensayadas para definir atributos de calidad fueron: materia seca, sólidos solubles, firmeza, índice de color de piel y de pulpa, presencia de brotes, desarrollo de *Penicillium* y evolución del peso fresco. Se detectó que el período de cosecha, para garantizar la calidad de los tubérculos y buena evolución en cámara frigorífica durante todo el año, no debería extenderse más allá de los 49 días desde la ocurrencia de la primera helada para la zona de estudio, no observándose diferencias entre variedades. Para consumo en fresco se puede cosechar hasta el 98 días luego de la primera helada, pero estos tubérculos no se conservan correctamente en cámara frigorífica.

## **Abstract**

Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) interest is growing worldwide. Vegetables should be available the whole year around in order to be sent to the fresh market or to the avoiding. It is important, and economically desirable, to developed an storage technology systems in order to extend the post harvest period as long as possible. There are few works on Jerusalem artichoke postharvest conservation and tuber changes. This thesis aimed to generate information about harvest dates and topinambur varieties quality variation; evolution of each conservation treatment in cold storage; and the conservation periods and places effects on tubers commercial qualities. Two varieties of Jerusalem artichoke (red and white tubers) were used. Dry matter, soluble solids, firmness, external and pulp color, sprout and *Penicillium* development and weight of fresh tubers evolution were assessed. It was found that the harvest period, to ensure the quality of the tubers and good performance in cold storage throughout the year, should not extend beyond 49 days from the occurrence of the first frost for the study area were not observed differences between varieties. For fresh consumption can be harvested up to 98 days after the first frost, but these tubers are not kept properly refrigerated.

## INDICE DE CONTENIDOS

Resumen .....	iii
Abstract.....	iv
Capítulo I INTRODUCCION.....	1
1. Caracterización de la especie.....	2
2. Uso hortícola del topinambur .....	3
3. Beneficios del consumo de topinambur en la salud humana .....	4
4. Atributos de calidad en topinambur con destino hortícola .....	5
5. Importancia del momento de cosecha en la calidad .....	9
6. Alternativas de conservación poscosecha (conservación a campo y en cámara frigorífica) .....	10
7. Definición del tema de tesis .....	12
8. Hipótesis.....	12
9. Objetivos .....	12
10. Materiales y métodos.....	13
11. Resultados esperados.....	17
12. Estructura general de la tesis .....	18
13. Bibliografía.....	18
Capítulo II EFECTO DE LA FECHA DE COSECHA Y LA VARIEDAD SOBRE LAS DIFERENTES VARIABLES DE CALIDAD .....	22
1. Introducción .....	23
2. Materiales y métodos.....	24
3. Resultados y discusión .....	25
4. Conclusiones .....	30
5. Bibliografía.....	32
Capítulo III EVOLUCIÓN DE LOS TUBÉRCULOS CONSERVADOS EN CÁMARA FRIGORÍFICA .....	33
1. Introducción .....	34
2. Materiales y métodos.....	36
3. Resultados y discusión .....	39
4. Conclusiones .....	55
5. Bibliografía.....	57

Capítulo IV	EFFECTO DEL MÉTODO Y TIEMPO DE CONSERVACIÓN SOBRE LA CALIDAD DE LOS TUBÉRCULOS .....	59
1.	Introducción .....	60
2.	Materiales y métodos.....	62
3.	Resultados y discusión .....	64
4.	Conclusiones .....	73
5.	Bibliografía.....	74
Capítulo V	CONCLUSIONES GENERALES DE LA TESIS .....	75
ANEXO I	FOTOGRAFÍAS .....	78
ANEXO II	ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN DE RESULTADOS .....	85

#### **Lista de tablas**

Tabla 1.	Contenido de inulina de algunos vegetales, datos sobre peso fresco.....	3
Tabla 2.	Temperaturas medias, máximas y mínimas de los suelos utilizados para los ensayos. ....	14
Tabla 4.	Contenido de materia seca (%), al momento de cosecha.....	26
Tabla 5.	Contenido de sólidos solubles (%) de cada variedad, al momento de cosecha.....	27
Tabla 6.	Contenido de sólidos solubles (%) de cada fecha, al momento de cosecha.....	27
Tabla 7.	Firmeza de los tubérculos (Kg), de cada variedad, al momento de cosecha.....	28
Tabla 8.	Firmeza de los tubérculos (Kg), de cada fecha, al momento de cosecha.....	28
Tabla 9.	ICPiel de los tubérculos para cada variedad. ....	29
Tabla 10.	ICPulpa de los tubérculos para cada variedad. ....	29
Tabla 11.	ICPulpa de los tubérculos para cada fecha de cosecha. ....	29
Tabla 3.	Tasa respiratoria, calor vital y contenido de materia seca de los tubérculos de topinambur. ....	35
Tabla 12.	Evolución del contenido de materia seca (%) para la primera fecha de cosecha.....	39
Tabla 13.	Contenido de sólidos solubles (%) en los tubérculos, para cada variedad.....	40
Tabla 14.	Contenido de sólidos solubles (%) en los tubérculos, por días de conservación. ....	40
Tabla 15.	Firmeza de los tubérculos (Kg) de cada variedad.....	41
Tabla 16.	Firmeza de los tubérculos (Kg), por días de conservación. ....	41
Tabla 17.	ICPiel de los tubérculos, para cada variedad. ....	42

Tabla 18. ICPiel de los tubérculos, por días de conservación. ....	42
Tabla 19. ICPulpa de los tubérculos, para cada variedad. ....	43
Tabla 20. ICPulpa de los tubérculos, por días de conservación.....	43
Tabla 21. Pérdida de peso (kg) producida por la conservación en cámara frigorífica. ....	44
Tabla 22. Evolución del contenido de materia seca (%) para la segunda fecha de cosecha. ....	45
Tabla 23. Contenido de sólidos solubles (%) en los tubérculos, para cada variedad.....	45
Tabla 24. Contenido de sólidos solubles (%) en los tubérculos, por días de conservación. ....	46
Tabla 25. Firmeza de los tubérculos (Kg) de cada variedad.....	46
Tabla 26. Firmeza de los tubérculos (Kg) por días de conservación. ....	47
Tabla 27. ICPiel de los tubérculos, para cada variedad. ....	47
Tabla 28. ICPiel de los tubérculos, por días de conservación. ....	48
Tabla 29. ICPulpa de los tubérculos, para cada variedad. ....	48
Tabla 30. ICPulpa de los tubérculos, por días de conservación.....	49
Tabla 31. Evolución del contenido de materia seca (%) para la segunda fecha de cosecha. ....	50
Tabla 32. Evolución del contenido de materia seca (%) para la tercera fecha de cosecha. ....	50
Tabla 33. Evolución del contenido de sólidos solubles (%) para la tercera fecha de cosecha.....	51
Tabla 34. Evolución de la firmeza (kg) de los tubérculos para la tercera fecha de cosecha. ....	52
Tabla 35. ICPiel de los tubérculos, para cada variedad. ....	52
Tabla 36. ICPiel de los tubérculos, por días de conservación. ....	53
Tabla 37. ICPulpa de los tubérculos, para cada variedad. ....	53
Tabla 38. ICPulpa de los tubérculos, por días de conservación.....	54
Tabla 39. ICPulpa de los tubérculos, particionado por días de conservación. ....	54
Tabla 40. Temperatura media de los suelos, durante los períodos mencionados. ....	60
Tabla 41. Firmeza de los tubérculos (Kg) de cada variedad.....	64
Tabla 42. Firmeza de los tubérculos (Kg) por método de conservación.....	64
Tabla 43. ICPiel de los tubérculos para cada variedad. ....	65
Tabla 44. ICPiel de los tubérculos, para cada método de conservación. ....	65
Tabla 45. ÍCPulpa de los tubérculos. ....	66

Tabla 46. Contenido de sólidos solubles (%) para cada variedad.....	66
Tabla 47. Contenido de sólidos solubles (%) para cada método de conservación.....	67
Tabla 48. Firmeza de los tubérculos (Kg). .....	67
Tabla 49. ICPiel de los tubérculos.....	68
Tabla 50. ICPulpa, para cada variedad. ....	68
Tabla 51. ICPulpa, para cada método de conservación. ....	69
Tabla 52. Contenido de sólidos solubles (%) para cada variedad.....	69
Tabla 53. Contenido de sólidos solubles (%) para cada método de conservación.....	70
Tabla 54. Firmeza de los tubérculos (Kg) de cada variedad.....	70
Tabla 55. Firmeza de los tubérculos (Kg) por método de conservación.....	71
Tabla 57. ICPulpa, para cada variedad. ....	72
Tabla 58. Índice de color de pulpa, para cada método de conservación. ....	72

### **Lista de Figuras**

Figura N°1. Ejes a y b del sistema CIELab .....	8
Figura N°2. Esquema de los tratamientos.....	17

### **Lista de fotografías**

Fotografía N° 1. Cultivo de topinambur.....	79
Fotografía N° 2. Tubérculos de topinambur rojos y blancos.....	79
Fotografía N° 3. Lavado de tubérculos al recibirlos en el laboratorio.....	79
Fotografía N° 4. Secado de los tubérculos.....	80
Fotografía N° 5. Medición de color de pulpa de topinambur .....	80
Fotografía N° 6. Lectura de la medición la pantalla led del equipo .....	80
Fotografía N° 7. Refractómetro .....	81
Fotografía N° 8 Lectura en el refractómetro.....	81
Fotografía N° 9. Penetrómetro con cuchilla de corte .....	81

Fotografía N° 10. Pesaje de muestras antes de llevar a estufa.....	82
Fotografía N° 11. Muestras colocadas en estufa .....	82
Fotografía N° 12. Muestras retiradas de la estufa.....	83
Fotografía N° 13. Tubérculos brotados a campo .....	83
Fotografía N° 14. Cámara frigorífica utilizada para la conservación de los tubérculos.....	84
Fotografía N° 15. Tubérculos conservados en cámara frigorífica con desarrollo de <i>Penicillium</i> .....	84

## **Capítulo I INTRODUCCION**

## 1. Caracterización de la especie

El topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), conocido en nuestro país como papa chanchera, pertenece a la familia de las Asteráceas. Este cultivo es originario de América del Norte y estaba difundido entre los aborígenes cuando los exploradores europeos llegaron a dicha región. Rápidamente se introdujo a Europa y se difundió tanto para el consumo animal como para el humano (Kays y Norttingham, 2008). Se trata de una planta herbácea, de tallos ramificados que puede alcanzar hasta 3 metros de altura (fotografía 1). Esta especie produce tallos subterráneos, muy ricos en hidratos de carbono, los que permiten la reproducción agámica (Losavio *et al.*, 1997). Es un cultivo anual que brota en primavera, desarrolla una gran estructura aérea, usualmente con varios tallos y ramificaciones y, luego tuberiza y finalmente la parte aérea muere (Meijer y Wathijssen, 1992). Dependiendo de las cultivares, el ciclo de vida puede prolongarse desde 100 hasta 270 días. La plantación se realiza mediante tubérculos semilla enteros o trozados, de un peso óptimo aproximado de 50 g, a comienzos de primavera, a densidades que pueden variar entre 25.000 a 45.000 plantas·ha<sup>-1</sup> (Denoroy, 1996). El umbral mínimo de temperatura para brotación es de 2 a 5°C, acelerándose el proceso a medida que aumenta la misma (Barloy, 1984; Kosaric *et al.*, 1984).

A partir de los tubérculos semilla emergen los tallos, cuyo número por planta varía según las cultivares y el tamaño del tubérculo utilizado (Gallard, 1985). Una alta densidad de plantas acelera la elongación temprana de los tallos, obteniéndose plantas más altas; no obstante, a muy alta densidad, disminuye la altura y el número de nudos en los tallos. Todo esto afecta la arquitectura de la canopia y por lo tanto, la capacidad de la planta para interceptar la luz y realizar la fotosíntesis (Hogetsu *et al.*, 1960). La producción de tubérculos varía, en términos generales, entre 30 a 70 toneladas por hectárea, si bien han sido registradas producciones de hasta 120 toneladas de tubérculos por hectárea, en experiencias en Australia, utilizando aguas residuales urbanas para el riego (Parameswaran, 1999).

El topinambur es un cultivo con gran potencial como alimento, debido a sus excelentes aptitudes nutricionales, su alto rendimiento por hectárea, poca susceptibilidad a plagas y enfermedades y resistencia a las bajas temperaturas (Kosaric *et al.*, 1984).

## 2. Uso hortícola del topinambur

El topinambur no es una hortaliza de uso habitual en nuestro país, aunque sus tubérculos se consumen, para alimentación humana, en muchos países europeos y en América del Norte. Existen muchas variedades difundidas mundialmente, pero en Argentina sólo se conocen dos (fotografía 2); estas se pueden diferenciar por el color de su epidermis en rojo y blanco (Rebora, 2008).

El topinambur es una especie con grandes cualidades como alimento funcional ya que acumula inulina como hidrato de carbono de reserva en vez de almidón. Entre el 16 y 20 % del peso fresco del tubérculo es inulina (Ragab *et al.*, 2003), constituyendo una alternativa a la papa (*Solanum tuberosum*) en dietas para diabéticos (Duke, 1983). Puede consumirse cocido, hervido, al vapor y al horno; también se puede aprovechar para la producción de harina. Una desventaja de este tubérculo para ser consumido como hortaliza es su forma irregular y ramificada. Esta característica de la forma, combinada a una relativa fragilidad dificultan la cosecha y limpieza de los mismos (Klug Andersen, 1992). Este mismo autor plantea que es factible encontrar combinaciones apropiadas de cultivares y métodos de producción para obtener una alta proporción de tubérculos con buena aptitud para el consumo (lisos, redondeados y con peso superior a 20 g por tubérculo).

En la tabla 1 se puede observar el alto contenido de inulina del topinambur en comparación con otros alimentos.

Tabla 1. Contenido de inulina de algunos vegetales, datos sobre peso fresco

Especie	Contenido de inulina (g/100g)
Topinambur	16 - 20
Almendras	15 - 20
Ajo	9 - 16
Cebolla	2 - 6
Banana	0,3 - 0,7

Traducido de Moshfegh *et al.*, 1999.

### **3. Beneficios del consumo de topinambur en la salud humana**

La inulina estimula el crecimiento de los microorganismos benéficos del intestino; ello se debe a que atraviesa el estómago y el duodeno sin sufrir cambios y alcanza el intestino delgado prácticamente sin digerirse. Aquí está disponible para ser metabolizada por algunos de los microorganismos intestinales, como las bifidobacterias y los lactobacilos, promoviendo su asentamiento y desarrollo. Debido a esta característica se dice que la inulina tiene actividad prebiótica. Adicionalmente, esto genera disminución de los niveles de colesterol y triglicéridos en la sangre (Moshfegh *et al.*, 1999; Eguia, 2014).

La digestión natural de la inulina no libera cantidades importantes de azúcar, ya que el carbohidrato liberado es principalmente fructosa. La metabolización de esta última no está influida por la hormona insulina, es por esto que la fructosa no eleva de manera significativa los niveles sanguíneos de glucosa o de insulina. (Carvalho *et al.*, 2004).

Debido a que los oligosacáridos más simples de la familia de la inulina tienen sabor dulce, y los polisacáridos más complejos poseen propiedades similares al almidón, es que pueden ser empleados para elaborar edulcorantes y sucedáneos de harinas, muy útiles para el control de los niveles de glucosa en individuos diabéticos (Roberfroid, 2007).

Rao (2004) señala que entre los efectos positivos del topinambur para la salud humana, se destacan la función como fibra dietética y la capacidad de actuar como prebiótico. Este autor afirma que 4 g de inulina diarios son efectivos para incrementar el número de bacterias benéficas en el colon. Además, tiene un aporte energético reducido (1,5 kcal/g) y efecto hipoglucemiante. La harina producida a partir del topinambur no forma gluten, lo que la hace apta para celíacos. Desde 1992 ha sido aceptada como ingrediente GRAS (Generally Recognized As Safe - generalmente reconocido como seguro) por la FDA (Food and Drug Administration – Agencia de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos), lo cual indica que puede usarse en formulaciones alimenticias, incluso en las destinadas para niños (Roberfroid, Rao, Souci Fachman, citados por Scollo, 2011).

Scollo y colaboradores (2011) elaboraron con topinambur cuatro productos alimenticios de gran consumo en la población actual. Estos tenían elevado contenido de hidratos de carbono solubles (inulina), actuando como un ingrediente bioactivo con características saludables diferentes al producto utilizado tradicionalmente (generalmente en base a harina de trigo). Esto, convierte a los productos en "funcionales", debido a que contienen

componentes que ejercen efectos benéficos para la salud que van más allá de su aporte nutricional. En el marco de dicho ensayo se elaboraron: pan integral, pan multiseleccionado, barras de cereal y alfajores. Al ser evaluados sensorialmente, se concluyó que el 77,5 % de los jueces prefirieron el pan realizado con topinambur, mientras que en el caso de la barra de cereal con harina de topinambur, fue elegida en el 95 % de los casos. Además, los degustadores mencionaron la falta de “sensación de hambre” durante varias horas postingesta. Esto podría deberse al elevado contenido de fibra dietética soluble que presenta el topinambur (inulina). Se puede ver por lo tanto que los productos elaborados tuvieron buena aceptación.

#### **4. Atributos de calidad en topinambur con destino hortícola**

La calidad puede definirse como la totalidad de rasgos y características de un producto que influyen en su aptitud para satisfacer requerimientos del consumidor (Vignoni, 2004). No existen estándares de valoración de calidad en topinambur, por lo que, a los fines de este trabajo, se consideran algunos de los establecidos para papa (*Solanum tuberosum*). Así, en esta tesis, se evaluaron variables tales como: materia seca, contenido de sólidos solubles, firmeza de los tubérculos, color de la piel y la pulpa, días a brotación, y evolución del peso fresco. Dentro de estas, las tres primeras son las de mayor importancia, y las restantes son variables complementarias para la determinación de calidad.

##### **a. Materia seca**

El contenido de **materia seca** se utiliza para conocer el rendimiento industrial de un producto. Se determina desecando el material en estudio hasta llegar a un peso constante, situación en la que se considera que perdió el contenido de agua libre.

##### **b. Sólidos solubles**

La cantidad de **sólidos solubles** es una buena estimación del contenido de hidratos de carbono solubles presentes en el tubérculo (López Camelo, 2003).

Para esta medición se utiliza un refractómetro, instrumento que sirve para determinar la velocidad de propagación de la luz a través de un medio, sustancia o compuesto. Se relaciona directamente con la presencia de azúcares; estos tienen la propiedad de refractar

la luz que incide sobre el instrumento. A través de la lectura directa en la escala del equipo, se determina el porcentaje de sólidos solubles presentes en la solución acuosa. El equipo se calibra de tal manera que indica 0 % cuando se realiza la medición con agua destilada. Entre determinaciones, el prisma debe ser lavado con agua destilada y secado con papel absorbente (fotografías 7 y 8).

### **c. Firmeza de tubérculos**

La firmeza de los tubérculos mantiene una relación directa con la resistencia a daños físicos ocasionados por medios mecánicos durante la recolección, manipulación y transporte. La misma depende del momento y método de cosecha, así como también de la temperatura de almacenamiento. Existen distintas técnicas para medir la firmeza, basadas en diferentes propiedades mecánicas tales como: la punción, compresión, penetración, etc. Los ensayos tradicionales de firmeza miden la fuerza que opone un material biológico al ser perforado o comprimido hasta cierta profundidad (Buitrago *et al.*, 2003). La consistencia de los tubérculos puede ser determinada mediante el uso del penetrómetro que permite medir su resistencia a ser penetrado.

Es importante mencionar una propiedad mecánica de los materiales biológicos, enunciada por Mohsenin, en 1970, que dice: “en un producto biológico que es sometido a una fuerza, existe un punto de biofluencia en el cual ocurre un incremento en la deformación con un decrecimiento o ningún cambio en la fuerza”. La presencia de este punto indica que hay una ruptura celular en la estructura interna del material. Superando este valor máximo de presión que se puede ejercer sobre el material biológico, la medición es imprecisa. Algunas de las mediciones realizadas en esta tesis se vieron afectadas por esta propiedad.

Un material biológico dúctil, se refiere a la capacidad de soportar largas deformaciones antes de romperse; mientras que un material biológico frágil se deforma con una pequeña fuerza antes de llegar al punto de ruptura (Piñeros Niño, 2009).

En los ensayos de firmeza realizados en esta tesis, se utilizó un penetrómetro con una cuchilla de corte para medir firmeza en hortalizas (fotografía 9). El valor arrojado por el equipo utilizado es entre 0 y 12 kg o su equivalente en libras (0-29 lb).

#### d. Color de la piel y pulpa

El color de la piel y la pulpa es un atributo fácilmente evaluado por el consumidor (López Camelo, 2003) y hacen a la apariencia del producto. En general, cambios en la coloración de un vegetal están asociados a procesos madurativos. En el caso del topinambur, este dato es de interés relativo, debido a que la variación en la coloración de esta hortaliza, en muchos casos, no es tan marcada como para indicar cambios significativos en la calidad del mismo.

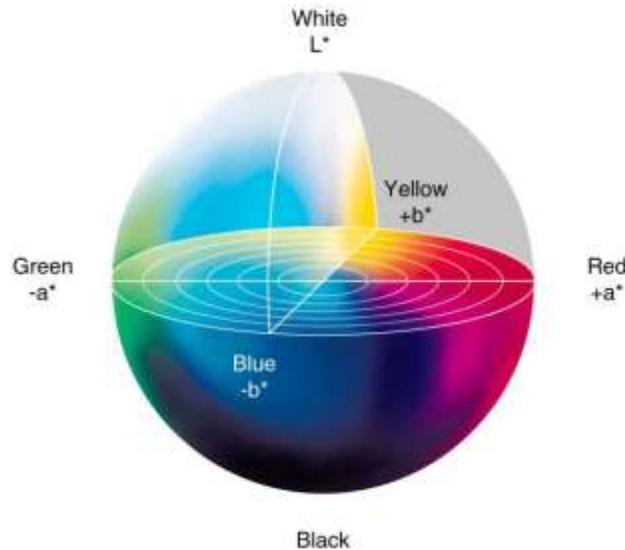
El color de piel y de pulpa se determinó utilizando el colorímetro Kodak Minolta CR-400. Este instrumento está desarrollado para realizar mediciones absolutas y relativas dentro de una amplia gama de campos. Se obtienen las lecturas normalizadas y transformadas a coordenadas L, a, b con el software COREL PHOTO PAINT 8 de Microsoft, que puede leerse en la pantalla digital del equipo (fotografías 5 y 6).

El **color** es el atributo de la sensación visual que define el nombre de los colores (violeta, azul, verde, naranja, rojo, etc.). **Claridad o luminosidad** es el atributo de la sensación visual por medio del cual el objeto transmite o refleja una mayor o menor cantidad de luz, y está representado por la L (L=0 es negro y L=100 es blanco). La  **saturación o croma** es el atributo que describe al color por su similitud con un color espectral puro, cuanto más parecido a éste, se dice más saturado. Esto se refiere a la pureza relativa de un color dominante, es decir a la cantidad de blanco que se mezclaría con el tono. Estos elementos pueden representarse matemáticamente por tres coordenadas en un espacio tridimensional. De esa forma somos capaces de compensar la subjetividad asociada a esa percepción y por ende lograr un método estándar mediante el cual los colores se pueden especificar de manera objetiva (Giménez, 2009).

A los fines de esta tesis, se caracterizó a los colores en un sistema tridimensional, con tres coordenadas que describen un color único. Se logra así eliminar la subjetividad en la evaluación del color.

En la figura 1 se puede observar los ejes a y b del diagrama CIELab, representando las tonalidades.

Figura N°1. Ejes a y b del sistema CIELab



El color puede ser evaluado mediante la determinación del índice de color IC obtenido por la siguiente expresión:

$$IC = a \cdot 1000 / L \cdot b$$

donde L, a, y b son los parámetros del sistema color CIELab; siendo “L” una medida de la luminosidad o brillantes; “a” y “b” coordenadas de cromaticidad, donde “a” varía desde valores negativos para el verde, hasta los positivos para el color rojo y “b” va desde los valores negativos para el azul hasta los positivos para el amarillo (Richmond *et al.*, 2010).

El IC por sus características puede utilizarse como variable de control de la calidad visual de alimentos:

- Si IC es negativo (-40 a -20), su valor relaciona los colores que van desde azul-violeta al verde profundo.
- Si IC es negativo (-20 a -2), su valor relaciona los colores que van del verde profundo al verde amarillento.
- Si IC está entre -2 a +2, representa al amarillo verdoso
- Si IC es positivo (+2 a +20), se relaciona con los colores que van desde el amarillo pálido al naranja intenso.
- Si IC es positivo (+20 a +40), se relaciona con los colores que van desde el naranja intenso al rojo profundo. (Lic. Adriana Giménez, trabajo inédito, 2009).

#### **e. Presencia de brotes y desarrollo de hongos (*Penicillium*)**

Buitrago *et al.*, 2003, enuncia que la presencia de brotes en los tubérculos hace que estos pierdan su aptitud comercial, ya sea que los mismos se hayan desarrollado a campo o durante el período de conservación en cámara frigorífica (fotografía 13). Lo mismo ocurre con los tubérculos que desarrollan hongos (*Penicillium*) durante la conservación; en este caso los mismos pierden aptitud bromatológica debido al desarrollo de micotoxinas (fotografía 15).

#### **f. Evolución del peso fresco (pérdida de agua)**

Esta variable compara el contenido de humedad, de los tubérculos, al ingreso y salida de la cámara frigorífica. Por diferencia de peso se determinan las pérdidas ocurridas durante la conservación. Esto permite conocer el rendimiento de un producto luego del almacenamiento.

### **5. Importancia del momento de cosecha en la calidad**

Las hortalizas al igual que las frutas, una vez que son separadas de la planta madre (cosechadas) continúan respirando, transpirando y están sujetas a cambios fisiológicos continuos, dependiendo únicamente de sus reservas para llevar a cabo esos procesos. Esto determina la declinación de la calidad del producto. La velocidad de este deterioro depende del tipo de producto, las condiciones de cultivo y de factores como la temperatura y la humedad relativa, a los que son sometidos poscosecha. Los cambios que ocurren no pueden ser detenidos, sino que son demorados dentro de ciertos límites (López Camelo, 2003).

Los tubérculos de topinambur pueden cosecharse luego de la primera helada, o dejarse en el campo para su almacenamiento bajo tierra. En este último caso se recolectan en la primavera siguiente. Cuando ocurren bajas temperaturas, las células colapsan y la planta muere, exceptuando los tubérculos y las semillas (si es que están presentes). Antes de que esto ocurra, en la planta se produce la traslocación de los carbohidratos y proteínas desde la parte aérea a los órganos de reserva. Por tal motivo se recomienda la cosecha después de la primera helada, para asegurarse que todos los nutrientes de la planta, fueron movilizados hacia los tubérculos (Ibarguren y Reborá, 2013).

La cosecha puede llevarse a cabo con máquinas arrancadoras recolectoras de papas previa eliminación de la parte aérea de la planta. Se debe tener la precaución de reducir la separación entre dientes de los peines con el fin de poder recoger los tubérculos de menor tamaño. El método más común para los pequeños cultivos es el arrancado con arado y recolección manual de los tubérculos (Rebora, 2008).

Los factores del cultivo y almacenamiento que afectan la calidad de los tubérculos cosechados son: el estado sanitario del cultivo; la madurez de los tubérculos; el método de cosecha; el transporte y manejo; la selección del material a almacenar; la temperatura de cosecha y la higiene del producto; y finalmente, la temperatura y humedad de la cámara frigorífica (Thompson *et al.*, 1998; Inostroza, 2009).

## **6. Alternativas de conservación poscosecha (conservación a campo y en cámara frigorífica)**

Según Sommer, 1992 (citado por Chiesa 2010), los ambientes poscosecha deben ser diseñados para reducir la tasa de respiración al mínimo requerido para mantener los procesos vitales, y extender la vida poscosecha al máximo, cuidando que no sea atacada por microorganismos patógenos.

Al igual que López Camelo, Sommer sostiene que el factor más importante que influye en la vida poscosecha de los productos hortícolas es la temperatura. La práctica más aconsejable para prolongar la vida útil lo máximo posible es comenzar con la reducción de la temperatura del tubérculo inmediatamente luego de la cosecha, disminuyendo así la respiración y la transpiración. La humedad relativa es otro de los factores poscosecha a considerar durante el almacenamiento, condicionando la turgencia o desecación del tubérculo.

Como se mencionó anteriormente, los tubérculos son cosechados luego de la primera helada. En áreas en las que la cosecha se puede realizar durante todo el invierno, el cultivo puede ser almacenado a campo o incluso cosechado cuando se lo necesite (Kays, 1984).

El almacenamiento se utiliza como herramienta para alargar el intervalo de tiempo durante el cual el producto puede estar disponible para el consumidor. Los vegetales, ya sea que se envíen al mercado o se utilicen como materia prima para la industria, deben estar

disponibles a lo largo de todo el año, para que no existan discontinuidades en la producción ni en la disponibilidad en góndola (Kays y Nottingham, 2008).

Las tres opciones típicas de almacenaje son; en cámara frigorífica, en sótanos o a campo. En las dos primeras opciones, los tubérculos se cosechan luego de la primera helada y se almacenan; mientras que con la conservación a campo, los tubérculos se dejan en el suelo y se recolectan cuando se los necesita. En el caso de los pozos o sótanos, la refrigeración se obtiene por las bajas temperaturas naturales del aire o del suelo. El almacenamiento refrigerado es el más costoso y generalmente se utiliza en situaciones en que no es posible almacenar a campo (Kays, 1984).

Stainbauer (citado por Kays y Nottingham, 2008), en 1932, estableció que los tubérculos de topinambur pueden ser almacenados durante 6 a 12 meses a una temperatura de entre 0 y 2°C y 90 a 95 % de humedad relativa. Estos valores son algo diferentes a lo enunciado por López Camelo (2003), quién postula una temperatura óptima de almacenamiento de entre -0,5 y 0°C, con 90 a 95 % de humedad relativa, por un período de entre 4 y 5 meses. Por su parte, Kays (1984), postula que los tubérculos almacenados no sufren daños por frío con temperaturas de hasta -2,2°C, pero por debajo de -10°C, ya sea a campo o en cámara refrigerada, ocurre un rápido deterioro.

Según ensayos realizados por Danilcenko y colaboradores, los tubérculos almacenados en cámara de frío a 2°C de temperatura y 90-95 % de humedad relativa, durante un período de 4 meses, sufren alteraciones en muchas de sus características deseables (firmeza y contenido de inulina principalmente). En dichos ensayos, se aplicaron 3 métodos de almacenamiento/embalaje: en bolsas de red, en arena y en turba. Los resultados mostraron que la degradación de la calidad de los tubérculos estaba fuertemente ligada con la forma de almacenamiento. Así, el almacenamiento en bolsas plásticas de polipropileno produjo pérdidas de peso, tras un almacenaje de 2 meses; mientras que, esta pérdida fue mucho menor en almacenaje con turba o arena. Luego de cuatro meses de almacenamiento, el que se realizó en bolsas tuvo 2,2 veces más pérdida de materia seca que los tubérculos mantenidos en arena o en turba. La mayor pérdida de sólidos solubles (4 %) se produjo tras los 4 meses de almacenamiento en las bolsas de polipropileno. Independientemente del método de almacenamiento, el contenido de azúcares totales en los tubérculos disminuyó al finalizar el almacenamiento. Se concluyó que, de los tres métodos ensayados, los

tubérculos cubiertos con turba o arena húmeda son los que mejor mantienen su calidad y valor nutritivo (Danilcenko *et al.*, 2008).

Las bolsas de polietileno son usualmente utilizadas para almacenaje, aunque esta no es una recomendación probada (Kays, 1984; Saengthongpinit y Sajjaanantakul, 2005).

Las pérdidas de almacenamiento se deben principalmente a la pérdida de agua (debido a la fina epidermis), putrefacción y brotado de los tubérculos. No menos importantes son los cambios en la composición, principalmente el contenido de sólidos solubles.

## **7. Definición del tema de tesis**

El interés por el cultivo de *Helianthus tuberosus* L. es creciente a nivel mundial. Sus usos y aplicaciones son varios, pero cuando se refiere al consumo humano, es importante lograr un abastecimiento permanente en el mercado, ya sea para consumo en fresco o industrial. Existen pocos antecedentes sobre la conservación poscosecha y las variaciones que sufre el producto. A través del trabajo de tesis se buscará generar antecedentes sobre momentos de cosecha, tiempos de conservación (a campo y en cámara frigorífica), evolución del material conservado en cámara frigorífica, cambios de calidad que sufre el producto y cómo estos afectarían la calidad comercial de esta hortaliza.

## **8. Hipótesis**

Es posible prolongar la vida poscosecha de tubérculos de topinambur durante todo el año, manteniendo su calidad comercial, combinando distintos tiempos de conservación de los tubérculos a campo y en cámara frigorífica.

## **9. Objetivos**

El **objetivo general** es identificar el período de cosecha óptimo y la forma adecuada de conservación del topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) para su uso como alimento, con la finalidad de que esté disponible durante todo el año.

Los **objetivos específicos** son:

- Evaluar la calidad de los tubérculos de dos variedades de topinambur en cuatro fechas de cosecha (Capítulo II).
- Determinar variaciones de calidad de los tubérculos, almacenados en cámara frigorífica, durante su período de conservación (Capítulo III).
- Conocer el efecto del lugar/condiciones y el tiempo de conservación sobre la calidad de los tubérculos de topinambur (Capítulo IV).

## **10. Materiales y métodos**

### **a. Material experimental**

El **material experimental** ensayado fueron dos variedades de topinambur, que se diferencian por el color de la epidermis de los tubérculos en rojos y blancos. Los tubérculos utilizados en los ensayos fueron cultivados en la parcela experimental de la Cátedra de Agricultura Especial de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo). La misma se encuentra en la localidad de Chacras de Coria, Departamento de Luján de Cuyo (Mendoza), a 980 m sobre el nivel del mar (Latitud 33° 00' 30'' S; Longitud 68° 52' 32'' O). Presenta una temperatura media anual de 16,5 °C, humedad relativa media de 50 % y precipitación promedio de 225 mm anuales. Los suelos son aluviales, de escaso desarrollo del perfil, de textura franco limosa, limosa o limo arcillosa. Es importante conocer las características del suelo y las temperaturas del mismo, debido a que algunos tratamientos combinan conservación en el suelo y en cámara frigorífica. La temperatura del suelo, a 10 cm de profundidad, promedio de las mediciones realizadas a las 9, 15 y 21 hs diarias, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 2. Temperaturas medias, máximas y mínimas de los suelos utilizados para los ensayos.

	Semana	Fecha	T° Media	T° Min	T° Max
Cosecha 1	1	24/05/2011	9,97	7,1	12
	2	31/05/2011	9,32	6,6	11,4
	3	07/06/2011	9,47	6,3	12,3
	4	14/06/2011	7,25	4,8	9,1
	5	21/06/2011	6,3	2,1	8,8
	6	28/06/2011	4,28	1,9	6,6
	7	05/07/2011	5,66	1,9	9,9
Cosecha 2	8	12/07/2011	7,79	4,8	10,8
	9	19/07/2011	6,55	3,2	9,6
	10	26/07/2011	5,92	2,6	8,7
	11	02/08/2011	7,36	2,5	11,4
	12	09/08/2011	10,73	6,7	13,3
	13	16/08/2011	7,96	3,6	12,2
	14	23/08/2011	9,49	4,3	17,3
Cosecha 3	15	30/08/2011	9,69	6	12,1
	16	06/09/2011	11,39	6,5	16,2
	17	13/09/2011	14,21	9,1	17,2
	18	20/09/2011	14,35	10,2	22,8
	19	27/09/2011	17,87	12,9	22,1
	20	04/10/2011	17,18	11,1	21,8
	21	11/10/2011	16,9	12,3	20,9
Cosecha 4	22	18/10/2011	20,82	15,4	25,2

La **cámara frigorífica** utilizada para los distintos ensayos pertenece a la Cátedra de Bromatología, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo. La misma se mantuvo, durante el ensayo, a una temperatura de  $1^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Con respecto a la humedad relativa, esta fue de  $86\% \pm 6\%$ . Los tubérculos almacenados en la cámara frigorífica, estaban colocados dentro de bolsas de polietileno, con perforaciones, que permitieron que la atmósfera dentro de las mismas sea similar a la de la cámara.

#### **b. Variables evaluadas**

Las variables respuesta que se pusieron a prueba fueron las siguientes:

### I. Materia seca

Al momento de cada cosecha se llevaron tres muestras (3 repeticiones), de 1 kilogramo de cada variedad de topinambur a estufa (65°C), hasta peso constante. Por diferencia de peso se determinó el contenido de materia seca de los tubérculos (fotografía 10, 11 y 12).

### II. Contenido de sólidos solubles

Para esta medición se utilizó un refractómetro de mano (ATAGO, Brix 0-32 %). Se cortó, con cuchillo, una pequeña porción y se la colocó en un prensa ajos (envuelta en muselina) para obtener el líquido necesario para la determinación. El jugo a analizar se depositó sobre el prisma, se cerró la tapa y el instrumento se dirigió hacia la luz. A través de la lectura directa en la escala del refractómetro, se determinó el porcentaje de sólidos solubles. El equipo se calibró de tal manera que indicaba 0 % cuando se realizaba la medición con agua destilada y era perfectamente higienizado (con agua destilada y secado con papel absorbente) entre cada determinación (fotografías 7 y 8).

### III. Firmeza de tubérculos

Para las determinaciones de firmeza se utilizó un penetrómetro con una cuchilla de corte para medir firmeza en hortalizas (fotografía 9). Sobre una muestra de material se ejerció presión con el penetrómetro, y por lectura directa sobre el equipo se determinó la resistencia a la penetración (en kg o lbs) que presenta el tubérculo. La medición es destructiva por lo que el material, luego de utilizado, se descartó.

### IV. Color de la piel y pulpa

El color de piel y de pulpa se determinó con un colorímetro Kodak Minolta CR-400. (fotografías 5 y 6). Con el equipo en mano se disparó un haz de luz, sobre el material cuyo color se deseaba determinar, y se leyó en la pantalla digital las coordenadas de color. Éstas, se combinaron en la fórmula del índice de color (IC) y dichos valores fueron sometidos a análisis estadístico.

### V. Presencia de brotes y desarrollo de hongos (*Penicillium*)

Se determinó, en forma visual, la presencia de brotes en los tubérculos al momento de cosecha y en las distintas fechas de medición (fotografía 13). Lo mismo se hizo con los

tubérculos que desarrollaron hongos (*Penicillium*) durante la conservación en cámara frigorífica (fotografía 15). En ambos casos se determinó el porcentaje de ocurrencia.

#### VI. Evolución del peso fresco

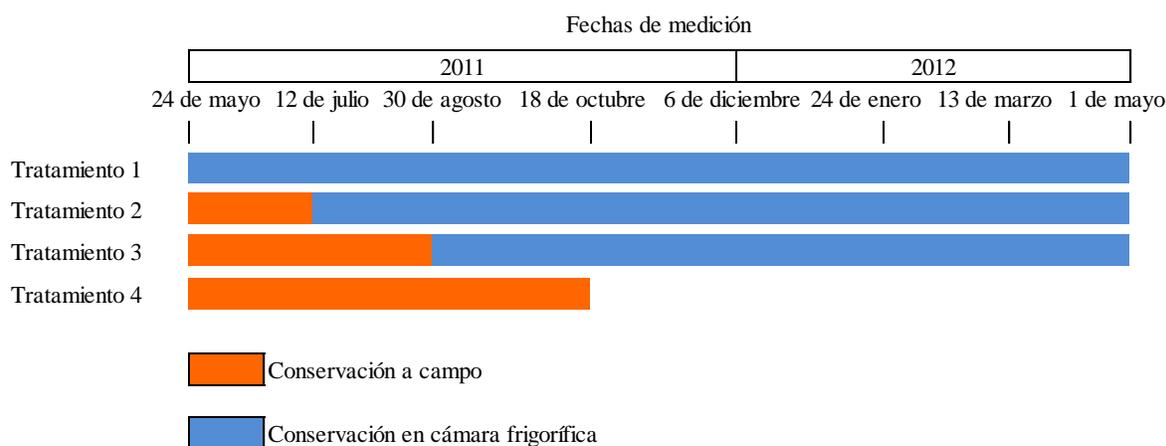
Para cada tratamiento se colocó en cámara frigorífica tres kilos de cada una de las variedades, en bolsas de 1 kilo (3 repeticiones). Las bolsas se pesaron, en balanza de precisión, al inicio y al final del período de conservación. La diferencia de peso indicó cual fue la evolución del peso fresco.

##### **c. Diseño experimental**

El **diseño experimental del ensayo** consistió en combinar tiempos de conservación a campo y en cámara frigorífica. Se confeccionaron cuatro tratamientos, todos se iniciaron el 24 de mayo de 2011 (luego de registrarse la primera helada en la zona de cultivo) y finalizaron el 1 de mayo de 2012 (fecha aproximada en que ocurre la primera helada en la zona, permitiendo recolectar nuevamente material a campo). Cada tratamiento tuvo una fecha de cosecha diferente (distanciadas cada 49 días) lo que permitió comparar tiempos y métodos de conservación (figura 2). Una vez cosechados los tubérculos, se los llevó a cámara (bajo condiciones controladas de temperatura y humedad) y se realizaron las mediciones para determinar las variables respuesta, cada 49 días.

En el caso del tratamiento 4, los tubérculos se encontraban brotados al momento de cosecha, indicando que ya se había superado la fecha posible de almacenamiento a campo, en las condiciones climáticas presentes en Mendoza. Debido a esto, sólo se utilizaron para determinar las variables respuesta en dicho momento, y no se conservó este material en cámara frigorífica.

Figura N°2. Esquema de los tratamientos



#### d. Análisis estadístico

En todos casos, los datos obtenidos de los ensayos experimentales fueron sometidos a análisis de varianza y al método de comparación de medias de Tukey. Se comprobó normalidad a través de la prueba de Shapiro Wilks y homocedasticidad a través de Levene. Cuando las variables analizadas presentan interacción ( $p > 0,05$ ) la prueba de Tukey debe hacerse particionada.

El software estadístico utilizado fue InfoStat. Los resultados se presentan como valores medios  $\pm$  desviación estándar.

### 11. Resultados esperados

Evaluación de los efectos de la fecha de cosecha y la variedad de los tubérculos sobre las variables de calidad medidas.

Caracterización de la evolución de cada uno de los tratamientos conservados en cámara frigorífica.

Identificación de los efectos generados por el tiempo y lugar de conservación sobre la calidad de los tubérculos.

## 12. Estructura general de la tesis

A esta introducción le siguen 3 capítulos de desarrollo. El capítulo II aborda los efectos de la fecha de cosecha y la variedad sobre las diferentes variables de calidad; en el capítulo III se discute la evolución de cada tratamiento conservado en la cámara frigorífica; mientras que en el capítulo IV se presenta el efecto de las condiciones (lugar) y tiempo de conservación sobre la calidad de los tubérculos.

A modo de cierre, en el capítulo final se abordan las conclusiones generales de este trabajo. Además, se adjuntan, en el Anexo I, fotografías de las distintas etapas de los ensayos realizados y el Anexo II con las actividades de divulgación realizadas.

## 13. Bibliografía

- Barloy, J. 1984. Etudes sur les bases genetiques, agronomiques et physiologiques de la cultura de topinambour (*Helianthus tuberosus* L.). Laboratoire d'Agronomie, INRA, p. 41.
- Buitrago, G.; López, A.; Coronado, A.; Osorno, F. 2003. Determinación de las características físicas y propiedades mecánicas de papa cultivada en Colombia. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, V.8, n 1, p. 102 – 110. Disponible en <http://www.agriambi.com.br> (consultado marzo 2014).
- Carvalho, S.; Toledo, I.; Araújo, F.; Pereira G. 2004. Fructanos en raíces tuberosas de yacón (*Smallanthus Sonchifolius* Poep. & Endl.) expuestas al sol y almacenadas bajo condiciones ambientales. Agro-Ciencia 20 (1), p. 17 – 23.
- Chiesa, A. 2010. Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. Horticultura Argentina 29(68): 28-32
- Danilcenko, H.; Jariene, E.; Aleknaviciene, P.; Gajewski, M. 2008. Quality of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers in relation to storage conditions. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 36 (2), p: 23 – 27. Disponible en [www.notulaeobotanicae.ro](http://www.notulaeobotanicae.ro) (octubre 2013).
- Denoroy, P. 1996. The crop physiology of *Helianthus tuberosus* L.: A model orientation view. Biomass and bioenergy, 11 (1), p. 11 – 32.
- Duke, J. 1983. *Helianthus tuberosus* L. Handbook of energy crops. En: [http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke.energy/Helianthus\\_tuberosus.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke.energy/Helianthus_tuberosus.html) (consultado junio 2012).

- Eguia, E. 2014. Topinambur, una especie con grandes cualidades como alimento funcional. Universidad Fasta. Argentina.  
[http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/678/2014\\_N\\_009.pdf?sequence=1](http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/678/2014_N_009.pdf?sequence=1) (consultado enero 2015).
- Gallard, C. 1985. Contribution a l'étude de la tuberisation chez le topinambour (*Helianthus tuberosus* L.), en Memoire de D.E.A. Sciences Agronomiques, Universite Rennes I, p. 107.
- Giménez, A. 2009. Determinación de color. Trabajo inédito, apunte de clase de la Tecnicatura Universitaria en Enología y Viticultura. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.
- Hogetsu, K.; Oshima, Y.; Midorikawa, B.; Tezuka, K.; Sakamoto, M.; Mototani, I.; Kimura I. 1960. Growth analytical studies on the artificial communities of *Helianthus tuberosus* with different densities. Japanese Journal of Botany, vol 17 (2), p. 278 – 305.
- Ibarguren, L.; Reborá, C. 2013. El cultivo de Topinambur: generalidades sobre su ecofisiología y manejo. Horticultura Argentina 32 (77), p. 35 – 41.
- Inostroza, J.; Méndez, P. 2009. Manual de papa para La Araucanía: Manejo de cultivo, enfermedades y almacenamiento. Cap. 5 Almacenaje de papa, p: 87 – 106. En <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36493.pdf> (consultado septiembre 2014).
- Kays, S. 1984. Jerusalem Artichoke. The University of Georgia, Department of Horticulture. Athens, Georgia. En <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/077jerusalem.pdf> (consultado abril 2012).
- Kays, S.; Nottingham, S. 2008. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke *Helianthus tuberosus* L. Ed. CRC Press, p. 269 – 344 / 383 – 400.
- Klug Andersen, S. 1992. Jerusalem artichoke: a vegetable crop growth regulations and cultivars. Acta Horticulturae 318, p.145 – 152.
- Kosaric, N.; Consentino, G.; Wiczorek, A. 1984. The Jerusalem artichoke as an agricultural crop. Biomass 5, p. 1 – 36.
- López Camelo, A. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Boletín de servicios agrícolas de la FAO N° 151; p. 49 – 80 / 95 – 115.
- Losavio, N., Lamascese, N.; Vonella, A. 1997. Water requirements and nitrogen fertilization in Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) grown under Mediterranean conditions. Acta Horticulturae 449, 1. p. 205 – 209.

- Meijer, W.; Mathijssen, E. 1992. Experimental and simulated production of inulin by chicory and Jerusalem artichoke. *Industrial Crops and Products*. 1 (2-4). p. 175 – 183.
- Mohesenin, N. 1970. *Physical properties of plant and animal materials*. New York: Gordon and Breach Science Publisher. p. 587 – 593
- Moshfegh, A.; Friday, J.; Goldman, J.; Chug Ahuja, K. 1999. Presence of Inulin and Oligofructosa in the Diets of Americans. *The Journal of Nutrition*, American Society for Nutrition, vol 129, p. 1407s – 1411s.
- Parameswaran, M. 1999. Urban wastewater use in plant biomass production. *Resources, Conservation and Recycling*, 27: 39-56.
- Piñeros Niño, C. 2009. Recopilación de la investigación del sistema productivo para papa criolla. <http://www.fedepapa.com/wp-content/uploads/pdf/RECOPIACION-INVESTIGACION-CRIOLLA.pdf> (consultado julio 2014).
- Ragab, M.; Okasha, A.; Eloksh, I.; Ibrahim, M. 2003. Effect of cultivar and location on yield, tuber quality, and storability of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) I. Growth, yield, and tuber characteristics. *Acta Horticulturae*. 620, p. 103 – 111.
- Rebora, C. 2008. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.): usos, cultivos y potencialidad en la región de cuyo. *Horticultura Argentina* 27 (63), p. 30 – 37.
- Richmond, F.; Mendez, C.; Umaña, G. 2010. Cambio en las características de calidad de 12 híbridos comerciales de zanahoria durante el almacenamiento. *Agronomía Costarricense* 35 (1), p. 163-174. ISSN: 0377-9424
- Roberfroid, M. 2007. Inulin Type Fructans: Functional Food Ingredients. *The Journal of Nutrition*, American Society for Nutrition 137:2493S-2502S. <http://jn.nutrition.org/content/137/11/2493S.full?related-urls=yes&legid=nutrition;137/11/2493S> (consultado septiembre 2014)
- Saengthongpinit, W.; Sajjaanantakul, T. 2005. Influence of harvest time and storage temperatura on characteristic of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *Postharvest Biology and Technology* 37, p. 93 – 100.
- Scollo, D.; Ugarte, M.; Vicente, F.; Giraudo, M.; Sanchez Tuero, H.; Mora, V. 2011. El potencial del topinambur en la salud y la nutrición. Universidad Nacional de Lanus. Argentina. <http://www.scielo.org.ar/pdf/diaeta/v29n137/v29n137a01.pdf> (consultado marzo 2014).
- Thompson, J.; Mitchell, F.; Rumsey, T.; Kasmire, R.; Crisosto, C. 1998. *Commercial Cooling of Fruits, Vegetables, and Flowers*. University of California, Davis. DANR Publication 21567, p. 61.

Vignoni, L. 2004. Evaluación sensorial. Material didáctico para alumnos de posgrado. *Diaeta Buenos Aires*. 29 (137), p. 7 – 13.

**Capítulo II EFECTO DE LA FECHA DE COSECHA Y LA VARIEDAD SOBRE  
LAS DIFERENTES VARIABLES DE CALIDAD**

## 1. Introducción

El período de cosecha de tubérculos de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) se extiende, en Mendoza, Argentina, desde la primera helada, que generalmente ocurre a principios del mes de mayo, hasta comienzos de la primavera, momento en el que el aumento de las temperaturas produce el brotado de los tubérculos a campo. Durante estos meses podrían conservarse in situ, permitiendo ahorrar los costos de la cámara frigorífica. Si bien, este tipo de conservación es simple y no requiere de equipamiento o maquinarias sofisticadas, los tubérculos pueden sufrir alteraciones importantes que afectan su comercialización (Danilcenko *et al.*, 2008). Este autor señala que los tubérculos almacenados a campo, durante el período invernal, con un máximo de 4 meses, se mantienen firmes y crujientes, sin presentar signos de deterioro ni brotado.

La temperatura es el factor ambiental que tiene mayor influencia sobre la tasa de deterioro en los productos cosechados. Por cada aumento en 10°C por encima del óptimo, la tasa de deterioro aumenta 2 a 3 veces. La respiración es el proceso mediante el cual reservas orgánicas (carbohidratos, proteínas y grasas) son degradadas a productos finales simples con una liberación de energía. La tasa de deterioro (percebilidad) de productos cosechados es generalmente proporcional a la tasa respiratoria (Saengthongpinit y Sajjaanantakul, 2005).

Según varios autores citados por Bach (Cabezas, Rabert, Bravo, Shene, 2002; Kocsis *et al.*, 2007; Slimestad, Seljaasen, Meijer, Skar, 2010), el contenido de materia seca y azúcares en topinambur varían según la fecha de cosecha, variedad y conservación poscosecha (Bach, 2012). Este autor, y colaboradores, realizaron ensayos con 3 variedades de topinambur: Rema (variedad temprana), Mari (variedad de ciclo medio) y Draga (variedad tardía); y tres fechas de cosecha (30, 48 y 46 semanas desde la siembra). Ellos observaron variaciones en el contenido de materia seca y disminución del contenido de azúcares totales en las tres variedades ensayadas. Así, el contenido de materia seca varía entre 19,4 y 22,8 g/ cada 100 g de peso fresco, no presentado diferencias entre fechas de cosecha para las variedades de ciclo medio y largo (Mari y Draga), mientras que Rema presenta un menor contenido de materia seca en la cosecha 1 que en las 2 y 3. Esta última variedad es la que presenta el mayor contenido de materia seca de las tres, en todas las fechas de cosecha. Con respecto al contenido de azúcares, en la variedad Mari se mantienen constante; pero, las variedades

Draga y Rema presentaron aumentos en el contenido total de azúcares entre la primera y la segunda fecha de cosecha (Bach, 2012).

En el desarrollo de este capítulo de la tesis se abordarán las variaciones de ciertas características de calidad de los tubérculos de topinambur cuando se atrasa el momento de cosecha. Así, se tendrán en cuenta variables respuesta tales como: contenido de materia seca y sólidos solubles, firmeza de los tubérculos, índice de color de piel, índice de color de pulpa y brotación de los tubérculos.

El objetivo que se busca con estas mediciones es determinar cuál es el máximo tiempo posible que se puede demorar la cosecha de los tubérculos manteniendo su calidad como alimento, para dos variedades de topinambur.

## **2. Materiales y métodos**

### **a. Material utilizado**

El material utilizado en los ensayos fueron dos cultivares de topinambur, los cuales se diferencian por el color de la epidermis de sus tubérculos, en rojos y blancos (fotografía 2).

### **b. Variables evaluadas**

Las variables respuesta que se pusieron a prueba fueron: materia seca, sólidos solubles (fotografías 7 y 8), firmeza de los tubérculos (fotografía 9), color de piel y de pulpa (fotografías 5 y 6), y presencia de brotes (fotografía 13). La forma en que se determinaron estas variables, se explicaron en la introducción de esta tesis.

### **c. Diseño experimental**

El 24 de mayo de 2011, luego de que se registrara la primera helada en la finca San Antonio de la facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo ( $33^{\circ} 42' 20''$  S -  $69^{\circ} 04' 20''$  O), se realizó la primera cosecha de tubérculos de ambas variedades. Así, se iniciaron los 4 tratamientos que combinan diferente número de días de conservación a campo y en cámara frigorífica (figura 1). Las cosechas posteriores se efectuaron cada 49 días; cosecha 2: el 12 de julio de 2011, 49 días luego de la primer cosecha, cosecha 3: el 30 de agosto de 2011, 98 días después de la primer cosecha, y cosecha 4: el 18 de octubre

2011, 147 días posteriores a la cosecha 1. En esta última fecha, los tubérculos cosechados se encontraban brotados, motivo por el cual, se consideró que se había superado el tiempo de almacenamiento a campo, pero igualmente se utilizaron para las determinaciones de este capítulo. Las muestras de tubérculos recolectadas al azar, en cada una de las fechas mencionadas anteriormente, se llevaron al laboratorio de la planta de frío de la Facultad de Ciencias Agrarias, se lavaron con agua de red, a mano y con cepillo, para eliminar la tierra que pudieran tener (fotografía 3). Se secaron mediante circulación de aire frío en una bandeja perforada (fotografía 4), y posteriormente se realizó la valoración de las variables evaluadas.

#### **d. Análisis estadístico**

En todos casos, los datos obtenidos de los ensayos experimentales fueron sometidos a análisis de varianza y al método de comparación de medias de Tukey. Se comprobó normalidad a través de la prueba de Shapiro Wilks y homocedasticidad a través de Levene. Cuando las variables analizadas presentaron interacción ( $p > 0,05$ ) la prueba de Tukey se realizó particionada.

El software estadístico utilizado fue InfoStat. Los resultados se presentan como valores medios  $\pm$  desviación estándar. Para materia seca se trabajó con 3 repeticiones y para las restantes variables con 20 repeticiones.

### **3. Resultados y discusión**

#### **a. Materia seca**

No existe interacción entre variedad y fecha de cosecha para el contenido porcentual de materia seca ( $p = 0,1517$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas  $p = 0,1548$  con una media de 22,64 %. Por su parte, las fechas de cosecha presentan diferencias significativas ( $p = 0,0001$ ) entre sí, siendo la cuarta fecha la que se diferencia de las 3 anteriores, con un menor contenido de MS. Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 4. Contenido de materia seca (%), al momento de cosecha.

Fecha de cosecha			
1	2	3	4
24,50 ± 2,21 <b>a</b>	23,11 ± 0,86 <b>a</b>	22,99 ± 1,33 <b>a</b>	19,98 ± 0,72 <b>b</b>

*Medias con letras distintas indican diferencias significativas (p > 0,05).*

La materia seca en los tubérculos, independientemente de la variedad, disminuye a medida que se retrasa el momento de cosecha. La última fecha se diferencia significativamente de las tres anteriores, indicando una disminución del contenido de materia seca debido a la demora en la cosecha y la consecuente respiración que se genera. El contenido de materia seca en los tubérculos varió entre 24,50 y 19,98 g cada 100 g de peso fresco; estos valores son algo superiores respecto a lo enunciado por Bach (2012). En los ensayos realizados por dicho autor, al igual que aquí, la materia seca de los tubérculos disminuye a medida que se retrasa el momento de cosecha (independientemente de la/las variedades ensayadas). Esto podría deberse a que, los tubérculos conservados en el campo, activan su metabolismo y respiran las sustancias de reserva, disminuyendo así la materia seca. Esta también se ve afectada por la brotación, hecho ocurrido en los tubérculos de la cosecha 4.

Por otro lado, cabe recordar que el deterioro de los tubérculos está relacionado con las temperaturas a las que son expuestos. Los valores medios mensuales de temperatura del suelo, a 10 cm de profundidad, en la parcela experimental utilizada para los ensayos, fueron: entre la cosecha 1 y 2 fue de 7,46°C (max 12,3°C / min 1,9°C); entre las cosechas 2 y 3 fue de 7,97°C (max 17,3°C / min 2,5°C); y entre las cosechas 3 y 4 fue de 14,5°C (max 22,8 °C / min 6°C). Según lo citado en la introducción de este capítulo, la tasa respiratoria de los tubérculos almacenados aumenta a media que se eleva la temperatura. Por cada aumento en 10°C por encima del óptimo, la tasa de deterioro aumenta 2 a 3 veces.

#### **b. Sólidos solubles**

El contenido de sólidos solubles presenta interacción entre las variables fecha de cosecha y variedad de los tubérculos (p = 0,0286).

Tabla 5. Contenido de sólidos solubles (%) de cada variedad, al momento de cosecha.

Variedad	Fecha de cosecha			
	1	2	3	4
Blanca	18,45 ± 1,74 <b>b</b>	19,10 ± 1,64 <b>b</b>	17,81 ± 2,43 <b>b</b>	12,82 ± 2,22 <b>a</b>
Roja	16,83 ± 2,65 <b>b</b>	20,32 ± 2,24 <b>c</b>	18,54 ± 2,41 <b>bc</b>	13,47 ± 2,69 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 6. Contenido de sólidos solubles (%) de cada fecha, al momento de cosecha.

Variedad	Fecha de cosecha			
	1	2	3	4
Blanca	18,45 ± 1,74 <b>b</b>	19,10 ± 1,64 <b>a</b>	17,81 ± 2,43 <b>a</b>	12,82 ± 2,22 <b>a</b>
Roja	16,83 ± 2,65 <b>a</b>	20,32 ± 2,24 <b>a</b>	18,54 ± 2,41 <b>a</b>	13,47 ± 2,69 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Al analizar el contenido de sólidos solubles, para cada variedad, al momento de cosecha (tabla 5), se observa que, en la variedad blanca la fecha 4 se diferencia significativamente de las 3 anteriores, presentando su menor contenido de sólidos solubles; mientras que en la variedad roja, las fechas 1, 2 y 4 se diferencian significativamente entre si y la fecha 3 se diferencia significativamente solo con la fecha 4. En el caso de la variedad roja, el contenido de sólidos solubles es significativamente superior en la fecha de cosecha 2 e inferior en la fecha 4. Estas disminuciones en el contenido de sólidos solubles, en ambas variedades de tubérculos, en la fecha 4, podrían deberse al aumento de la temperatura de la parcela donde se encontraba el material, con el consecuente aumento de la tasa respiratoria y disminución del contenido de sólidos solubles. En el caso de la variedad roja, el aumento significativo, en el contenido de sólidos solubles, ocurrido entre las fechas 1 y 2, podría deberse a que, durante ese período, continuaban traslocándose sólidos hacia los tubérculos. Con respecto al contenido de sólidos solubles para cada fecha de cosecha (tabla 6), solo existen diferencias significativas entre variedades en la fecha de cosecha 1, las restantes fechas no presentan diferencias entre las variedades roja y blanca. Como puede observarse en dicha tabla, para la fecha de cosecha 1, la variedad blanca presenta un contenido mayor de sólidos solubles.

### c. Firmeza de los tubérculos (resistencia a la penetración)

Existe interacción significativa entre variables para la firmeza de los tubérculos ( $p = 0,0038$ ).

Tabla 7. Firmeza de los tubérculos (Kg), de cada variedad, al momento de cosecha.

Variedad	Fecha de cosecha			
	1	2	3	4
Blanca	$4,57 \pm 0,51$ <b>b</b>	$3,93 \pm 0,53$ <b>a</b>	$4,24 \pm 0,61$ <b>ab</b>	$4,22 \pm 0,61$ <b>ab</b>
Roja	$4,30 \pm 0,45$ <b>ab</b>	$4,29 \pm 0,49$ <b>ab</b>	$4,08 \pm 0,45$ <b>a</b>	$4,69 \pm 0,59$ <b>b</b>

*Medias con letras, en cada fila, distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 8. Firmeza de los tubérculos (Kg), de cada fecha, al momento de cosecha.

Variedad	Fecha de cosecha			
	1	2	3	4
Blanca	$4,57 \pm 0,51$ <b>a</b>	$3,93 \pm 0,53$ <b>a</b>	$4,24 \pm 0,61$ <b>a</b>	$4,22 \pm 0,61$ <b>a</b>
Roja	$4,30 \pm 0,45$ <b>a</b>	$4,29 \pm 0,49$ <b>b</b>	$4,08 \pm 0,45$ <b>a</b>	$4,69 \pm 0,59$ <b>b</b>

*Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

La firmeza de los tubérculos, para cada variedad al momento de cosecha (tabla 7), muestra que; en la variedad blanca se presentan diferencias significativas entre las fechas de cosecha 1 y 2, mientras que las fechas 3 y 4 no presenta diferencias entre sí, ni con las fechas 1 y 2. Mientras que, la variedad roja presenta diferencias significativas entre las fechas 3 y 4, presentando las fechas 1 y 2 valores intermedios.

Como se mencionó en la introducción de esta tesis, la firmeza está asociada a la turgencia del tubérculo. La resistencia a la penetración aumenta a medida que disminuye la turgencia y alcanza un valor máximo (biofluencia) a partir del cual la elasticidad del material afecta la medición. Analizando la firmeza de los tubérculos, para cada fecha de cosecha, se observa que las fechas 2 y 4 presentan diferencias entre variedades, no ocurriendo lo mismo en las fechas 1 y 3. Esto podría deberse a que en alguna de las variedades, en la fecha 2, los tubérculos todavía presentaban elasticidad debido a que continuaban acumulando sustancias, mientras que en la cuarta fecha de cosecha, la elasticidad podría deberse a la falta de turgencia generada por la deshidratación de los tubérculos.

#### d. Color de piel

No se detectó interacción entre variedad y fecha de cosecha para la variable índice de color de piel ( $p = 0,9346$ ). Las variedades de tubérculos rojas y blancas presentan diferencias significativas entre sí ( $p < 0,0001$ ); no existiendo diferencias dentro de cada variedad. Con respecto a las fechas de cosecha, estas no presentan diferencias significativas ( $p = 0,0557$ ).

Tabla 9. ICPiel de los tubérculos para cada variedad.

Variedad	ICPiel
Blanca	$4,72 \pm 1,61$ <b>a</b>
Roja	$15,61 \pm 6,63$ <b>b</b>

*Medias con letras distintas indican diferencias significativa entre variedades ( $p > 0,05$ ).*

La diferencia significativa, del color de piel, entre variedades se aprecia visualmente, además de estadísticamente (fotografía 2).

#### e. Color de pulpa

El índice de color de pulpa de los tubérculos no presenta interacción entre variedades y fechas de cosecha ( $p = 0,6152$ ). Las variedades presentan diferencias significativas ( $p = 0,0082$ ) al igual que las fechas de cosecha ( $p = 0,0246$ ).

Tabla 10. ICPulpa de los tubérculos para cada variedad.

Variedad	ICPulpa
Blanca	$-1,27 \pm 0,73$ <b>a</b>
Roja	$-0,95 \pm 0,70$ <b>b</b>

*Medias con letras distintas indican diferencias significativas entre variedades ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 11. ICPulpa de los tubérculos para cada fecha de cosecha.

Fecha de cosecha			
1	2	3	4
$-1,35 \pm 0,46$ <b>a</b>	$-1,21 \pm 0,59$ <b>ab</b>	$-0,87 \pm 0,75$ <b>ab</b>	$-1,01 \pm 1,05$ <b>b</b>

*Medias con letras distintas indican diferencias significativas entre fechas de cosecha ( $p > 0,05$ ).*

El índice de color de pulpa es significativamente diferente para las variedades blanca y roja, presentando esta última un valor más alto y un menor rango de dispersión (tabla 10).

Por su parte, las fechas de cosecha presentan diferencias significativas entre la 1 y la 4. Al analizar las coordenadas del ICPulpa, se observa que el valor que presenta cambios es el L, indicando variaciones claro/oscuras de la pulpa de los tubérculos. Estas, pueden estar indicando cambios en la composición de la misma; aunque cabe mencionar que no eran percibidas visualmente.

#### **f. Presencia de brotes**

Con respecto a la presencia de brotes al momento de cosecha, se puede decir que las tres primeras fechas no los presentaban en ninguna variedad, mientras que la cuarta los presentó en ambas. Esto indica que prolongar la cosecha de los tubérculos hasta dicha fecha deteriora el producto y lo vuelve no comercializable (fotografía 13).

#### **4. Conclusiones**

Al evaluar la calidad de los tubérculos de dos variedades de topinambur, en cuatro fechas de cosecha, desde el comienzo del período adecuado para la misma, se concluye lo siguiente:

Independientemente de la variedad de tubérculos de que se trate (rojos o blancos), la materia seca disminuye cuando se retrasa el momento de cosecha; presentando diferencias significativas en la última fecha de cosecha ensayada (18 de octubre de 2011); esto podría deberse a la demora en la cosecha y la consecuente respiración que se genera. Esta última se vio favorecida por los incrementos de temperatura en la parcela experimental utilizada para los ensayos, a medida que se avanzaban las fechas de cosecha.

Con respecto al contenido de sólidos solubles en los tubérculos, al observar cómo evolucionan las variedades, se aprecia que; en el caso de la blanca, la fecha 4 se diferencia significativamente de las 3 anteriores, presentando su menor contenido de sólidos solubles en dicha fecha; mientras que en los tubérculos de piel roja el contenido de sólidos solubles es significativamente superior en la fecha de cosecha 2 e inferior en la fecha 4. Estas disminuciones en el contenido de sólidos solubles, en ambas variedades, podrían deberse al aumento de la tasa respiratoria, generada por las mayores temperaturas presentes en la parcela experimental a medida que se retrasa la fecha de cosecha. Al observar lo ocurrido

con el contenido de sólidos solubles para cada fecha de cosecha, puede decirse que solo existen diferencias significativas entre variedades en la fecha de cosecha 1, siendo la variedad blanca la que presenta mayor contenido de sólidos solubles.

La firmeza, para cada variedad al momento de cosecha, muestra que; en la variedad blanca se presentan diferencias significativas entre las fechas de cosecha 1 y 2; mientras que, la variedad roja presenta diferencias significativas entre las fechas 3 y 4. Analizando la firmeza de los tubérculos, para cada fecha de cosecha, se observa que las fechas 2 y 4 presentan diferencias entre variedades, no ocurriendo lo mismo en las fechas 1 y 3. Esto podría deberse, en la fecha 2 a que los tubérculos todavía presentaban elasticidad debido a que continuaban acumulando sustancias, mientras que en la cuarta fecha de cosecha, la elasticidad podría deberse a la falta de turgencia generada por la deshidratación de los tubérculos.

En el análisis del índice de color de piel (ICPiel) no se detectó interacción entre variedad y fecha de cosecha. Las variedades de tubérculos rojas y blancas presentan diferencias significativas entre sí; no existiendo diferencias dentro de cada variedad. Con respecto a las fechas de cosecha, estas no presentan diferencias significativas. La diferencia significativa entre variedades, además de estadísticamente, se aprecia a simple vista.

Por su parte, en el índice de color de pulpa (ICPulpa) no existe interacción entre las variables evaluadas. Las variedades presentan diferencias significativas, siendo los tubérculos rojos los que poseen el valor más bajo de ICPulpa. Mientras que, las fechas de cosecha, también presentan diferencias significativas entre la 1 y la 4. La variación en el color de la pulpa puede estar indicando alteraciones en el material; aunque cabe mencionar que no eran percibidas visualmente.

La presencia de brotes en los tubérculos, de ambas variedades, se observó en la cuarta fecha de cosecha, indicando que postergar la cosecha hasta dicho momento hace que estos pierdan la calidad comercial.

A partir de las mediciones realizadas, se puede concluir que el período adecuado para obtener tubérculos con las mejores características de calidad, se extiende hasta la tercera fecha de cosecha (30 de agosto, 98 días luego de la cosecha 1), en la zona en estudio. Esta fecha sería la más indicada para realizar la cosecha, debido a que permite obtener tubérculos de buena calidad. Esto coincide con lo enunciado por Danilcenko, quien señala

que los tubérculos almacenados a campo, durante el período invernal, con un máximo de 4 meses, se mantienen firmes y crujientes, sin presentar signos de deterioro ni brotado. La disminución de calidad que ocurre posteriormente se hace más importante a medida que transcurre el tiempo, y esto se debe al aumento de la temperatura ambiental y del suelo; que genera un aumento de la tasa respiratoria.

## **5. Bibliografía**

- Bach, V.; Kidmose, U.; Kjeldsen Bjorn, G.; Edelenbos, M. 2012. Effects of harvest time and variety on sensory quality and chemical composition of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) tubers. *Food Chemistry* 133, p. 82-89.
- Danilcenko, H.; Jariene, E.; Aleknaviciene, P.; Gajewski, M. 2008. Quality of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers in relation to storage conditions. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj.* 36 (2), p: 23 – 27. En [www.notulaebotanicae.ro](http://www.notulaebotanicae.ro) (consultado octubre 2013).
- Saengthongpinit, W.; Sajjaanantakul, T. 2005. Influence of harvest time and storage temperatura on characteristic of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *Postharvest Biology and Technology* 37, p. 93 – 100.

**Capítulo III EVOLUCIÓN DE LOS TUBÉRCULOS CONSERVADOS EN  
CÁMARA FRIGORÍFICA**

## 1. Introducción

El almacenamiento en cámara frigorífica permite alargar el período de tiempo durante el cual un alimento está disponible para el mercado y/o industria. Esto es importante en aquellos casos en que se desea consumir o utilizar el producto una vez que pasó su época de cosecha (Barloy, 1988).

Durante el almacenamiento en cámara, el topinambur debe mantenerse a una temperatura entre 0°C y 2°C con una humedad relativa de 90 a 95 %. No obstante, solo se los puede conservar por algunos meses, ya que se producen pérdidas por desecación, brotado, congelamiento y degradación de la inulina, entre otros (Danilcenko, 2008; Kays, 1984). Existe muy poca información respecto a las condiciones de atmósfera controlada en las cámaras refrigeradas; Denny (1944), postula que el almacenamiento de los tubérculos de topinambur con 22,5 % de CO<sub>2</sub> + 20 % de O<sub>2</sub>, retardan significativamente la degradación de la inulina. Algunos cultivares son más susceptibles a pérdidas durante la conservación poscosecha, pero no existe información sobre cómo influyen las condiciones de almacenaje en la variación de la calidad (Kays y Nottingham; 2008). Las pérdidas se deben principalmente a dos factores, uno de ellos es la falta de una capa corchosa en la epidermis de los tubérculos, como la que posee la papa (*Solanum tuberosum*); y la otra es la delgadez de la misma, que se rompe fácilmente y causa pérdidas de agua (deshidratación). Estos son los principales motivos por los que se demanda el desarrollo de alguna tecnología que permita la conservación de topinambur sin pérdidas de calidad (Modler *et al.*, 1993).

Además de la degradación o cambios en las variables de calidad, los tubérculos sufren alteraciones importantes en su composición química durante el almacenaje. La inulina está formada por cadenas de fructosa de distintas longitudes que se despolimerizan durante el almacenamiento (Schorr Galindo y Guiraud, 1997; Rubel, 2011). El tiempo y la temperatura de almacenamiento de los tubérculos condicionan el grado de polimerización de los fructanos. A bajas temperaturas de conservación de los tubérculos, se reduce la actividad de las enzimas que producen hidrólisis de la inulina (Saengthongpinit y Sajjaanantakul, 2005). Los tubérculos almacenados durante 16 meses a 5°C, no presentaban polisacáridos de más de 10 unidades, pero si acumularon una gran cantidad de aquellos con entre 1 a 4 unidades (Modler, 1993). Esta despolimerización podría modificar las

cualidades gustativas e industriales de los tubérculos, lo que hace muy importante conocer los efectos de la evolución del material refrigerado.

Las papas (*Solanum tuberosum*) están clasificadas como moderadas con respecto a la tasa de respiración a los 5°C, generando entre 10 y 20 mg de CO<sub>2</sub> por kilo de producto por hora (Kader, 1992). Si bien los tubérculos, de topinambur, tienen una baja tasa respiratoria cuando se los mantiene a bajas temperaturas, existe una lenta pero progresiva pérdida de materia seca debido a la respiración. Al mismo tiempo, los tubérculos producen calor vital (o de la respiración), que debe ser removido rápidamente si se quiere mantener la temperatura en los niveles deseados (Kays y Nottingham, 2008).

Tabla 3. Tasa respiratoria, calor vital y contenido de materia seca de los tubérculos de topinambur.

	Temperatura (°C)			
	0	5	10	20
Tasa respiratoria (mg CO <sub>2</sub> ·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	10,2	12,3	19,4	49,5
Calor vital (J·kg <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	111	134	211	537
Pérdida de materia seca (g·100 kg <sup>-1</sup> ·dia <sup>-1</sup> )	16,2	20,1	31,7	80,1

Kays y Nottingham, 2008.

Por su parte, Sotomayor y Méndez, 2009, sostienen que las papas (*Solanum tuberosum*) convierten los carbohidratos en calor, agua y CO<sub>2</sub>. El proceso depende del estado de madurez (consistencia) de los tubérculos y de la temperatura. En contraposición a lo expuesto por Kays y Nottingham (2008), Sotomayor y Méndez postulan que al comienzo del período de almacenaje, la velocidad de respiración de los tubérculos inmaduros es considerablemente alta. Temperaturas cercanas al punto de congelación aumentan la velocidad de respiración, provocando problemas de oxidación, oscurecimiento interno del tubérculo y corazón negro. Temperaturas altas, igualmente aumentan la tasa de respiración y provocan necrosis interna del tubérculo. La brotación y las lesiones de los tubérculos causan un marcado aumento en la tasa de respiración.

Además de la temperatura, la concentración de oxígeno es otro factor que debe tenerse en cuenta en la conservación de los tubérculos de papa. En presencia de oxígeno se produce una respiración aeróbica, pero si éste falta, la respiración se torna anaeróbica con formación de alcoholes, fermentación, y como consecuencia, los tubérculos se pudren. Por ello, las

bodegas de almacenamiento deben contar con una aireación conveniente que mantenga una tasa normal de oxígeno en el aire. El CO<sub>2</sub> actúa como retardador de la respiración, tanto aeróbica como anaeróbica. Sin embargo, acumulaciones muy altas de CO<sub>2</sub> desplazan el O<sub>2</sub> formando un ambiente que favorece la fermentación y con ello la pudrición de los tubérculos. Se ha determinado que la concentración de CO<sub>2</sub> no debe sobrepasar el 4 % (Inostroza y Méndez, 2009).

En el desarrollo de este capítulo de la tesis se analizará la evolución, de las variables de calidad medidas, en los tubérculos de topinambur conservados en cámara frigorífica. Las variables respuesta son: contenido de materia seca y de sólidos solubles, firmeza de los tubérculos, índice de color de piel y pulpa, brotación y desarrollo de hongos (*Penicillium*).

## **2. Materiales y métodos**

Con el objetivo de observar el comportamiento de las diferentes variables de calidad de los tubérculos almacenados en cámara frigorífica, para cada una de las variedades y tratamientos ensayados, se realizaron las mediciones que se mencionan a continuación.

### **a. Material utilizado**

El material utilizado fueron dos cultivares de topinambur, que se diferencian por el color de su epidermis en rojos y blancos (fotografía 2).

### **b. Mediciones realizadas**

Todas las variables respuesta (materia seca, contenido de sólidos solubles, firmeza, color de piel y pulpa, presencia de brotes y desarrollo de *Penicillium*) se midieron como se explicó en la introducción de esta tesis. Además, en este capítulo se presentan los valores de la evolución del peso fresco de los tubérculos. En este caso, se llevaron a cámara frigorífica, al momento de cada cosecha, muestras de peso conocido que se volvieron a pesar al final del período de conservación; determinando así, la evolución del peso fresco de los tubérculos.

### **c. Diseño experimental**

El 24 de mayo de 2011, luego de que se registrara la primera helada en la finca San Antonio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo ( $33^{\circ} 42' 20''$  S -  $69^{\circ} 04' 20''$  O), se realizó la primera cosecha de tubérculos de ambas variedades. Así, se iniciaron los 4 tratamientos que combinan diferente número de días de conservación a campo y en cámara frigorífica (figura 1). El tratamiento 4, cuya cosecha se realizó en 18 de octubre 2011, presentaba los tubérculos brotados, motivo por el cual, se consideró que se había superado el tiempo de almacenamiento a campo y no fueron conservados en cámara frigorífica (fotografía 13). Por lo tanto no se midió la evolución en cámara del tratamiento 4, pero sí de los tratamientos 1, 2 y 3. Las muestras de tubérculos recolectadas, de cada tratamiento, se llevaron al laboratorio de la planta de frío de la Facultad de Ciencias Agrarias. Allí se lavaron a mano y con cepillo (fotografía 3) y se secaron mediante circulación de aire frío en una bandeja perforada y se colocaron en bolsas de polietileno cerradas pero con perforaciones (para permitir el intercambio con el ambiente de la cámara frigorífica). Posteriormente, se determinó como varió la calidad de los tubérculos almacenados en función del tiempo de conservación en la cámara frigorífica. Ésta se mantuvo, durante el ensayo, a una temperatura media de  $1^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de  $86\% \pm 6\%$ .

#### **I. Evolución del tratamiento 1: Tubérculos cosechados el 24 de mayo**

La fecha de cosecha del tratamiento 1 fue el 24 de mayo del 2011, momento en el que se recolectaron los tubérculos y se llevaron al laboratorio para iniciar las evaluaciones pertinentes. Se midieron las variables de calidad señaladas y se prepararon 7 bolsas de polietileno, que contenían tubérculos para las mediciones siguientes; las mismas se conservaron en cámara frigorífica. Las evaluaciones de evolución del material se realizaron consecutivamente cada 49 días (12/07/2011, 30/08/2011, 18/10/2011, 06/12/2011, 24/01/2012, 13/03/2012, 01/05/2012); totalizando 8 determinaciones. El número de repeticiones, en todos los casos, fue de 20, excepto en las mediciones de materia seca y evolución del peso fresco, cuyos casos el número de repeticiones fue de 3.

## II. Evolución del tratamiento 2: Tubérculos cosechados el 12 de julio

La cosecha del tratamiento 2 se realizó el 12 de julio del 2011, momento en el que se recolectaron los tubérculos y se llevaron al laboratorio para iniciar las evaluaciones pertinentes. Se midieron los parámetros de calidad señalados en el tratamiento anterior y se prepararon 6 bolsas de polietileno, que contenían los tubérculos. Estos se llevaron a cámara frigorífica y se conservaron para las próximas mediciones. Las mismas se realizaron consecutivamente cada 49 días (30/08/2011, 18/10/2011, 06/12/2011, 24/01/2012, 13/03/2012, 01/05/2012); totalizando 7 determinaciones. El número de repeticiones, en todos los casos, fue de 20, excepto en las mediciones de materia seca y evolución del peso fresco, cuyos casos el número de repeticiones fue de 3.

## III. Evolución del tratamiento 3: Tubérculos cosechados el 30 de agosto

Este tratamiento, cuya cosecha se realizó el 30 de agosto del 2011, consistió en recolectar los tubérculos y llevarlos al laboratorio para iniciar las evaluaciones pertinentes. Se midieron los parámetros de calidad señalados anteriormente y se prepararon 5 bolsas de polietileno, que contenían los tubérculos. Estos se llevaron a cámara frigorífica y se conservaron para las próximas mediciones. Las mismas se realizaron consecutivamente cada 49 días (18/10/2011, 06/12/2011, 24/01/2012, 13/03/2012, 01/05/2012); totalizando 6 determinaciones. La calidad de los tubérculos almacenados no fue buena (no se conservaron correctamente en la cámara); así, se pudieron realizar algunas mediciones y otras no. Esto hace que el número de repeticiones en algunas mediciones sea menor a 20. Para la determinación de materia seca y de evolución del peso fresco, el número de repeticiones fue de 3.

### **d. Análisis estadístico**

En todos casos, los datos obtenidos de los ensayos experimentales fueron sometidos a análisis de varianza y al método de comparación de medias de Tukey. Se comprobó normalidad a través de la prueba de Shapiro Wilks y homocedasticidad a través de Levene. Cuando las variables analizadas presentaron interacción ( $p > 0,05$ ) la prueba de Tukey se realizó particionada.

El software estadístico utilizado fue InfoStat. Los resultados se presentan como valores medios  $\pm$  desviación estándar.

### 3. Resultados y discusión

#### I. Evolución del tratamiento 1: Tubérculos cosechados el 24 de mayo

##### a) Materia Seca

No existe interacción entre las variables días de conservación en cámara frigorífica y variedades de tubérculos de topinambur, para el contenido porcentual de materia seca ( $p = 0,1868$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas ( $p = 0,1514$ ). Por su parte, los días de conservación en cámara frigorífica presentan diferencias significativas ( $p = 0,0001$ ).

Tabla 12. Evolución del contenido de materia seca (%) para la primera fecha de cosecha.

Días de conservación	
1	343
$24,50 \pm 1,07$ <b>a</b>	$38,47 \pm 4,02$ <b>b</b>

*Medias con una letra diferentes indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

El período de conservación en cámara frigorífica afecta significativamente el contenido de materia seca de los tubérculos; debido principalmente a la deshidratación de los mismos. No se observan diferencias entre las dos variedades de tubérculos de topinambur ensayadas. Esto ocurrió con el material almacenado en las condiciones de cámara mencionadas anteriormente (temperatura media de  $1^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ; humedad relativa media de  $86\% \pm 6\%$ ).

##### b) Contenido de sólidos solubles

El contenido de sólidos solubles de los tubérculos presenta interacción ( $p < 0,0001$ ) entre variedades y días de conservación.

Tabla 13. Contenido de sólidos solubles (%) en los tubérculos, para cada variedad.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	18,45 ± 1,74 <b>a</b>	16,83 ± 2,65 <b>a</b>
49	19,76 ± 1,65 <b>a</b>	19,87 ± 2,37 <b>b</b>
98	21,90 ± 1,60 <b>bc</b>	19,30 ± 1,75 <b>b</b>
147	23,47 ± 3,15 <b>cd</b>	20,14 ± 2,55 <b>b</b>
196	23,95 ± 2,25 <b>cd</b>	20,27 ± 2,90 <b>b</b>
245	24,71 ± 2,12 <b>d</b>	23,92 ± 2,31 <b>c</b>
294	24,87 ± 1,78 <b>d</b>	25,01 ± 2,12 <b>c</b>
343	25,03 ± 2,46 <b>d</b>	25,62 ± 2,10 <b>c</b>

Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabla 14. Contenido de sólidos solubles (%) en los tubérculos, por días de conservación.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	18,45 ± 1,74 <b>b</b>	16,83 ± 2,65 <b>a</b>
49	19,76 ± 1,65 <b>a</b>	19,87 ± 2,37 <b>a</b>
98	21,90 ± 1,60 <b>b</b>	19,30 ± 1,75 <b>a</b>
147	23,47 ± 3,15 <b>b</b>	20,14 ± 2,55 <b>a</b>
196	23,95 ± 2,25 <b>a</b>	20,27 ± 2,90 <b>a</b>
245	24,71 ± 2,12 <b>a</b>	23,92 ± 2,31 <b>a</b>
294	24,87 ± 1,78 <b>a</b>	25,01 ± 2,12 <b>b</b>
343	25,03 ± 2,46 <b>b</b>	25,62 ± 2,10 <b>a</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Cuando se analiza el contenido de sólidos solubles de los tubérculos, particionado por variedad, se observa que tanto los tubérculos rojos como los blancos presentan diferencias significativas. En ambas variedades aumenta el contenido de sólidos solubles a medida que avanza el tiempo de conservación en cámara. Esto podría deberse a la deshidratación de los tubérculos que hizo aumentar la concentración de sólidos solubles.

Por su parte, el contenido de sólidos soluble de los tubérculos, por días de conservación, no presenta diferencias significativas en los días 49, 196 y 245.

#### c) Firmeza de los tubérculos

La firmeza de los tubérculos presenta interacción ( $p = 0,0004$ ) entre variedades y días de conservación.

Tabla 15. Firmeza de los tubérculos (Kg) de cada variedad.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	4,57 ± 0,51 <b>a</b>	4,30 ± 0,45 <b>a</b>
49	4,26 ± 0,52 <b>a</b>	4,22 ± 0,73 <b>a</b>
98	4,21 ± 1,10 <b>a</b>	4,63 ± 0,70 <b>b</b>
147	4,69 ± 0,69 <b>ab</b>	4,56 ± 0,69 <b>b</b>
196	4,99 ± 0,48 <b>ab</b>	4,95 ± 0,57 <b>b</b>
245	6,09 ± 0,91 <b>b</b>	5,87 ± 1,12 <b>c</b>
294	5,87 ± 1,44 <b>b</b>	6,19 ± 1,26 <b>c</b>
343	4,98 ± 0,75 <b>ab</b>	5,18 ± 0,71 <b>c</b>

Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabla 16. Firmeza de los tubérculos (Kg), por días de conservación.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	4,57 ± 0,51 <b>a</b>	4,30 ± 0,45 <b>a</b>
49	4,26 ± 0,52 <b>a</b>	4,22 ± 0,73 <b>a</b>
98	4,21 ± 1,10 <b>a</b>	4,63 ± 0,70 <b>a</b>
147	4,69 ± 0,69 <b>a</b>	4,56 ± 0,69 <b>a</b>
196	4,99 ± 0,48 <b>a</b>	4,95 ± 0,57 <b>a</b>
245	6,09 ± 0,91 <b>a</b>	5,87 ± 1,12 <b>a</b>
294	5,87 ± 1,44 <b>a</b>	6,19 ± 1,26 <b>a</b>
343	4,98 ± 0,75 <b>a</b>	5,18 ± 0,71 <b>a</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

La firmeza de los tubérculos, para cada variedad, muestra que; en la variedad blanca se presentan diferencias significativas entre los días de conservación 0, 49 y 98 con los días 147, 196 y 343 y con los días 147 y 196. Mientras que, la variedad roja presenta diferencias significativas entre los días de conservación 0 y 49, con los días 98, 147 y 196 y con los días 245, 294 y 343.

Analizando la firmeza de los tubérculos, por días de conservación, no se observan diferencias entre variedades para ninguno de los días de conservación.

La firmeza está asociada a la turgencia del tubérculo. La resistencia a la penetración aumenta a medida que disminuye la turgencia, hasta que alcanza el valor de biofluencia a partir del cual la elasticidad del material afecta la medición. Se estima que esto es lo que

ocurre en ambas variedades a medida que avanzan los días de conservación. La elasticidad podría deberse a la falta de turgencia generada por la deshidratación de los tubérculos.

d) Índice de color de piel

Se detectó interacción entre variedad y días de conservación para la variable respuestas índice de color de piel ( $p = 0,0010$ ).

Tabla 17. ICPIel de los tubérculos, para cada variedad.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	3,66 ± 1,84 <b>a</b>	17,17 ± 7,65 <b>a</b>
49	5,38 ± 1,64 <b>bc</b>	18,40 ± 5,83 <b>a</b>
98	5,01 ± 1,20 <b>ab</b>	17,30 ± 6,46 <b>a</b>
147	5,42 ± 1,59 <b>bc</b>	17,65 ± 5,97 <b>a</b>
196	5,78 ± 1,35 <b>bcd</b>	17,51 ± 6,10 <b>a</b>
245	7,41 ± 1,60 <b>e</b>	16,41 ± 6,08 <b>a</b>
294	7,16 ± 2,06 <b>de</b>	17,03 ± 4,44 <b>a</b>
343	6,72 ± 1,28 <b>cde</b>	13,36 ± 3,66 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 18. ICPIel de los tubérculos, por días de conservación.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	3,66 ± 1,84 <b>a</b>	17,17 ± 7,65 <b>b</b>
49	5,38 ± 1,64 <b>a</b>	18,40 ± 5,83 <b>b</b>
98	5,01 ± 1,20 <b>a</b>	17,30 ± 6,46 <b>b</b>
147	5,42 ± 1,59 <b>a</b>	17,65 ± 5,97 <b>b</b>
196	5,78 ± 1,35 <b>a</b>	17,51 ± 6,10 <b>b</b>
245	7,41 ± 1,60 <b>a</b>	16,41 ± 6,08 <b>b</b>
294	7,16 ± 2,06 <b>a</b>	17,03 ± 4,44 <b>b</b>
343	6,72 ± 1,28 <b>a</b>	13,36 ± 3,66 <b>b</b>

*Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Los valores de índice de color de piel, por variedad, no presentan diferencias significativas, para la variedad roja, pero si para la blanca. Esto indica que en la variedad roja, no se observan cambios importantes en la coloración de la piel de los tubérculos, mientras que si ocurren en la blanca. En este último caso, en el que se observaron diferencias significativas,

se analizaron los componentes del índice de color, y se pudo determinar que el valor que presenta mayores cambios es el L, indicando variaciones claro/oscuras de la piel de los tubérculos.

Por su parte, el índice de color de piel, analizado por días de conservación, presenta diferencias significativas entre variedades para cada una de las fechas. La diferencia de color, entre las variedades de tubérculos, se evidencia también, en forma visual.

e) Índice de color de pulpa

El índice de color de pulpa de los tubérculos presenta interacción ( $p = 0,0001$ ) entre las variables días de conservación y variedades de tubérculos.

Tabla 19. ICPulpa de los tubérculos, para cada variedad.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	-1,40 ± 0,44 <b>ab</b>	-1,31 ± 0,49 <b>ab</b>
49	-1,75 ± 0,39 <b>a</b>	-1,10 ± 0,73 <b>ab</b>
98	-1,02 ± 0,49 <b>b</b>	-1,37 ± 0,49 <b>a</b>
147	-1,19 ± 0,48 <b>b</b>	-1,24 ± 0,43 <b>ab</b>
196	-0,94 ± 0,62 <b>b</b>	-1,42 ± 0,44 <b>a</b>
245	-1,10 ± 0,55 <b>b</b>	-1,02 ± 0,45 <b>ab</b>
294	-1,14 ± 0,46 <b>b</b>	-0,91 ± 0,66 <b>ab</b>
343	-1,29 ± 0,68 <b>ab</b>	-0,80 ± 0,69 <b>b</b>

*Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 20. ICPulpa de los tubérculos, por días de conservación.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	-1,40 ± 0,44 <b>a</b>	-1,31 ± 0,49 <b>a</b>
49	-1,75 ± 0,39 <b>a</b>	-1,10 ± 0,73 <b>b</b>
98	-1,02 ± 0,49 <b>b</b>	-1,37 ± 0,49 <b>a</b>
147	-1,19 ± 0,48 <b>a</b>	-1,24 ± 0,43 <b>a</b>
196	-0,94 ± 0,62 <b>b</b>	-1,42 ± 0,44 <b>a</b>
245	-1,10 ± 0,55 <b>a</b>	-1,02 ± 0,45 <b>a</b>
294	-1,14 ± 0,46 <b>a</b>	-0,91 ± 0,66 <b>a</b>
343	-1,29 ± 0,68 <b>a</b>	-0,80 ± 0,69 <b>b</b>

*Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Cambios en el color de la pulpa de los tubérculos pueden estar indicando modificaciones en la estructura o la composición química. Analizando los valores del índice de color de pulpa, particionado por variedad, se observa que estas presentan valores similares, sin mostrar tendencias en ninguna de las dos variedades ensayadas. Mientras que, la partición por días de conservación, muestra que a los 0, 147, 245 y 294 días de conservación no se presenta diferencias significativas entre variedades.

f) Presencia de brotes y desarrollo de hongos (*Penicillium*)

Los tubérculos del tratamiento 1, conservados en cámara frigorífica no presentaron brotes ni desarrollo de *Penicillium* hasta los 294 días de almacenaje. En ese momento se observaron el 20 % de los tubérculos blancos y el 45 % de los rojos con desarrollo de *Penicillium*, pero sin brotes. En la medición siguiente, a los 343 días desde el comienzo del tratamiento, se observaron un 20 % de tubérculos blancos y un 45 % de rojos con desarrollo de *Penicillium*; y un 40 % de tubérculos blancos y 70 % de rojos con brotes (fotografías 13 y 15).

g) Evolución del peso fresco

No existe interacción entre variedad y días de conservación para la variable peso fresco de los tubérculos ( $p = 0,0753$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas ( $p = 0,1155$ ). Por su parte, los días de conservación si presentan diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ). Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 21. Pérdida de peso (kg) producida por la conservación en cámara frigorífica.

Días de conservación	
1	343
1,06 ± 0,02 <b>a</b>	0,57 ± 0,07 <b>b</b>

*Medias con una letra distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Luego de 343 días de conservación en cámara frigorífica, disminuye significativamente el peso fresco de los tubérculos, no existiendo diferencias significativas entre variedades de tubérculos. Esto se dio en las condiciones de humedad y temperatura de la cámara frigorífica utilizada.

## II. Evolución del tratamiento 2: Tubérculos cosechados el 12 de julio

### a) Materia seca

No existe interacción entre variedad y días de conservación para el contenido porcentual de materia seca ( $p = 0,7797$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas  $p = 0,4513$ . Por su parte, los días de conservación si presentan diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ). Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 22. Evolución del contenido de materia seca (%) para la segunda fecha de cosecha.

Días de conservación	
1	294
23,11 ± 0,86 <b>a</b>	35,19 ± 2,17 <b>b</b>

*Medias con una letra distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

El período de conservación en cámara frigorífica afecta significativamente el contenido de materia seca de los tubérculos; lo que indica deshidratación de los mismos; no existiendo diferencias para las dos variedades de tubérculos de topinambur ensayadas. Esto ocurrió con el material almacenado en las condiciones descriptas de la cámara frigorífica.

### b) Contenido de sólidos solubles

Se detectó interacción entre variedad y días de conservación para la variable contenido de sólidos solubles ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 23. Contenido de sólidos solubles (%) en los tubérculos, para cada variedad.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	19,10 ± 1,64 <b>a</b>	18,32 ± 2,24 <b>a</b>
49	18,98 ± 2,63 <b>a</b>	19,10 ± 2,27 <b>b</b>
98	22,83 ± 2,19 <b>bc</b>	19,80 ± 1,27 <b>b</b>
147	23,11 ± 3,46 <b>ab</b>	19,26 ± 3,58 <b>b</b>
196	24,51 ± 1,82 <b>cd</b>	19,53 ± 1,51 <b>b</b>
245	26,28 ± 3,04 <b>d</b>	24,22 ± 2,10 <b>c</b>
294	27,27 ± 2,43 <b>d</b>	25,87 ± 1,16 <b>c</b>

*Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 24. Contenido de sólidos solubles (%) en los tubérculos, por días de conservación.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	19,10 ± 1,64 <b>a</b>	18,32 ± 2,24 <b>a</b>
49	18,98 ± 2,63 <b>a</b>	19,10 ± 2,27 <b>a</b>
98	22,83 ± 2,19 <b>b</b>	19,80 ± 1,27 <b>a</b>
147	23,11 ± 3,46 <b>b</b>	19,26 ± 3,58 <b>a</b>
196	24,51 ± 1,82 <b>b</b>	19,53 ± 1,51 <b>a</b>
245	26,28 ± 3,04 <b>b</b>	24,22 ± 2,10 <b>a</b>
294	27,27 ± 2,43 <b>a</b>	25,87 ± 1,16 <b>b</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Cuando se analiza el contenido de sólidos solubles en los tubérculos, para cada variedad, se observa que tanto los tubérculos rojos como los blancos presentan diferencias significativas. En ambas variedades aumenta el contenido de sólidos solubles a medida que avanza el tiempo de conservación en cámara. Esto podría deberse a la deshidratación de los tubérculos que hizo aumentar la concentración de sólidos solubles.

Por su parte, la partición por días de conservación, presenta diferencias significativas en los días 98, 147, 196, 245 y 294. Sólo el contenido de sólidos solubles en las dos primeras fechas de medición de evolución, no presenta diferencias entre variedades.

#### c) Firmeza de los tubérculos

Se detectó interacción entre variedad y días de conservación para la variable contenido de sólidos solubles ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 25. Firmeza de los tubérculos (Kg) de cada variedad.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	7,80 ± 2,06 <b>a</b>	9,28 ± 2,12 <b>a</b>
49	6,17 ± 2,02 <b>a</b>	6,26 ± 1,51 <b>a</b>
98	6,47 ± 1,83 <b>a</b>	8,93 ± 1,27 <b>a</b>
147	8,09 ± 2,01 <b>a</b>	7,87 ± 2,07 <b>a</b>
196	15,05 ± 4,55 <b>bc</b>	11,89 ± 4,22 <b>b</b>
245	18,68 ± 8,40 <b>c</b>	11,95 ± 13,27 <b>c</b>
294	13,60 ± 4,54 <b>b</b>	9,82 ± 2,57 <b>ab</b>

Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabla 26. Firmeza de los tubérculos (Kg) por días de conservación.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	7,80 ± 2,06 <b>a</b>	9,28 ± 2,12 <b>b</b>
49	6,17 ± 2,02 <b>a</b>	6,26 ± 1,51 <b>a</b>
98	6,47 ± 1,83 <b>a</b>	8,93 ± 1,27 <b>b</b>
147	8,09 ± 2,01 <b>a</b>	7,87 ± 2,07 <b>a</b>
196	15,05 ± 4,55 <b>b</b>	11,89 ± 4,22 <b>a</b>
245	18,68 ± 8,40 <b>a</b>	11,95 ± 13,27 <b>a</b>
294	13,60 ± 4,54 <b>b</b>	9,82 ± 2,57 <b>a</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

La evolución de la firmeza de los tubérculos, para cada variedad muestra que en ambas variedades, la firmeza no presenta diferencias significativas en las primeras fechas de medición, hasta el día de conservación 196, a partir del cual existen diferencias. Se estima que en este momento se alcanzó el valor de biofluencia, por el cual, las mediciones son inexactas.

Analizando la firmeza en función de los días de conservación, en los 49, 147 y 245 no existen diferencias significativas entre variedades, pero si al ingresar a cámara (día de conservación 0), a los 98, 196 y 294.

#### d) Índice de color de piel

Se detectó interacción entre variedad y días de conservación para la variable respuesta índice de color de piel ( $p = 0,0092$ ).

Tabla 27. ICPiel de los tubérculos, para cada variedad.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	4,47 ± 1,04 <b>a</b>	17,17 ± 7,09 <b>a</b>
49	5,02 ± 1,61 <b>a</b>	18,40 ± 8,52 <b>a</b>
98	5,76 ± 1,56 <b>ab</b>	17,30 ± 6,26 <b>a</b>
147	5,98 ± 1,59 <b>abc</b>	17,65 ± 3,35 <b>a</b>
196	6,59 ± 1,98 <b>bc</b>	13,51 ± 4,60 <b>a</b>
245	6,67 ± 1,66 <b>bc</b>	16,41 ± 4,38 <b>a</b>
294	7,33 ± 1,78 <b>c</b>	12,03 ± 6,43 <b>a</b>

Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabla 28. IC<sub>Piel</sub> de los tubérculos, por días de conservación.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	4,47 ± 1,04 <b>a</b>	17,17 ± 7,09 <b>b</b>
49	5,02 ± 1,61 <b>a</b>	18,40 ± 8,52 <b>b</b>
98	5,76 ± 1,56 <b>a</b>	17,30 ± 6,26 <b>b</b>
147	5,98 ± 1,59 <b>a</b>	17,65 ± 3,35 <b>b</b>
196	6,59 ± 1,98 <b>a</b>	13,51 ± 4,60 <b>b</b>
245	6,67 ± 1,66 <b>a</b>	16,41 ± 4,38 <b>b</b>
294	7,33 ± 1,78 <b>a</b>	12,03 ± 6,43 <b>b</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Los valores de índice de color de piel, por variedad, no presentan diferencias significativas, para la variedad roja, pero si para la blanca. Esto indica que en la variedad roja, no se observan cambios importantes en la coloración de la piel de los tubérculos, mientras que si ocurren en la blanca. En este último caso, en el que se observaron diferencias significativas, se analizaron los componentes del índice de color, y se pudo determinar que el que presenta mayor variación es el L, indicando cambios claro/oscuros en la piel de los tubérculos. El índice de color de piel y el rango de dispersión son mayores en la variedad roja.

Por su parte, el índice de color de piel, analizado por días de conservación, presenta diferencias significativas entre variedades para cada una de las fechas.

e) Índice de color de pulpa

Se detectó interacción entre variedad y días de conservación para la variable respuesta índice de color de pulpa ( $p = 0,0001$ ).

Tabla 29. IC<sub>Pulpa</sub> de los tubérculos, para cada variedad

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	-1,44 ± 0,60 <b>ab</b>	-0,99 ± 0,59 <b>a</b>
49	-1,95 ± 0,40 <b>a</b>	-0,88 ± 0,79 <b>ab</b>
98	-0,95 ± 0,59 <b>bc</b>	-1,06 ± 0,63 <b>a</b>
147	-1,28 ± 0,59 <b>bc</b>	-0,66 ± 0,65 <b>ab</b>
196	-1,07 ± 0,75 <b>bc</b>	-0,30 ± 0,48 <b>b</b>
245	-0,75 ± 0,72 <b>c</b>	-0,43 ± 0,86 <b>ab</b>
294	-0,76 ± 0,67 <b>c</b>	-0,95 ± 0,88 <b>ab</b>

Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabla 30. ICPulpa de los tubérculos, por días de conservación

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	-1,44 ± 0,60 <b>a</b>	-0,99 ± 0,59 <b>b</b>
49	-1,95 ± 0,40 <b>a</b>	-0,88 ± 0,79 <b>b</b>
98	-0,95 ± 0,59 <b>a</b>	-1,06 ± 0,63 <b>a</b>
147	-1,28 ± 0,59 <b>a</b>	-0,66 ± 0,65 <b>b</b>
196	-1,07 ± 0,75 <b>a</b>	-0,30 ± 0,48 <b>b</b>
245	-0,75 ± 0,72 <b>a</b>	-0,43 ± 0,86 <b>a</b>
294	-0,76 ± 0,67 <b>a</b>	-0,95 ± 0,88 <b>a</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativa ( $p > 0,05$ ).

Analizando los valores del índice de color de pulpa, particionado por variedad, se observa que estas presentan valores similares, sin mostrar tendencias en ninguna de las dos variedades ensayadas. Por su parte, la partición por días de conservación, muestra que a los días 98, 245 y 294 de conservación no se presenta diferencias significativas entre variedades.

Cambios en el color de la pulpa de los tubérculos pueden estar indicando modificaciones en la composición.

f) Presencia de brotes y desarrollo de hongos (*Penicillium*)

Los tubérculos del tratamiento 2, conservados en cámara frigorífica no presentaron brotes ni desarrollo de *Penicillium* hasta los 194 días de almacenaje. En ese momento se observaron el 10 % de los tubérculos rojos brotados. En la medición siguiente, a los 245 días desde iniciado el tratamiento, se observaron un 5 % de tubérculos blancos con presencia de *Penicillium*. En esa misma medición, el 50 % de tubérculos rojos presentaban brotes y el 36 % desarrollo de *Penicillium*. En la última fecha de medición de este tratamiento, a los 294 días de conservación en cámara, se observó que los tubérculos blancos presentaban brotes en el 18 % de los casos y desarrollo de *Penicillium* en el 50 %; mientras que los rojos, por su parte, presentaban 98 % de tubérculos brotados y 75 % con *Penicillium* (fotografías 13 y 15).

g) Evolución del peso fresco

No existe interacción entre variedad y días de conservación para la variable peso fresco de los tubérculos ( $p = 0,1515$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas ( $p = 0,0999$ ). Por su parte, los días de conservación si presentan diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ). Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 31. Evolución del contenido de materia seca (%) para la segunda fecha de cosecha.

Días de conservación	
1	294
$1,04 \pm 0,02$ <b>a</b>	$0,73 \pm 0,07$ <b>b</b>

*Medias con una letra diferentes indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Luego de 294 días de conservación en cámara frigorífica, disminuye significativamente el peso fresco de los tubérculos, no existiendo diferencias significativas entre variedades de tubérculos. Esto se dio en las condiciones de húmedas y temperatura de la cámara frigorífica utilizada.

III. Evolución del tratamiento 3: Tubérculos cosechados el 30 de agosto

a) Materia seca

No existe interacción entre variedad y días de conservación para el contenido porcentual de materia seca ( $p = 0,5015$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas;  $p = 0,2495$ . Por su parte, los días de conservación presentan diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ). Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 32. Evolución del contenido de materia seca (%) para la tercera fecha de cosecha.

Días de conservación	
1	245
$22,99 \pm 1,33$ <b>a</b>	$34,61 \pm 1,93$ <b>b</b>

*Medias con una letra diferentes indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

El período de conservación en cámara frigorífica afecta significativamente el contenido de materia seca de los tubérculos; indicando deshidratación de los mismos. No existiendo diferencias para las dos variedades de tubérculos de topinambur ensayadas. Esto ocurrió con el material almacenado en las condiciones de temperatura y humedad mencionadas anteriormente.

b) Contenido de sólidos solubles

Solo se pudo determinar en dos ocasiones, al comienzo del tratamiento (30/8/2011) y en la fecha siguiente (18/10/2011). La deshidratación no permitió extraer jugo para la medición en las fechas posteriores.

No se detectó interacción entre variedad y días de conservación para la variable contenido de sólidos solubles ( $p = 0,6202$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas ( $p = 0,0734$ ). Por su parte, los días de conservación presentan diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 33. Evolución del contenido de sólidos solubles (%) para la tercera fecha de cosecha.

Días de conservación	
1	49
18,17 ± 2,42 <b>a</b>	23,29 ± 2,50 <b>b</b>

*Medias con una letra distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

El mayor contenido sólidos solubles, de las dos mediciones realizadas, se obtuvo a los 49 días de conservación, esto podría deberse a la deshidratación de los tubérculos que hizo aumentar la concentración de sólidos.

c) Firmeza de los tubérculos

Las dos últimas mediciones (correspondientes al 13/3/12 y al 01/05/2012) se descartaron debido a que los tubérculos estaban tan deshidratados que la medición superaba los 12 kg (valor máximo que permite medir el penetrómetro). Por este mismo motivo, es que la medición realizada el 6/12/11 tiene un número de muestra menor.

No se detectó interacción entre variedad y días de conservación para la variable firmeza de los tubérculos ( $p = 0,6536$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas  $p =$

0,8022. Por su parte, los días de conservación si presentan diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 34. Evolución de la firmeza (kg) de los tubérculos para la tercera fecha de cosecha.

Días de conservación			
1	49	98	147
4,15 ± 3,31 <b>a</b>	4,50 ± 3,31 <b>a</b>	7,90 ± 4,69 <b>b</b>	10,03 ± 7,75 <b>c</b>

*Medias con una letra distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

La firmeza de los tubérculos presenta diferencias significativas a partir de la medición realizada a los 98 días de conservación de los tubérculos. El aumento de los valores de firmeza (kg) podría deberse a la deshidratación de los tubérculos.

d) Índice de color de piel

Se tienen en cuenta todas las mediciones menos la del 1/5/12 (245 días de conservación), debido a que los tubérculos presentaban un estado de descomposición avanzado (fotografía 15).

Se detectó interacción entre variedad y días de conservación para la variable índice de color de piel ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 35. ICPiel de los tubérculos, para cada variedad.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	4,75 ± 1,31 <b>a</b>	15,58 ± 7,17 <b>b</b>
49	6,20 ± 2,46 <b>ab</b>	18,01 ± 4,84 <b>b</b>
98	8,34 ± 1,58 <b>bc</b>	20,06 ± 7,16 <b>b</b>
147	9,65 ± 1,67 <b>cd</b>	16,09 ± 6,76 <b>b</b>
196	11,78 ± 4,79 <b>d</b>	8,31 ± 7,36 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, entre columnas, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 36. ICPiel de los tubérculos, por días de conservación.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	4,75 ± 1,31 <b>a</b>	15,58 ± 7,17 <b>b</b>
49	6,20 ± 2,46 <b>a</b>	18,01 ± 4,84 <b>b</b>
98	8,34 ± 1,58 <b>a</b>	20,06 ± 7,16 <b>b</b>
147	9,65 ± 1,67 <b>a</b>	16,09 ± 6,76 <b>b</b>
196	11,78 ± 4,79 <b>a</b>	8,31 ± 7,36 <b>b</b>

*Medias con letras distintas, entre filas, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Los valores de índice de color de piel, para cada variedad, presentan diferencias significativas, para las variedades roja y blanca. En el caso de los tubérculos rojos, la diferencia se presenta en la última medición, mientras que los blancos presentan diferencias en todas las mediciones.

Por su parte, el índice de color de piel, analizado por días de conservación, presenta diferencias significativas entre variedades para todas las fechas.

#### e) Índice de color de pulpa

Se tienen en cuenta todas las mediciones menos la del 1/5/12, debido a que los tubérculos estaban con avanzado estado de descomposición (fotografía 15).

Existe interacción entre variedad y días de conservación para la variable índice de color de pulpa ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 37. ICPulpa de los tubérculos, para cada variedad.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	-1,00 ± 0,73 <b>a</b>	-0,75 ± 0,77 <b>a</b>
49	-1,37 ± 0,60 <b>a</b>	-0,59 ± 1,08 <b>a</b>
98	0,35 ± 0,74 <b>b</b>	0,46 ± 1,93 <b>a</b>
147	1,09 ± 1,71 <b>b</b>	0,77 ± 1,36 <b>a</b>
196	0,31 ± 1,19 <b>b</b>	4,01 ± 5,37 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 38. ICPulpa de los tubérculos, por días de conservación.

Días de conservación	Variedad	
	Blanca	Roja
0	-1,00 ± 0,73 <b>a</b>	-0,75 ± 0,77 <b>a</b>
49	-1,37 ± 0,60 <b>a</b>	-0,59 ± 1,08 <b>b</b>
98	0,35 ± 0,74 <b>a</b>	0,46 ± 1,93 <b>a</b>
147	1,09 ± 1,71 <b>a</b>	0,77 ± 1,36 <b>a</b>
196	0,31 ± 1,19 <b>a</b>	4,01 ± 5,37 <b>b</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Los valores de índice de color de pulpa, para cada variedad, presentan diferencias significativas en la variedad blanca, no así en la roja.

Por su parte, el índice de color de pulpa, analizado por días de conservación, presenta diferencias significativas entre variedades para las fechas 49 y 196.

f) Presencia de brotes y desarrollo de hongos (*Penicillium*)

Los tubérculos del tratamiento 3, conservados en cámara frigorífica presentaron *Penicillium* y pudrición en las dos últimas fechas de medición, tras 196 y 245 días en cámara (fotografías 13 y 15).

g) Evolución del peso fresco

No existe interacción entre variedad y días de conservación para la variable peso fresco de los tubérculos ( $p = 0,7828$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas ( $p = 0,6172$ ). Por su parte, los días de conservación si presentan diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ). Se realizaron tres repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 39. ICPulpa de los tubérculos, particionado por días de conservación.

Días de conservación	
1	245
1,00 ± 0,01 <b>a</b>	0,33 ± 0,01 <b>b</b>

Medias con una letra diferentes indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Luego de 245 días de conservación en cámara frigorífica, disminuye significativamente el peso fresco de los tubérculos. No existiendo diferencias significativas entre variedades de

tubérculos. Esto se dio en las condiciones de humedad y temperatura de la cámara frigorífica utilizada.

#### **4. Conclusiones**

Como primera gran conclusión respecto a la evolución los tubérculos conservados en cámara frigorífica, se puede decir que el tratamiento 3, cuya fecha de cosecha fue el 30 de agosto, no permitió una buena conservación de los mismos, lo que dificultó e impidió la realización de algunas mediciones. Además, el tratamiento 4, cuya cosecha se realizó en 18 de octubre, no presentó tubérculos de calidad adecuada para ser almacenados (presentaban brotes). Por los motivos anteriormente enunciados es que, solo interesa discutir la evolución en cámara frigorífica, de los tubérculos de topinambur de los tratamientos 1 y 2.

En ambos tratamientos, el contenido de materia seca no presenta interacción entre variedad y días de conservación. Las variedades no presentan diferencias significativas pero si los días de conservación. Desde el momento de ingreso a cámara frigorífica, hasta la finalización del período de conservación, aumenta significativamente el contenido materia seca. El tratamiento 1 presenta valores porcentuales de materia seca iniciales (24,50 %) y finales (38,57 %) superiores al tratamiento 2 (23,11 % y 35,19 %, respectivamente).

El análisis de los sólidos solubles indica que tanto en el tratamiento 1 como en el 2, existe interacción entre variedad y días de conservación. En ambos casos, las variedades presentan diferencias significativas entre sí; a medida que avanza el período de conservación en cámara aumenta el contenido de sólidos solubles, probablemente debido a la deshidratación de los tubérculos que hizo aumentar la concentración de sólidos solubles.

Con respecto a la firmeza de los tubérculos, se detectó interacción entre variedades y días de conservación tanto para el tratamiento 1 como el 2. La evolución de la firmeza, para cada variedad, en el tratamiento 1 presenta diferencias significativas luego de la segunda fecha de medición (49 días) y en el tratamiento 2 luego de la cuarta fecha de medición (147 días). Esto indicaría que el segundo tratamiento permite mantener la firmeza de los tubérculos, sin cambios significativos por más tiempo. Los valores máximos de firmeza se dan al final de los tratamientos, probablemente debido a la deshidratación de los tubérculos.

El índice de color de piel, para los tratamientos 1 y 2 presentó interacción entre variedad y días de conservación; no detectando diferencias significativas, para la variedad roja, pero sí para la blanca. Esto indica que en la variedad roja, no se observan cambios importantes en la coloración de la piel de los tubérculos, mientras que sí ocurren en la blanca. En este último caso, en el que se observaron diferencias significativas, se analizaron los componentes del índice de color, y se pudo determinar que la mayor variación está en el valor de L, indicando un oscurecimiento de la piel de los tubérculos. En el caso de tener que elegir una variedad de tubérculos para conservar en cámara frigorífica, en función del color de piel, la elegida sería la variedad roja debido a la mayor homogeneidad en la coloración. Cuando el análisis se hace por días de conservación, tanto el tratamiento 1 como el 2, presenta diferencias significativas entre todas las fechas.

Los cambios en el color de la pulpa de los tubérculos pueden estar indicando modificaciones en la composición o en la estructura del alimento. En los tratamientos 1 y 2 se detectó interacción entre variedad y días de conservación. No observándose una tendencia clara para el análisis por variedad ni por días de conservación.

No se observaron presencia de brotes ni hongos (*Penicillium*) en el tratamiento 1 hasta los 294 días de almacenaje, a partir de allí se observaron el 20 % de los tubérculos blancos y el 45 % de los rojos presentaban *Penicillium*, pero no brotes. En la medición siguiente, a los 343 días de conservación en cámara frigorífica, se observaron los mismos porcentajes de tubérculos afectados por *Penicillium* y un 40 % de tubérculos blancos y 70 % de rojos con brotes. El tratamiento 2, presentó el 10 % de los tubérculos rojos brotados a los 194 días de almacenamiento. Estos valores porcentuales fueron aumentando a medida que avanzaba la conservación, observándose que al finalizar el tratamiento, los tubérculos blancos presentaban brotes en el 18 % de los casos y desarrollo de *Penicillium* en el 50 %; mientras que los rojos, por su parte, presentaban 98 % de tubérculos brotados y 75 % con *Penicillium*. Por lo anteriormente expuesto, se puede concluir que la variedad roja sería más susceptible a brotación y desarrollo de hongos (*Penicillium*) durante la conservación en cámara frigorífica; y que el tratamiento 1 es el que permite conservar por más tiempo los tubérculos refrigerados sin el desarrollo de *Penicillium* ni presencia de brotes.

Con respecto a la evolución del peso fresco, en ambos tratamientos, las variedades no presentan diferencias significativas y sí lo hacen los días de conservación.

## 5. Bibliografía

- Barloy, J. 1988. Jerusalem artichoke tuber diseases during storage. Topinambour (Jerusalem artichoke). Proc. Wkshp., Comm. Eur. Communities. G. Grassi and G. Gosse (eds) Madrid, p: 145 – 149
- Danilcenko, H.; Jariene, E.; Aleknaviciene, P.; Gajewski, M. 2008. Quality of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers in relation to storage conditions. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 36 (2), p: 23 – 27. Disponible en [www.notulaebotanicae.ro](http://www.notulaebotanicae.ro) (octubre 2013).
- Denny, F.; Thornton, N.; Schroeder, E. 1944. The effect of carbón dioxide upon the changes in the sugar content of certain vegetables in cold storage. Boyce Thompson institute 13, p. 295 – 311
- Inostroza, J.; Méndez, P. 2009. Manual de papa para La Araucanía: Manejo de cultivo, enfermedades y almacenamiento. Cap. 5 Almacenaje de papa, p: 87 – 106. En <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36493.pdf> (consultado septiembre 2014).
- Kader, A. 1992. Biología y tecnología de poscosecha: una revisión general. Postharvest technology of horticultural crops. Universidad de California. En <http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2010/04/Biolog%C3%ADa-y-Tecnolog%C3%ADa-de-Postcosecha-Abel-Kader.pdf> (consultado septiembre 2014).
- Kays, S. 1984. Jerusalem artichoke. The University of Georgia, Department of Horticulture. Athens, Georgia. En <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/077jerusalem.pdf> (consultado abril 2012).
- Kays, S.; Nottingham, S. 2008. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke *Helianthus tuberosus* L. Ed. CRC Press, p. 401 – 404.
- Modler, H.; Jones, G.; Mazza, G. 1993. Observation on long term storage and processing of Jerusalem artichoke tubers (*Helianthus tuberosus*). Food Chemistry, Vol 48 (3), p: 279 – 284.
- Rubel, I.; Pérez, E.; Manrique, G.; Genovese, D. 2011. Cambios en la composición de carbohidratos durante el almacenamiento en frío de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.).
- Saengthongpinit, W.; Sajjaanantakul, T. 2005. Influence of harvest time and storage temperatura on characteristic of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. Postharvest Biology and Technology 37, p. 93 – 100.
- Schorr Galindo, S.; Guiraud, J. 1997. Sugar potencial of different Jerusalem artichoke cultivars according to harvest. Biores Tech 60, p: 15 – 20.

Sotomayor, L.; Méndez, P. 2009. Manual de papa para La Araucanía: Manejo de cultivo, enfermedades y almacenamiento. Cap. 6 Técnicas de multiplicación rápida en papas. p: 107 – 116. En <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36493.pdf> (consultado septiembre 2014).

**Capítulo IV EFECTO DEL MÉTODO Y TIEMPO DE CONSERVACIÓN  
SOBRE LA CALIDAD DE LOS TUBÉRCULOS**

## 1. Introducción

En este capítulo se compara la calidad de los tubérculos almacenados en cámara frigorífica en relación a los que permanecieron en el suelo. De esta forma se pretende determinar cuál es el método de conservación que mejor mantiene la calidad y requiere del menor aporte de energía (uso de cámara frigorífica).

La conservación a campo se realizó en la parcela experimental de la Cátedra de Agricultura Especial de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNCuyo). La misma se encuentra en la localidad de Chacras de Coria, departamento de Luján de Cuyo (Mendoza), a 980 m sobre el nivel del mar. Presenta una temperatura media anual de 16,5 °C, humedad relativa media de 50 % y precipitación promedio de 225 mm anuales. Los suelos son aluviales, de escaso desarrollo del perfil, de textura franco limosa, limosa o limo arcillosa. La temperatura del suelo, a 10 cm de profundidad (que es en la que se encuentran los tubérculos), promedio de las mediciones realizadas a las 9, 15 y 21 hs diarias, se presentan a continuación:

Tabla 40. Temperatura media de los suelos, durante los períodos mencionados.

Fechas de cosecha	Período	Valores medios del período		
		T° Media	T° Min	T° Max
24/05/2011	49 días	7,2	4,4	10,0
12/07/2011	49 días	7,9	4,0	11,9
30/08/2011	49 días	12,8	9,7	15,9
18/10/2011				

Los valores que se presentan en la tabla precedente corresponden a los períodos que involucra cada tratamiento. Mayores detalles de las temperaturas del suelo se encuentran en la introducción de esta tesis.

Con respecto a la cámara frigorífica utilizada para la conservación de los tubérculos, durante el ensayo, se mantuvo a una temperatura media de  $1^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de  $86 \% \pm 6 \%$ . En la figura 14 se ve la cámara frigorífica utilizada durante el ensayo.

El almacenamiento permite alargar el tiempo durante el cual el topinambur puede estar disponible para el consumidor. Cualquiera sea su destino, consumo en fresco o materia prima para la industria, debe estar disponible a lo largo de todo el año, para que no existan discontinuidades en la entrega ni en la disponibilidad en góndola (Kays y Nottingham, 2008). En la conservación a campo, los tubérculos se dejan en el suelo y se recolectan cuando se los necesita; mientras que el almacenamiento en cámara frigorífica permite mayor planificación, aunque a costos más elevados, por lo que generalmente, se lo utiliza en aquellos casos en que no es posible almacenar a campo (Kays, 1984).

Como se mencionó en la introducción de esta tesis, las condiciones de almacenamiento del topinambur, varían según los diferentes autores. Stainbauer, en 1932, estableció que los tubérculos de topinambur pueden ser almacenados durante 6 a 12 meses a una temperatura de entre 0 y 2°C y 90 a 95 % de humedad relativa. Estos valores son algo diferentes a lo enunciado por López Camelo (2003), quién postula una temperatura óptima de almacenamiento entre -0,5 y 0°C, con 90 a 95 % de humedad relativa y por un período de entre 4 y 5 meses. Por su parte, Kays (1984), postula que los tubérculos almacenados no sufren daños por frío con temperaturas de hasta -2,2°C, pero por debajo de -10°C, ya sea a campo o en cámara refrigerada, ocurre un rápido deterioro (Kays, 1984; Saengthongpinit y Sajjaanantakul, 2005).

En un ensayo realizado en Tailandia, se estudió la influencia del momento de cosecha y la temperatura de almacenamiento sobre el contenido de sólidos solubles en los tubérculos. Se realizaron cosechas a las 16, 18 y 20 semanas posplantación; observándose que la madurez de los tubérculos producía cambios en los sólidos presente en ellos (principalmente inulina). Así, disminuía el grado de polimerización de la cadena de inulina y aumentaba la presencia de fructosa y sacarosa en los tubérculos de cosechas tardías (20 semanas posplantación). El grado de polimerización de la inulina en los tubérculos almacenados entre 2 y 5°C cambió significativamente con incrementos en el tiempo de almacenamiento y la temperatura. Así, aumentaron los azúcares de cadenas cortas (3 a 10 polímeros) y disminuyeron los de cadenas de más de 10 polímeros, particularmente luego de las 4 a 6 semanas de almacenamiento (Saengthongpinit y Sajjaanantakul, 2005).

En el desarrollo de este capítulo de tesis se analizará como afecta el método de almacenamiento y el tiempo de conservación de los tubérculos, a las variables de calidad

medidas (contenido de sólidos solubles, firmeza de los tubérculos, índice de color de piel y de pulpa, y presencia de brotes y desarrollo de *Penicillium*).

## **2. Materiales y métodos**

Con el propósito de conocer los cambios que sufren las variables de calidad de los tubérculos en dos condiciones de almacenamiento: cámara frigorífica y conservación a campo (bajo tierra) para cada una de las variedades y tratamientos ensayados, se trabajó como se menciona a continuación;

### **a. Material utilizado**

Se utilizaron dos cultivares de topinambur; tubérculos rojos y blancos. Los sitios de conservación fueron; la cámara frigorífica de la cátedra de bromatología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo, y la conservación a campo se realizó en la Finca San Antonio de la misma institución. Tanto las características descriptivas de la cámara frigorífica como de la finca, fueron detalladas en la introducción de esta tesis.

### **b. Variables evaluadas**

Todas las variables respuesta (contenido de sólidos solubles, firmeza, color de piel y pulpa, presencia de brotes y desarrollo de *Penicillium*) se midieron como se explicó en la introducción de esta tesis.

### **c. Diseño experimental**

El 24 de mayo de 2011, luego de que se registrara la primera helada en la finca San Antonio de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo (33° 42' 20'' S - 69° 04' 20'' O), se realizó la primera cosecha de tubérculos de ambas variedades. Se iniciaron de esta forma los cuatro tratamientos que combinaron tiempos de conservación a campo y en cámara frigorífica. Las mediciones se realizaron cada 49 días a partir de la fecha de inicio; 12 de julio, 30 de agosto y 18 de octubre.

En este capítulo se compara la calidad de los tubérculos, de los distintos tratamientos, para las fechas de medición indicadas (ver figura 1).

#### I. Fecha de medición 1 – 12 de julio

En esta fecha de medición se contrastó la calidad de los tubérculos de los tratamientos 1 y 2; comparando las variables evaluadas de aquellos conservados en cámara frigorífica durante 49 días y los que estuvieron a campo por igual período. De esta forma se analiza la calidad de los tubérculos en función de la forma de conservación. En todas las mediciones se usó un número de muestra de 20.

#### II. Fecha de medición 2 – 30 de agosto

En la fecha de medición 2, se contrastó la calidad de los tubérculos de los tratamientos 1, 2 y 3; comparando las características de las siguientes muestras; una conservada 98 días en cámara frigorífica, otra 98 días a campo, y la tercera 49 días en cada uno de los métodos de conservación ensayados. De esta forma se analiza la calidad de los tubérculos en función de la forma de conservación. En todas las mediciones se usó un número de muestra de 20.

#### III. Fecha de medición 3 – 18 de octubre

En esta tercera medición, se comparó la calidad de los tubérculos conservados en cámara frigorífica con los conservados a campo por diferentes períodos de tiempo. Se contrastan las siguientes muestras de tubérculos: una conservada 147 días a campo, otra con 98 días a campo y 49 días en cámara frigorífica, la tercera almacenada 49 días a campo y 98 en cámara frigorífica, y la última conservó los tubérculos durante 147 días en cámara frigorífica. En todas las mediciones se utilizó un número de muestra de 20.

#### **d. Análisis estadístico**

En todos casos, los datos obtenidos de los ensayos experimentales fueron sometidos a análisis de varianza y al método de comparación de medias de Tukey. Se comprobó normalidad a través de la prueba de Shapiro Wilks y homocedasticidad a través de Levene. Cuando las variables analizadas presentaron interacción ( $p > 0,05$ ) la prueba de Tukey se realizó particionada.

El software estadístico utilizado fue InfoStat. Los resultados se presentan como valores medios  $\pm$  desviación estándar. Para todas las variables evaluadas en este capítulo se usaron 20 repeticiones.

### 3. Resultados y discusión

#### a. Fecha de medición 1 – 12 de julio

##### I. Contenido de sólidos solubles

No existe interacción entre variedades y método de conservación para la variable contenido de sólidos solubles ( $p = 0,2191$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas ( $p = 0,1418$ ) entre sí, al igual que los métodos de conservación ( $p = 0,8153$ ). Es decir que el contenido de sólidos solubles, cuyo valor promedio es de 19,76 grados brix, no sufre de cambios significativos con los métodos de conservación ensayados, para ninguna de las dos variedades de tubérculos.

##### II. Firmeza de los tubérculos

Existe interacción entre variedad y método de conservación para la variable firmeza de los tubérculos ( $p = 0,0206$ ).

Tabla 41. Firmeza de los tubérculos (Kg) de cada variedad.

Variedad	Método de conservación	
	Cámara Frigorífica	Campo
Blanca	4,25 ± 0,52 <b>a</b>	3,93 ± 0,53 <b>a</b>
Roja	5,22 ± 0,73 <b>a</b>	4,29 ± 0,49 <b>b</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabla 42. Firmeza de los tubérculos (Kg) por método de conservación.

Variedad	Método de conservación	
	Cámara Frigorífica	Campo
Blanca	4,25 ± 0,52 <b>a</b>	3,93 ± 0,53 <b>a</b>
Roja	5,22 ± 0,73 <b>b</b>	4,29 ± 0,49 <b>b</b>

Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Los valores de firmeza de los tubérculos, particionado por variedad, no presentan diferencias significativas para la variedad blanca, pero si para la roja. Esta última variedad, presentó valores de firmeza superiores con el método de conservación en cámara frigorífica.

Por su parte, la firmeza de los tubérculos, analizada en función de los métodos de conservación, presenta diferencias significativas entre variedades para cada uno de los métodos ensayados.

### III. Índice de color de piel

No se detectó interacción entre variedades y método de conservación para la variable índice de color de piel ( $p = 0,0701$ ). Las variedades presentan diferencias significativas ( $p = 0,0085$ ) entre sí, al igual que el método de conservación ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 43. ICPiel de los tubérculos para cada variedad.

Variedad	ICPulpa
Blanca	$4,92 \pm 1,34$ <b>a</b>
Roja	$16,01 \pm 6,46$ <b>b</b>

*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 44. ICPiel de los tubérculos, para cada método de conservación.

Método de conservación	
Cámara Frigorífica	Campo
$11,88 \pm 3,74$ <b>a</b>	$9,05 \pm 4,06$ <b>b</b>

*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

El índice de color de piel es significativamente diferente para las variedades blanca y roja, presentando esta última un valor más alto y un mayor rango de dispersión. Esta diferencia en el color de la epidermis de los tubérculos se aprecia visualmente. Los métodos de conservación también presentan diferencias significativas entre sí; la conservación a campo presenta un índice de color de piel menor respecto a la cámara frigorífica.

### IV. Índice de color de pulpa

No existe interacción entre variedades y método de conservación para la variable índice de color de pulpa ( $p = 0,4607$ ). Las variedades presentan diferencias significativas ( $p = 0,0001$ ) entre sí, no ocurriendo lo mismo con los métodos de conservación ( $p = 0,1103$ ).

Tabla 45. ÍCPulpa de los tubérculos.

Variedad	
Blanca	Roja
-1,59 ± 0,49 <b>a</b>	-1,04 ± 0,66 <b>b</b>

Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

La diferencia significativa entre variedades, indistintamente del método de conservación utilizado, señala que los tubérculos blancos tienen un índice de color de pulpa menor. Al analizar los componentes del color, se observa que el que sufre mayor variación es el L, esto indica cambios en la coloración claro/oscura del color evaluado. Los métodos de conservación no producen modificaciones en el índice de color de pulpa en ninguna de las dos variedades.

#### V. Presencia de brotes y desarrollo de hongos (*Penicillium*)

En esta fecha de medición, no se observó presencia de brotes ni desarrollo de hongos (*Penicillium*) en los tubérculos, para ninguna de las dos variedades y métodos de conservación.

### b. Fecha de medición 2 – 30 de agosto

#### I. Contenido de sólidos solubles

Existe interacción entre variedades y método de conservación para la variable contenido de sólidos solubles ( $p = 0,0023$ ).

Tabla 46. Contenido de sólidos solubles (%) para cada variedad.

Variedad	Métodos de conservación		
	98 días en cámara frigorífica	49 días en cámara + 49 días a campo	98 días a campo
Blanca	21,90 ± 1,60 <b>a</b>	18,98 ± 2,63 <b>b</b>	17,81 ± 2,43 <b>b</b>
Roja	19,30 ± 1,75 <b>a</b>	19,10 ± 2,27 <b>a</b>	18,54 ± 2,41 <b>a</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabla 47. Contenido de sólidos solubles (%) para cada método de conservación.

Variedad	Métodos de conservación		
	98 días en cámara frigorífica	49 días en cámara + 49 días a campo	98 días a campo
Blanca	21,90 ± 1,60 <b>a</b>	18,98 ± 2,63 <b>a</b>	17,81 ± 2,43 <b>a</b>
Roja	19,30 ± 1,75 <b>a</b>	19,10 ± 2,27 <b>a</b>	18,54 ± 2,41 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

El contenido de sólidos solubles en los tubérculos, para cada variedad, no presenta diferencias significativas para la variedad roja pero si para la blanca. En esta última se diferencia la conservación en cámara frigorífica respecto a la de campo y a la combinación de ambos métodos.

Por su parte, el contenido de sólidos solubles, analizado en función de los métodos de conservación, no muestra diferencias significativas entre variedades, aunque el mayor contenido de sólidos solubles se presenta en el método de conservación de 98 días en cámara frigorífica.

## II. Firmeza de los tubérculos

No existe interacción entre variedades y método de conservación para la variable firmeza de los tubérculos ( $p = 0,1258$ ). Las variedades no presentan diferencias significativas ( $p = 0,0611$ ); no ocurriendo lo mismo con los métodos de conservación ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 48. Firmeza de los tubérculos (Kg).

Métodos de conservación		
98 días en cámara frigorífica	49 días en cámara + 49 días a campo	98 días a campo
5,92 ± 0,89 <b>a</b>	3,50 ± 0,50 <b>b</b>	4,16 ± 0,53 <b>c</b>

*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

La firmeza de los tubérculos, presenta diferencias significativas, entre métodos de conservación, independientemente de la variedad de que se trate.

### III. Índice de color de piel

No existe interacción entre variedades y método de conservación para la variable índice de color de piel de los tubérculos ( $p = 0,6047$ ). Las variedades presentan diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) entre sí; no ocurriendo lo mismo con los métodos de conservación ( $p = 0,4644$ ).

Tabla 49. IC<sub>Piel</sub> de los tubérculos.

Variedad	
Blanca	Roja
$4,92 \pm 1,37$ <b>a</b>	$17,03 \pm 7,38$ <b>b</b>

*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Existen diferencias significativas entre variedades, indistintamente del método de conservación utilizado. Esta diferencia en la coloración, se aprecia visualmente (fotografía 2).

### IV. Índice de color de pulpa

Existe interacción entre variedades y método de conservación para la variable índice de color de pulpa ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 50. ICP<sub>Pulpa</sub>, para cada variedad.

Variedad	Métodos de conservación		
	98 días en cámara frigorífica	49 días en cámara + 49 días a campo	98 días a campo
Blanca	$-1,02 \pm 0,49$ <b>b</b>	$-1,95 \pm 0,40$ <b>a</b>	$-1,00 \pm 0,73$ <b>b</b>
Roja	$-1,34 \pm 0,46$ <b>a</b>	$-0,88 \pm 0,79$ <b>ab</b>	$-0,75 \pm 0,77$ <b>b</b>

*Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 51. ICPulpa, para cada método de conservación.

Variedad	Métodos de conservación		
	98 días en cámara frigorífica	49 días en cámara + 49 días a campo	98 días a campo
Blanca	-1,02 ± 0,49 <b>a</b>	-1,95 ± 0,40 <b>a</b>	-1,00 ± 0,73 <b>a</b>
Roja	-1,34 ± 0,46 <b>b</b>	-0,88 ± 0,79 <b>b</b>	-0,75 ± 0,77 <b>a</b>

Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Los valores de índice de color de pulpa de los tubérculos, para cada variedad, presentan diferencias significativas entre métodos de conservación. Por su parte, analizando esta variable en función de los métodos de conservación, se observan diferencias significativas entre variedades para los métodos ensayados, excepto el de 98 días de conservación a campo.

#### V. Presencia de brotes y desarrollo de hongos (*Penicillium*)

En esta fecha de medición, no se observó presencia de brotes ni desarrollo de *Penicillium* en los tubérculos, para ninguna de las dos variedades y métodos de conservación.

### c. Fecha de medición 3 – 18 de octubre

#### I. Contenido de sólidos solubles

Existe interacción entre variedades y método de conservación para la variable contenido de sólidos solubles ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 52. Contenido de sólidos solubles (%) para cada variedad.

Variedad	Métodos de conservación			
	147 días en cámara frigorífica	98 días en cámara + 49 días a campo	49 días en cámara + 98 días a campo	147 días a campo
Blanca	23,47 ± 3,15 <b>a</b>	22,83 ± 2,19 <b>a</b>	22,65 ± 1,91 <b>a</b>	12,82 ± 2,22 <b>b</b>
Roja	20,14 ± 2,55 <b>a</b>	19,80 ± 1,27 <b>a</b>	23,94 ± 3,09 <b>b</b>	13,47 ± 2,69 <b>c</b>

Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).

Tabla 53. Contenido de sólidos solubles (%) para cada método de conservación.

Variedad	Métodos de conservación			
	147 días en cámara frigorífica	98 días en cámara + 49 días a campo	49 días en cámara + 98 días a campo	147 días a campo
Blanca	23,47 ± 3,15 <b>a</b>	22,83 ± 2,19 <b>a</b>	22,65 ± 1,91 <b>a</b>	12,82 ± 2,22 <b>a</b>
Roja	20,14 ± 2,55 <b>b</b>	19,80 ± 1,27 <b>b</b>	23,94 ± 3,09 <b>a</b>	13,47 ± 2,69 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

El contenido de sólidos solubles de los tubérculos, analizado por variedad, presenta diferencias significativas, para ambas variedades. Por su parte, el contenido de sólidos solubles de los tubérculos, analizado en función de los métodos de conservación, presenta diferencias significativas entre variedades para los métodos de conservación en los que los tubérculos pasan más tiempo en cámara frigorífica (147 días en cámara frigorífica, 98 días en cámara frigorífica + 49 días a campo). Los restantes métodos no presentan diferencias entre variedades, pero son los que presentan menores valores porcentuales de grados brix.

## II. Firmeza de los tubérculos

Existe interacción entre variedades y métodos de conservación para la variable firmeza de los tubérculos ( $p < 0,0001$ ).

Tabla 54. Firmeza de los tubérculos (Kg) de cada variedad.

Variedad	Métodos de conservación			
	147 días en cámara frigorífica	98 días en cámara + 49 días a campo	49 días en cámara + 98 días a campo	147 días a campo
Blanca	4,68 ± 0,69 <b>a</b>	4,58 ± 0,48 <b>a</b>	4,51 ± 0,53 <b>a</b>	4,22 ± 0,61 <b>a</b>
Roja	4,56 ± 0,69 <b>a</b>	4,22 ± 0,87 <b>a</b>	4,50 ± 0,70 <b>a</b>	4,69 ± 0,59 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 55. Firmeza de los tubérculos (Kg) por método de conservación.

Variedad	Métodos de conservación			
	147 días en cámara frigorífica	98 días en cámara + 49 días a campo	49 días en cámara + 98 días a campo	147 días a campo
Blanca	4,68 ± 0,69 <b>a</b>	4,58 ± 0,48 <b>a</b>	4,51 ± 0,53 <b>a</b>	4,22 ± 0,61 <b>a</b>
Roja	4,56 ± 0,69 <b>a</b>	4,22 ± 0,87 <b>a</b>	4,50 ± 0,70 <b>b</b>	4,69 ± 0,59 <b>b</b>

*Medias con letras distintas, en cada columna, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

La firmeza de los tubérculos, para cada variedad, no presenta diferencias significativas en ninguna de las variedades. Por su parte, la firmeza de los tubérculos, analizada en función de los métodos de conservación, presenta diferencias significativas entre variedades para los métodos de conservación en los que los tubérculos pasan más tiempo a campo (49 días en cámara frigorífica + 98 días a campo, y 147 días a campo). Los restantes métodos no presentan diferencias significativas entre variedades.

### III. Índice de color de piel

No existe interacción entre variedades y método de conservación para la variable índice de color de piel de los tubérculos ( $p = 0,9926$ ). Las variedades presentan diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ) entre sí; no ocurriendo lo mismo con los métodos de conservación ( $p = 0,9468$ ).

Tabla 56. ICpiel de los tubérculos.

Variedad	
Blanca	Roja
5,85 ± 1,96 <b>a</b>	17,69 ± 6,52 <b>b</b>

*Medias con letras distintas indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

La diferencia significativa entre variedades, indistintamente del método de conservación utilizado, señala que los tubérculos blancos tienen un índice de color de piel menor (más claro) que los rojos. Esto se aprecia observando los tubérculos, además de estadísticamente.

#### IV. Índice de color de pulpa

Existe interacción entre variedades y métodos de conservación para la variable índice de color de pulpa ( $p = 0,0344$ ).

Tabla 57. ICPulpa, para cada variedad.

Variedad	Métodos de conservación			
	147 días en cámara frigorífica	98 días en cámara + 49 días a campo	49 días en cámara + 98 días a campo	147 días a campo
Blanca	-1,19 ± 0,48 <b>a</b>	-0,95 ± 0,59 <b>a</b>	-1,37 ± 0,60 <b>a</b>	-1,25 ± 1,15 <b>a</b>
Roja	-1,24 ± 0,43 <b>a</b>	-1,06 ± 0,63 <b>a</b>	-0,59 ± 1,08 <b>a</b>	-0,77 ± 0,96 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, en cada fila, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Tabla 58. Índice de color de pulpa, para cada método de conservación.

Variedad	Métodos de conservación			
	147 días en cámara frigorífica	98 días en cámara + 49 días a campo	49 días en cámara + 98 días a campo	147 días a campo
Blanca	-1,19 ± 0,48 <b>a</b>	-0,95 ± 0,59 <b>a</b>	-1,37 ± 0,60 <b>a</b>	-1,25 ± 1,15 <b>a</b>
Roja	-1,24 ± 0,43 <b>a</b>	-1,06 ± 0,63 <b>a</b>	-0,59 ± 1,08 <b>b</b>	-0,77 ± 0,96 <b>a</b>

*Medias con letras distintas, en cada columnas, indican diferencias significativas ( $p > 0,05$ ).*

Los valores de índice de color de pulpa de los tubérculos, para cada variedad, no presentan diferencias significativas. Por su parte, el índice de color de pulpa, analizado en función de los métodos de conservación, presenta diferencias significativas entre variedades para el método de conservación 49 días en cámara + 98 días a campo. Los restantes métodos no presentan diferencias.

#### V. Presencia de brotes

Los tubérculos conservados a campo hasta el día 18 de octubre presentaban brotes, como puede verse en la fotografía 13. Esta característica indicaba que el período de conservación a campo había sido excesivo, para las condiciones de temperatura y humedad presente en la finca que se realizó el ensayo. No obstante esto, el material se utilizó para la medición correspondiente a dicha fecha.

#### 4. Conclusiones

Como primera conclusión se debe mencionar que la fecha de medición 3, realizada el 18 de octubre, y que conservaba tubérculos a campo hasta dicho momento, debe ser descartada debido a que los mismos se encontraban brotados y por lo tanto no son comercializables, independientemente de que se pudiera evaluar la calidad.

Las fechas de medición 1 y 2 son las que mantienen las variables de calidad a lo largo del ensayo. Así; En la primera fecha de medición, el contenido de sólidos solubles, cuyo valor promedio es de 19,76 grados brix, no sufrió de cambios significativos con los métodos de conservación ensayados, para ninguna de las dos variedades de tubérculos. La firmeza de los tubérculos presentó diferencias significativas en la variedad roja, pero no en la blanca. Los tubérculos de piel roja presentaron mayor firmeza que los de piel blanca. Por su parte, los métodos de conservación presentaron diferencias significativas entre variedades para cada uno de los métodos ensayados. El índice de color de piel, no presentó interacción entre variedades y método de conservación. Ambas variables presentan diferencias significativas. La variedad roja presenta un valor de IC<sub>Piel</sub> más alto; al igual que el método de conservación a campo. El índice de color de pulpa de los tubérculos, presenta interacción entre variedades y método de conservación. Las variedades presentan diferencias significativas entre sí (con mayores valores de IC<sub>Pulpa</sub> para la variedad roja que para la blanca), no ocurriendo lo mismo con los métodos de conservación. En esta fecha de medición, no se observó presencia de brotes ni desarrollo de *Penicillium* en los tubérculos, para ninguna de las dos variedades y métodos de conservación. Por su parte, la segunda fecha de medición, realizada el 30 de agosto, compara la calidad de tres muestras de tubérculos (una conservada durante 98 días en cámara frigorífica, otra 98 días a campo, y la tercera 49 días en cada uno de los métodos de conservación mencionados). Se detectó interacción entre variables para el contenido de sólidos solubles de los tubérculos; la variedad roja no presenta diferencias significativas, pero si la blanca. Analizado los métodos de conservación, no se observaron diferencias significativas entre variedades, pero cabe mencionar que el mayor contenido de sólidos solubles se presenta en el método de conservación de 98 días en cámara frigorífica. No existe interacción entre variedades y métodos de conservación para la variable respuesta firmeza de los tubérculos. Las variedades no presentan diferencias significativas; no ocurriendo lo mismo con los métodos

de conservación, que presenta diferencias significativas independientemente de la variedad de tubérculos. Respecto al índice de color de piel, no existe interacción entre variables. Las variedades muestran diferencias significativas; los tubérculos blancos presentan coloraciones más claras que los rojos, característica que puede observarse además visualmente. Por su parte, el índice de color de pulpa de los tubérculos presentan interacción entre variables; existiendo diferencias significativa dentro de cada variedad y para los métodos de conservación ensayados, excepto el de 98 días de conservación a campo. En esta fecha de medición, no se observó presencia de brotes ni desarrollo de *Penicillium* en los tubérculos, para ninguno de las dos variedades y métodos de conservación.

## **5. Bibliografía**

- Kays, S. 1984. Jerusalem artichoke. The University of Georgia, Department of Horticulture. Athens, Georgia. En <http://www.ba.ars.usda.gov/hb66/077jerusalem.pdf> (consultado abril 2012).
- Kays, S.; Nottingham, S. 2008. Biology and Chemistry of Jerusalem Artichoke *Helianthus tuberosus* L. Ed. CRC Press, p. 269 – 344 / 383 – 400.
- López Camelo, A. 2003. Manual para la preparación y venta de frutas y hortalizas. Boletín de servicios agrícolas de la FAO N° 151; p. 49 – 80 / 95 – 115.
- Saengthongpinit, W.; Sajjaanantakul, T. 2005. Influence of harvest time and storage temperatura on characteristic of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers. *Postharvest Biology and Technology* 37, p. 93 – 100.

## **Capítulo V CONCLUSIONES GENERALES DE LA TESIS**

Las hortalizas que se llevan a mercado, o se utilizan como materia prima para la industria deben estar disponibles a lo largo de todo el año, para que no existan discontinuidades en el comercio. Esto rara vez se da naturalmente, por lo que es importante que se desarrollen sistemas de almacenamiento, que permitan extender al máximo su vida útil. Existen muy pocos antecedentes sobre la conservación poscosecha de tubérculos de topinambur y las variaciones, de calidad que sufre el producto. En general, las técnicas de poscosecha buscan reducir la tasa respiratoria de los productos cosechados a fin de preservar sus atributos de calidad, asegurando el abastecimiento de los mercados en épocas de escasez y la obtención de mejores precios para el productor.

En este trabajo de tesis se consideraron los efectos de la fecha de cosecha y la variedad sobre las diferentes variables de calidad, la evolución de los tubérculos conservados en cámara frigorífica y los efectos del método y tiempo de conservación sobre la calidad de los tubérculos.

Al evaluar la calidad de los tubérculos de dos variedades de topinambur, en cuatro fechas de cosecha, desde el momento apto para la misma, se puede decir que el período para obtener tubérculos con las mejores características de calidad, se extiende en la zona en estudio, desde la primera helada (mediados de mayo) hasta la tercera fecha de cosecha ensayada (98 días después) Esto coincide con lo enunciado por Danilcenko, quien señala que los tubérculos almacenados a campo, durante el período invernal, por un máximo de 4 meses, se mantienen firmes y crujientes, sin presentar signos de deterioro ni brotación. La disminución de calidad que ocurre posteriormente se hace más importante a medida que transcurre el tiempo de conservación a campo. Esto se debe al aumento de la temperatura ambiental y del suelo y al aumento de la tasa respiratoria, según lo expuesto por Kays y Nottingham (2008). Cabe destacar que el período adecuado de conservación a campo quizás pueda extenderse más allá del 30 de agosto, pero antes del 18 de octubre. Habría que realizar los ensayos con una periodicidad de medición menor a 49 días para poder ajustar dicha fecha.

Por su parte, al analizar la evolución de los tubérculos conservados en cámara frigorífica, aquellos que permanecen a campo más allá de la segunda fecha de cosecha (12 de julio) no presentan la calidad adecuada para su comercialización, o la pierden rápidamente. Aquí también podría ajustarse la fecha aumentando la frecuencia de las mediciones.

Al estudiar los efectos del método y tiempo de conservación sobre la calidad de los tubérculos, se observa nuevamente que los tubérculos que se conservaron a campo más allá del 30 de agosto, pierden rápidamente su calidad comercial.

Lo anteriormente expuesto, permite concluir que es posible prolongar la vida poscosecha de tubérculos de topinambur durante todo el año, manteniendo su calidad hortícola, combinando distintos tiempos de conservación de los tubérculos a campo y en cámara frigorífica. Aceptando así la hipótesis de trabajo planteada. El período de cosecha, para lograr la buena conservación de los tubérculos en cámara frigorífica durante todo el año, no debería extenderse más allá del 12 de julio para la zona de estudio. Las condiciones recomendadas para la conservación del material en la cámara frigorífica son: temperaturas entre 0°C y 3°C y humedad relativa media del 90 %. Esto coincide en forma parcial con lo enunciado por algunos autores como Stainbauer que estableció que los tubérculos de topinambur pueden ser almacenados durante 6 a 12 meses a una temperatura de entre 0 y 2°C y 90 a 95 % de humedad relativa. López Camelo, postula una temperatura óptima de almacenamiento de entre -0,5 y 0°C, con 90 a 95 % de humedad relativa y por un período de entre 4 y 5 meses. Por su parte, Kays enuncia que los tubérculos almacenados no sufren daños por frío con temperaturas de hasta -2,2°C.

## **ANEXO I FOTOGRAFIAS**

Fotografía N° 1. Cultivo de topinambur



Fotografía N° 2. Tubérculos de topinambur rojos y blancos



Fotografía N° 3. Lavado de tubérculos al recibirlos en el laboratorio



Fotografía N° 4. Secado de los tubérculos



Fotografía N° 5. Medición de color de pulpa de topinambur



Fotografía N° 6. Lectura de la medición la pantalla led del equipo



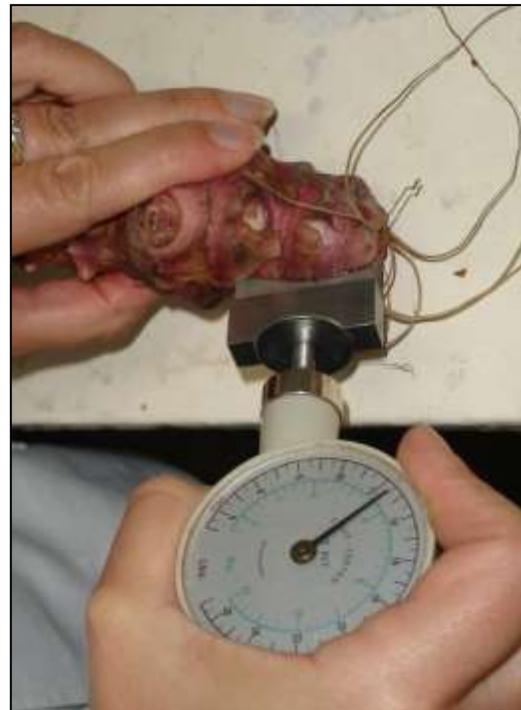
Fotografía N° 7. Refractómetro



Fotografía N° 8 Lectura en el refractómetro



Fotografía N° 9. Penetrómetro con cuchilla de corte



Fotografía N° 10. Pesaje de muestras antes de llevar a estufa



Fotografía N° 11. Muestras colocadas en estufa



Fotografía N° 12. Muestras retiradas de la estufa



Fotografía N° 13. Tubérculos brotados a campo



Fotografía N° 14. Cámara frigorífica utilizada para la conservación de los tubérculos



Fotografía N° 15. Tubérculos conservados en cámara frigorífica con desarrollo de hongos (*Penicillium*)



## **ANEXO II ACTIVIDADES DE DIVULGACIÓN DE RESULTADOS**

Esta tesis se formuló como parte del proyecto de investigación “Efectos de los distintos sistemas de conservación sobre la calidad hortícola de tubérculos de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.)”; 2011-2013; acreditado y financiado por la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo, del cual fui codirectora. A partir de dicho trabajo, y de las inquietudes generadas, surgió un nuevo proyecto “Topinambur: nuevas formas de procesamiento y consumo” 2013-2015; acreditado y financiado por la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo, del cual soy directora.

Como parte de la revisión bibliográfica se generó una publicación en la revista Horticultura Argentina:

- Leandra Iburguren, Cecilia Reborá. 2013. “El cultivo de topinambur: generalidades sobre su ecofisiología y manejo”. Horticultura Argentina 32 (77) p: 35 a 41. Disponible en [www.horticulturaar.com.ar](http://www.horticulturaar.com.ar) ISSN 1851-9342.

Además, se realizaron varias ponencias en congresos, con parte de la información generada en a partir de este trabajo o con datos complementarios:

- Iburguren, L.; Reborá, C.; Alberto M. EFECTO DE LA FECHA DE COSECHA SOBRE LA CALIDAD HORTÍCOLA DEL TOPINAMBUR (*Helianthus tuberosus* L.), en el XXXV Congreso Argentino de Horticultura, Corrientes, Argentina; 23, 24, 25, 26 y 27 de septiembre de 2012. **Mención especial al mejor poster**
- Iburguren, L; Reborá, C. 2013 EFECTO DE DISTINTOS SISTEMAS DE CONSERVACIÓN SOBRE LA CALIDAD HORTÍCOLA DE TUBÉRCULOS DE TOPINAMBUR (*Helianthus tuberosus* L.); en III Congreso de Alimentos siglo XXI. XXXVI Reunión del Capítulo Argentino de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (CASLAN). Mendoza, Argentina; 8, 9 y 10 de agosto de 2013.

- Rebora, C.; Ibarguren, L.; Tapia, O.; Bertona, A.; Morales, L. HOJUELAS DE TOPINAMBUR: “SNACK SALUDABLE”; en III Congreso de Alimentos siglo XXI. XXXVI Reunión del Capítulo Argentino de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (CASLAN). Mendoza, Argentina; 8, 9 y 10 de agosto de 2013.
- Rebora, C.; Ibarguren, L.; Alberto, M.; Giménez, A.; Tapia, O.; Calderón, M. EFECTO DE DISTINTOS SISTEMAS DE CONSERVACION SOBRE LA CALIDAD HORTÍCOLA DE TUBÉRCULOS DE TOPINAMBUR (*Helianthus tuberosus* L.); en XXIII Jornadas de investigación y V Jornadas de Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina; 9, 10 y 11 de abril de 2013. Exposición oral.