

Facultad de Ciencias Agrarias,  
Universidad Nacional de Cuyo

*ALIMENTO CON ALTO  
CONTENIDO DE FRUCTANOS:  
PURÉ DE TOPINAMBUR  
(*Helianthus tuberosus* L.)*



Por  
Brom. Silvina Elisa Tessaro

Tesis de grado para la obtención del título de  
LICENCIADA EN BROMATOLOGÍA

Mendoza, Septiembre de 2014



# **ALIMENTO CON ALTO CONTENIDO DE FRUCTANOS: PURÉ DE TOPINAMBUR (*Helianthus tuberosus* L.)**

Tesista:

Brom. Silvina Elisa Tessaro  
[silvinatessaro@hotmail.com](mailto:silvinatessaro@hotmail.com)

Directora:

Dra. Ing. Qca. Emilia Raimondo

Codirectora:

Mg. Sc. Ing. Agr. Cecilia Rebora

Comité Evaluador:

Presidente:

Mg. Sc. Ing. Agr. Mónica Bauzá

Vocales:

Dra. Lic. en Brom. María Sance  
Lic. en Brom. Nancy Ventrera

Suplente:

Lic. en Brom. Adriana Gimenez

## AGRADECIMIENTOS

A la Profesora Emilia Raimondo, Directora de esta tesis, por permitirme trabajar en el desarrollo de este interesante tema y brindarme la oportunidad de aplicar lo aprendido durante la carrera en la búsqueda de nuevos conocimientos, por las enseñanzas transmitidas, por su confianza, paciencia, buena predisposición y motivación.

A la Profesora Cecilia Reborá, Codirectora de esta tesis, por proveerme de tubérculos de topinambur, los que fueron la materia prima base de esta tesis, por proporcionarme bibliografía y especialmente por transmitirme su entusiasmo, seriedad y compromiso en el desarrollo de esta labor.

A los representantes del proyecto “Sustancias bioactivas en alimentos regionales. Cuantificación y uso en formulaciones alimenticias”, subsidiado por la Secretaría de Ciencia, Técnica y Posgrado de la Universidad Nacional de Cuyo y a su Director, el Ing. Agr. Alejandro Gascón, por aportar los recursos económicos necesarios para cubrir los gastos relacionados con la elaboración de esta tesis.

A los profesores que colaboraron dedicadamente y dispusieron su tiempo y paciencia para aclarar mis dudas: al Profesor Alejandro Gascón por facilitarme los elementos y sus amplios conocimientos técnicos en el procesado de los tubérculos; a la Profesora Ángela Zuleta por su colaboración en la valoración de muestras; a la Profesora Liliana Dupertuis por su fundamental ayuda en el análisis estadístico; a las Profesoras María Sance y Emiliana Rodríguez por asesorarme y brindarme información en lo referente a aditivos y a la Profesora Analía Valdez por su dedicación en la revisión de técnicas analíticas.

Al equipo integrante de la Cátedra de Industrias Agrarias, Cátedra de Agricultura Especial, Planta en frío y Planta piloto de la Facultad de Ciencias Agrarias, quienes me acompañaron y ayudaron en los procesos de obtención de materia prima, conservación, procesamiento y análisis durante el desarrollo de mi tesis.

A todas las personas que, con entusiasmo, probaron el puré de topinambur y contribuyeron a los resultados obtenidos.

A mi familia y a Martín, quienes compartieron esta constructiva experiencia aportando sus opiniones y sugerencias y colaborando en su realización.

Gracias a todos por su significativa contribución.

## **ALIMENTO CON ALTO CONTENIDO DE FRUCTANOS: PURÉ DE TOPINAMBUR (*Helianthus tuberosus* L.)**

### RESUMEN

Brom. Silvina Tessaro  
Universidad Nacional de Cuyo  
Septiembre 2014

Directora: Dra Ing. Qca Emilia Raimondo  
Codirectora: Mg. Sc. Ing. Agr. Cecilia Rebora

El topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) es una especie perteneciente a la familia de las Asteráceas originaria de América del Norte. Esta especie produce tallos subterráneos (tubérculos) que almacenan polisacáridos en forma de fructanos y, dentro de éstos, la inulina es el principal carbohidrato de reserva. Este compuesto posee características beneficiosas en la salud al actuar como fibra dietaria, sin disminuir la absorción de minerales. La presencia de inulina y sus derivados, hace de los tubérculos una buena fuente de fibra dietaria y particularmente de fibra funcional, cuya definición comprende a aquellos carbohidratos no digeribles aislados que tienen efectos fisiológicos beneficiosos en los seres humanos.

Los objetivos de este estudio fueron:

- Elaborar puré de alto contenido de fructanos, con variantes, a partir de tubérculos de topinambur de variedades Roja y Blanca;
- Caracterizar de forma físico-química los tubérculos sin procesar y los purés elaborados;
- Cuantificar el contenido de fructanos presente en los tubérculos sin procesar y en los productos obtenidos luego de cada elaboración;
- Evaluar la aceptación por parte de los consumidores del puré preparado, mediante una prueba de evaluación sensorial.

Siguiendo los objetivos, se elaboraron los purés, realizaron las caracterizaciones físico-químicas y cuantificaciones de fructanos en los tubérculos y productos obtenidos, y se sometió el preparado a una prueba sensorial afectiva con escala hedónica.

Los resultados obtenidos indican que el procesamiento de tubérculos de topinambur para obtener puré, no modifica sustancialmente el contenido de fructanos, y las pérdidas asociadas al mismo varían entre el 0% y el 16% dependiendo del ensayo. Los consumidores aceptarían comprar el producto evaluado, si se ofreciera en el mercado a igual costo que un puré de papas tradicional, y no exhiben preferencia de una variedad de topinambur sobre la otra en los productos preparados.

Por ello resulta viable elaborar puré de topinambur de variedad Roja o Blanca, el cual se considera beneficioso para la salud por su alto contenido en fructanos, cuyo valor mínimo cuantificado fue de 7,4% en el producto preparado, considerando que el mismo sería aceptado por la población.

Palabras clave: topinambur, *Helianthus tuberosus* L., inulina, fructanos, puré.

**ÍNDICE**

Agradecimientos.....	ii
Resumen.....	iii
Índice.....	iv
Capítulo 1: Introducción	
1. Topinambur ( <i>Helianthus tuberosus</i> L.).....	7
1.1. Características y usos.....	7
1.2. Composición química de tubérculos de topinambur.....	9
2. Inulina y fructanos.....	11
2.1. Fibra alimentaria y fructanos.....	11
2.2. Estructura química y existencia natural de inulina y fructanos.....	12
2.3. Propiedades nutricionales de los fructanos.....	13
2.3.1. Inulina y obesidad.....	14
2.3.2. Inulina y diabetes mellitus.....	14
2.3.3. Probióticos y prebióticos.....	14
2.3.4. Inulina y salud ósea.....	15
2.3.5. Inulina y sistema cardiovascular.....	15
2.3.6. Inulina, sistema inmune y prevención del cáncer.....	16
2.4. Funcionalidad tecnológica de los fructanos.....	16
2.5. Efectos del almacenamiento y procesamiento sobre la inulina presente en tubérculos de topinambur.....	17
3. Puré.....	19
3.1. Consideraciones del Código Alimentario Argentino.....	19
3.2. Proceso industrial de elaboración.....	19
4. Evaluación sensorial.....	25
4.1. Condiciones generales para una degustación.....	26
4.2. Prueba sensorial afectiva.....	26
5. Hipótesis del estudio.....	28
6. Objetivos.....	28
6.1. General.....	28
6.2. Específicos.....	28
Capítulo 2: Materiales y métodos	
1. Tubérculos de topinambur.....	30
1.1. Toma de muestra.....	30
1.2. Caracterización físico-química.....	31
1.3. Cuantificación de fructanos.....	31
2. Puré de topinambur.....	32
2.1. Proceso de elaboración a escala experimental.....	32
2.2. Caracterización físico-química.....	43
2.3. Cuantificación de fructanos.....	43
3. Evaluación sensorial del puré de topinambur preparado:	
3.1. Análisis sensorial afectivo.....	44
3.1.1. Objetivos del estudio.....	44
3.1.2. Descripción del análisis sensorial realizado.....	44
3.2. Análisis estadístico de datos.....	48
Capítulo 3: Resultados y discusión	
1. Tubérculos de topinambur.....	50
1.1. Caracterización físico-química.....	50
1.2. Cuantificación de fructanos.....	50
2. Puré de topinambur.....	50
2.1. Rendimientos del proceso de elaboración a escala experimental.....	50
2.2. Caracterización físico-química.....	52
2.3. Cuantificación de fructanos.....	53

3. Evaluación sensorial del puré de topinambur preparado.....	56
3.1. Distribución de la muestra poblacional de consumidores.....	56
3.2. Prueba de apreciación hedónica o grado de aceptación.....	57
3.3. Prueba de actitud o intención de compra.....	59
Capítulo 4: Conclusiones .....	62
Bibliografía.....	64
Anexo 1.....	66
Anexo 2.....	70
Anexo 3.....	71
Anexo 4.....	72
Anexo 5.....	73



# **CAPÍTULO 1:**

# **INTRODUCCIÓN**

## 1. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.)

El topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) es una especie perteneciente a la familia de las Asteráceas (Compuestas) originaria de América del Norte. Es conocida a nivel mundial con diversos nombres comunes, entre los cuales se encuentran “pataca”, “cotufa”, “alcachofa de Jerusalem”, “girasol tuberoso”, “aguaturma”, entre muchos otros. Sin embargo “topinambur” es el nombre común más popular, el cual se adoptó a partir del nombre de los nativos (Topinambous) de la Isla de S. Luiz de Maranhão en la costa de Brasil, cuando aún se consideraba un posible origen Sudamericano (Kays y Nottingham, 2007).

Respecto a la historia del topinambur, se piensa que es una de las especies más antiguas cultivadas en América del Norte, cuyo cultivo era desarrollado por diversos grupos de nativos americanos, siglos antes de que exploradores europeos arribaran al continente. Posteriormente la especie fue introducida en Francia y difundida en todo Europa, resultando un significativo recurso de carbohidratos en la dieta humana y animal. Su importancia declinó luego de la introducción de la papa (*Solanum tuberosum* L.) al continente, pero resurgió después de la Segunda Guerra Mundial cuando esta última se volvió escasa (Kays y Nottingham, 2007). En Argentina *Helianthus tuberosus* L. fue introducido por los inmigrantes a principios del siglo XX (Rebora (a), 2008).

### 1.1. Características y usos

El topinambur es una planta herbácea, de tallos ramificados que pueden alcanzar 2 a 3 metros de altura. Esta especie produce tallos subterráneos (tubérculos) ricos en carbohidratos de reserva, los que permiten la reproducción agámica (Rebora (b), 2008). Su rendimiento de tubérculos es alto, variando entre 30 y 70 toneladas (peso fresco) por hectárea (Denoroy, citado por Rebora (b), 2008).



Figura 1: Planta de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.)



Figura 2: Inflorescencia de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.)

En América del Norte y Europa existen numerosas variedades de topinambur probadas en diversos estudios científicos. Sin embargo, en Argentina no hay cultivares de topinambur registrados, aunque existe documentación y testimonios del ingreso de distintas variedades al país. Un estudio realizado en Mendoza, detectó diferencias morfológicas que permitieron agrupar a las introducciones en dos grupos, correspondiendo uno a tubérculos con epidermis roja y forma aproximadamente esférica y otro a tubérculos blancos de forma irregular (Rebora (a), 2008).



Figura 3: Tubérculos de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) con epidermis roja.



Figura 4: Tubérculos de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) con epidermis blanca.

El topinambur crece sin mayores problemas en suelos pobres (Kosaric et al., citados por Rebora (b), 2008). Sin embargo, prospera mejor y se obtienen mayores rendimientos en suelos fértiles. Es considerado un cultivo muy rústico por ser poco susceptible a plagas y enfermedades, así como a bajas temperaturas (Rebora (b), 2008).

Esta especie es más resistente a la sequía que muchos otros cultivos. Sin embargo, hay dos períodos que presentan sensibilidad a estrés hídrico: la emergencia y el crecimiento de los tubérculos (Denoroy, citado por Rebora (b), 2008).

Respecto a la competencia de las malezas, la misma es despreciable, a excepción del período de implantación. La especie presenta una alta competitividad, que puede atribuirse a un rápido crecimiento y a un gran tamaño final de plantas, que no permiten el desarrollo de la mayoría de las malezas presentes en el cultivo por la sombra que produce la canopia del topinambur sobre las mismas (Schittenhelm, citado por Rebora (b), 2008).

El topinambur es un cultivo con gran potencial como alimento, productos industriales y producción de combustibles. Los principales usos que pueden darse a los tubérculos son: hortícola, forrajero, extracción de inulina y derivados y producción de etanol (Rebora (b), 2008).

Aunque la utilización de esta especie como hortícola es limitada, se consume en muchos países europeos, en América del Norte y en menor medida en otras partes del mundo. Se mencionan diversas formas de consumo: crudo, cocido e incluso encurtido (Rebora (b), 2008).

Una desventaja del consumo de topinambur como hortaliza, es la forma irregular y más o menos ramificada de los tubérculos, cuya característica dificulta su preparación.

El topinambur es considerado un excelente forraje de doble producción (forraje verde y tubérculos). Sin embargo, la parte aérea no tiene mayores ventajas sobre otros cultivos forrajeros. Los tubérculos son frecuentemente utilizados como reserva energética para el invierno y complementados con forrajes ricos en proteínas. Dado que existen mayores experiencias de uso en alimentación porcina, el topinambur es llamado también “papa chanchera” (Bauer *et al.*, 1974).

La aplicación industrial del topinambur comprende la obtención de productos tales como Jarabe de oligofructosa, Inulina estándar e Inulina HP (high performance), entre otros, los cuales son empleados en la formulación de alimentos, ofreciendo múltiples propiedades tecnológicas y funcionales. Sin embargo, la fuente principal de obtención de estos productos está constituida, en la actualidad, por raíces de achicoria (*Cichorium intybus*) (Madrigal *et al.*, 2007).

Actualmente los cultivos energéticos no representarían un recurso importante como fuente de energía, ya que son más caros que los combustibles fósiles. Sin embargo, ante la disminución de las reservas de estos, es necesario repensar en el uso de energías alternativas, como por ejemplo la proveniente de biomasa vegetal. *Helianthus tuberosus* L. posee potencial para producir energía, con la ventaja de su alto rendimiento en biomasa y la posibilidad de utilizar tanto la parte aérea como los tubérculos (Rebora (b), 2008).

## 1.2. Composición química de tubérculos de topinambur

Los tubérculos de topinambur contienen alrededor de 80% de agua, 15% de carbohidratos y 1 a 2% de proteínas. Su contenido de almidón es mínimo o nulo y contienen pequeñas cantidades de grasas (Kays y Nottingham, 2007). Su valor calórico es de 25 a 27 kcal / 100 g dependiendo de la variedad, el cual resulta bajo en comparación a las 2000 kcal diarias recomendadas.

Los tubérculos de topinambur almacenan polisacáridos en forma de fructanos y, dentro de éstos, la inulina es el principal carbohidrato de reserva. Dada la presencia de fructanos, los tubérculos son una buena fuente de fibra dietaria. La fibra proveniente del topinambur (fructanos) ha sido aceptada desde 1992 como ingrediente GRAS (Generalmente Reconocido como Seguro) por la Food and Drug Administration (FDA) (Scollo *et al.*, 2011). El contenido de inulina en los tubérculos puede variar desde 7 a 30% de peso fresco (alrededor de 50% de peso seco). Sin embargo, para esta variación los valores típicos de inulina se encuentran entre 8 y 21% (Kays y Nottingham, 2007).

La fracción proteica de los tubérculos contiene todos los aminoácidos esenciales en proporciones favorables. Esta es rica en lisina y metionina, en comparación a la fracción proteica de otras raíces y tubérculos, y es considerada de alta calidad para aplicaciones alimentarias (Kays y Nottingham, 2007).

Los tubérculos de topinambur tienen un alto contenido mineral. Son especialmente ricos en hierro (0,4 a 3,7 mg/100 g), calcio (10 a 37 mg/100 g) y potasio (420 a 657 mg/100 g). Sin embargo, poseen relativamente poco sodio (1,8 a 20 mg/100 g) (Kays y Nottingham, 2007). Como consecuencia de su alto contenido de minerales y especialmente de su relación sodio/potasio, el topinambur es adecuado para patologías que presentan hipertensión (Scollo *et al.*, 2011).

Los tubérculos de topinambur son una buena fuente de vitaminas, especialmente vitaminas del complejo B, vitamina C (ácido ascórbico) y beta caroteno. Tienen niveles relativamente altos de folatos y ácido fólico (13 a 22  $\mu\text{g}$  /100 g) junto con otras vitaminas del complejo B (tiamina, riovflavina, niacina, B6, ácido pantoténico, biotina y cobalamina). La concentración de vitamina C es menor que en la parte aérea de la planta, pero es superior a la contenida en otras raíces y tubérculos, por ejemplo, alrededor de cuatro veces mayor que en papa. La concentración de vitaminas es altamente dependiente del estado de desarrollo, condiciones climáticas, prácticas agronómicas y otros factores (Kays y Nottingham, 2007).

Tabla 1: Composición química de raíces y tubérculos de topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) referida a sustancia fresca.

Constituyentes	Valor	Unidad
<b>MAYORITARIOS</b>		
Agua	78,9	g / 100g
Nitrógeno total	0,39	g / 100g
Proteína (N x 6,25)	2,44	g / 100g
Grasa	0,41	g / 100g
Hidratos de carbono	4,01	g / 100g
Fibra dietaria total	12,1	g / 100g
Ácidos orgánicos totales	0,44	g / 100g
Minerales	1,74	g / 100g
<b>MINERALES</b>		
Potasio	478	mg / 100g
Magnesio	20	mg / 100g
Calcio	10	mg / 100g
Hierro	3,7	mg / 100g
Fósforo	78	mg / 100g
Sodio	22	mg / 100g
<b>VITAMINAS</b>		
Equivalente de retinol	2,01	$\mu\text{g}$ / 100g
Carotenoides totales	12	$\mu\text{g}$ / 100g
$\beta$ -Carotenos	12	$\mu\text{g}$ / 100g
Vitamina B1	200	$\mu\text{g}$ / 100g
Vitamina B2	60	$\mu\text{g}$ / 100g
Nicotinamida	1,3	mg / 100g
Vitamina C	4,1	mg / 100g
<b>ACIDOS ORGANICOS</b>		
Ácido Málico	200	mg / 100g
Ácido Cítrico	235	mg / 100g
Ácido Succínico	7	mg / 100g
Ácido Fumárico	12	mg / 100g

Continuación Tabla 1: Composición química de raíces y tubérculos de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) referida a sustancia fresca.

Constituyentes	Valor	Unidad
<b>POLISACARIDOS</b>		
Inulina*	8-21	g / 100g
Sacarosa	0,7	g / 100g
<b>ACIDOS GRASOS</b>		
Ácido Palmítico (16:0)	90	mg / 100g
Ácido Esteárico (18:0)	5,1	mg / 100g
Ácido Oleico(18:1)	7,7	mg / 100g
Ácido Linoleico(18:2)	166	mg / 100g
Ácido Linolénico(18:3)	43	mg / 100g

\*El contenido de inulina en 100 g de polisacáridos es de 89 g.

Fuentes: Souci-Fachman-Kraut, citados por Scollo, 2011 y Kays y Nottingham, 2007.

A partir de los tubérculos es posible obtener harina de topinambur, cuya particularidad de no formar gluten, la hace apta para celíacos (Scollo *et al.*, 2011).

Durante la preparación culinaria, la inulina se degrada parcialmente y su composición química cambia. La inulina se despolimeriza a alrededor de 150 °C, formando fructosa y polímeros de cadena corta (Kays y Nottingham, 2007).

El almacenamiento refrigerado a 4-5°C del topinambur produce cambios en la composición de carbohidratos. En etapas iniciales los tubérculos contienen mayor cantidad de fracciones polimerizadas, mientras que en almacenamientos prolongados, el contenido de fructosa libre y sacarosa aumenta. Esto puede indicar un aumento en la actividad enzimática de los tubérculos más viejos, que ocasiona la hidrólisis de las moléculas de inulina a cadenas cortas, utilizadas como fuente energética para el desarrollo y la generación de brotes en el propio tubérculo (Rubel *et al.*, 2009).

El tiempo y la temperatura de almacenamiento de los tubérculos condicionan el grado de polimerización de los fructanos (Saengthongpinit y Sajjaanantakul, 2005).

## 2. Inulina y fructanos

### 2.1. Fibra alimentaria y fructanos

El Código Alimentario Argentino (CAA), en su capítulo V: Normas para la rotulación y publicidad de los alimentos, define fibra alimentaria como “cualquier material comestible que no sea hidrolizado por las enzimas endógenas del tracto digestivo humano”.

El Codex Alimentarius propone la siguiente definición: “La Fibra Dietética consta de polímeros de carbohidratos comestibles con 3 o más unidades monoméricas, que no son hidrolizados por enzimas endógenas del intestino delgado humano y que pueden encontrarse naturalmente en los alimentos en la forma en que se consumen, obtenerse de materia prima alimentaria (por medios físicos, enzimáticos o químicos) o generarse como polímeros sintéticos, cuyo efecto fisiológico beneficioso para la salud debe ser demostrado mediante pruebas científicas aceptadas.. La fibra dietética no es digerida ni absorbida en el intestino delgado y acusa al menos una de las siguientes propiedades: incremento de la defecación, incremento de las propiedades laxantes, estimulación de la fermentación en el colon, reducción de los niveles de colesterol total y/o de LDL y reducción de los niveles de glucosa y/o insulina post-prandial”.

La fibra alimentaria o fibra dietética o dietaria (FD) se considera formada por dos componentes: la porción insoluble que presenta baja capacidad de captación de agua y en la que se encuentra la lignina, celulosa y algunas hemicelulosas y la fracción soluble que exhibe gran afinidad con el

agua y se hidrata en una proporción muy alta, pudiendo formar dispersiones que alteran fuertemente la viscosidad del medio en que se encuentran. Los componentes solubles incluyen: pectinas, gomas, mucílagos, algunas hemicelulosas, polisacáridos de algas y fructanos (Hernández Rodríguez *et. al.*, 1999).

Otra clasificación de FD, basada en su cualidad de ser fermentable, incluye la fibra poco fermentable y la fibra muy fermentable. La primera, consta de celulosa y lignina, las cuales son muy resistentes a la degradación bacteriana en el colon y resultan excretadas intactas por las heces. La segunda, formada por hemicelulosa soluble e insoluble, pectinas, almidón resistente y fructanos, son parcialmente fermentadas por las bacterias del colon (Hernández Rodríguez *et. al.*, 1999).

Alrededor del año 2005 se propusieron los conceptos de fibra dietética y fibra funcional. Esta es una clasificación basada en los efectos fisiológicos o funcionales que los distintos componentes de dicha fibra pueden proporcionar al individuo. La fibra dietética se ha definido como los carbohidratos no digeribles y la lignina, los cuales son intrínsecos de las plantas, mientras que fibra funcional consiste en carbohidratos no digeribles aislados que tengan efectos fisiológicos beneficiosos en los seres humanos. Bajo estos términos, los fructanos se consideran parte de la fibra funcional. La fibra dietética total incluye a la fibra funcional (Madrigal *et al.*, 2007).

La presencia de ciertas cantidades de inulina o sus derivados (oligofructosa y fructooligosacáridos) en la formulación de un producto alimentario hace que su consumo resulte beneficioso para la salud, y podría dicho producto ser considerado como "alimento funcional", que por definición sería aquel que contiene un componente o nutriente con actividad selectiva beneficiosa, lo que le confiere un efecto fisiológico adicional a su valor nutricional (Madrigal *et al.*, 2007).

## 2.2. Estructura química y existencia natural de inulina y fructanos

La inulina es un carbohidrato de reserva energética presente en más de 36.000 especies de plantas, aislada por primera vez en 1804, a partir de la especie *Inula helenium*, por un científico alemán de apellido Rose. En 1818, Thomson, un científico británico, le dio el nombre actual (Kays y Nottingham, 2007).

La inulina está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces  $\beta$ -(2 $\rightarrow$ 1) fructosil-fructosa. Las cadenas de fructosa tienen la particularidad de terminar en una unidad de glucosa unida por un enlace  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 2) (residuo  $\beta$ -D-glucopiranosil), como en la sacarosa (Figura 5.a), pero también el monómero terminal de la cadena puede corresponder a un residuo  $\beta$ -D-fructopiranosil (Madrigal *et al.*, 2007) (Figura 5.b).

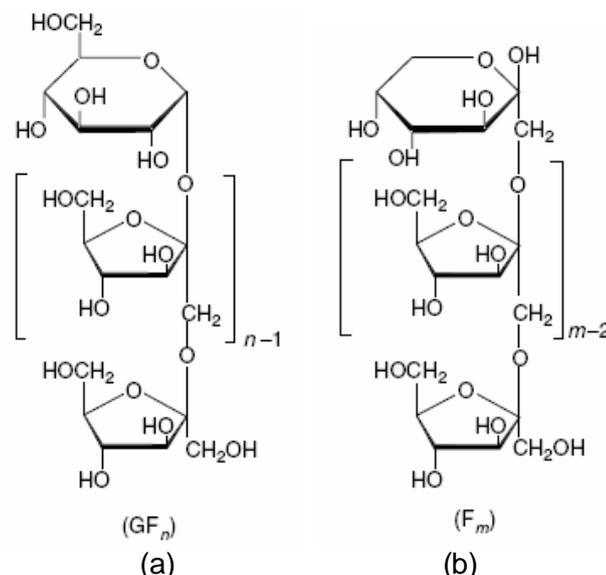


Figura 5: Estructura química de la inulina: con una molécula terminal de glucosa ( $\beta$ -D-glucopiranosil) (a) y con una molécula terminal de fructosa ( $\beta$ -D-fructopiranosil) (b).

El grado de polimerización (GP) (número de subunidades monoméricas individuales) y la presencia de ramificaciones son propiedades importantes dada su influencia en la funcionalidad de la inulina (Franck *et al.*, 2005). La molécula de inulina es mucho más pequeña que la molécula de almidón, con un GP variable de 2 a 70, y se la considera un carbohidrato de cadena corta o de bajo nivel de polimerización. El número promedio de subunidades de fructosa varía según la especie, condiciones de producción y época. Las moléculas con un GP menor de 10 son llamados fructooligosacáridos u oligofructosa (Kays y Nottingham, 2007). Antes, la molécula de inulina era considerada lineal. Sin embargo, recientemente se demostró que la inulina proveniente de raíces de achicoria (GP 12) posee un grado de ramificación mínimo (1-2%) (Franck *et al.*, 2005).

El término “fructanos” es usado de forma más general para definir a cualquier compuesto cuya estructura química está constituida, mayormente, por enlaces fructosil-fructosa. Al igual que la inulina, los levanos son incluidos bajo el término fructanos, y representan compuestos sintetizados por bacterias que se constituyen exclusivamente por enlaces  $\beta$ -(2→6) fructosil-fructosa (Franck *et al.*, 2005).

Después del almidón, los fructanos son los polisacáridos no estructurales más abundantes en la naturaleza, presentes en muchas especies de plantas, hongos y bacterias. Entre las primeras, se encuentra el topinambur con producción en el orden de 89 g / 100 g de polisacáridos (Madrigal *et al.*, 2007).

Los fructanos más ampliamente estudiados y de mayor uso a nivel industrial son la inulina, la oligofructosa y los fructooligosacáridos (FOS).

Los FOS y la oligofructosa son muy similares, pero con diferencias estructurales asociadas a sus diferentes orígenes (hidrólisis enzimática de inulina para la oligofructosa y transfructosilación de sacarosa para los FOS). Las cadenas de las moléculas de oligofructosa son más largas que aquellas producidas por transfructosilación de la sacarosa. No todas las cadenas tienen una glucosa terminal en la oligofructosa, pero los FOS si las tienen (Madrigal *et al.*, 2007).

En la siguiente tabla se presenta una comparación entre los tres compuestos fructanos. Las diferencias estructurales entre ellos condicionan sus características físicas y químicas, y las propiedades que determinan su uso como ingrediente (Madrigal *et al.*, 2007).

Tabla 2: Comparación entre diferentes fructanos: inulina, oligofructosa y fructooligosacáridos (FOS)

Compuesto	Inulina	Oligofructosa	FOS
Origen	Extracción a partir de vegetal (achicoria)	Hidrólisis enzimática de la inulina	Transfructosilación de la sacarosa
Rango GP	2-60	2-9	2-4
GP promedio	10-12	4-5	3
Estructura química	Lineal (1-2% de ramificación)	Lineal	Lineal

### 2.3. Propiedades nutricionales de los fructanos

Los fructanos por su configuración química no pueden ser hidrolizados por las enzimas digestivas del hombre y de animales, por lo que permanecen intactos en su recorrido por la parte superior del tracto gastrointestinal, pero son hidrolizados y fermentados en su totalidad por las bacterias de la parte inferior del tracto gastrointestinal (intestino grueso, colon). En consecuencia, los fructanos se comportan como fibra dietética, aportando los efectos fisiológicos atribuibles a este tipo de compuestos como son la acción laxante, la disminución de los niveles lipídicos y de glucosa en sangre (Madrigal *et al.*, 2007).

Una dieta rica en fibras genera un menor riesgo de obesidad, diabetes, aterosclerosis, cálculos biliares, hemorroides, diverticulitis, apendicitis y cáncer colorrectal (Tortora y Derrickson, 2006).

### 2.3.1. Inulina y obesidad

El consumo de excesivas cantidades de alimentos dulces y grasos de alto valor energético promueve la acumulación de grasa corporal. La obesidad se define como una cantidad excesivamente alta de grasa corporal en relación a la masa corporal magra.

La utilización de inulina como un sustrato fermentable por la microflora del colon, implica que esta es degradada y absorbida en forma limitada. Según las normativas de rotulado de alimentos vigentes en Estados Unidos y Europa, el valor energético considerado para la inulina, es usualmente de 1,5 kcal/g (6,3 kJ/g). Este valor es atribuido a la resistencia a la digestión y fermentación en el intestino grueso, dando ácidos grasos de cadena corta como productos metabólicos que proveen energía al individuo (Roberfroid, citado por Madrigal et al., 2007). En nuestro país, el Código Alimentario Argentino no contempla este aporte energético por parte de los fructanos y por lo tanto se considera que su consumo no provee energía.

El valor calórico del topinambur es menor que el encontrado para otros vegetales, por ejemplo: 100 g de papa hervida aportan 76 kcal mientras que la misma cantidad de topinambur proveen 41 kcal. La inulina proveniente de topinambur puede reemplazar grasas y azúcares en alimentos de bajas calorías (Kays y Nottingham, 2007).

### 2.3.2. Inulina y diabetes mellitus

Diabetes mellitus es una enfermedad en la cual el azúcar circulante en la sangre no es apropiadamente transportado dentro de las células y, en consecuencia el nivel de glucosa en sangre permanece alto.

La diabetes tipo 1 se presenta cuando el páncreas falla en la suficiente producción de insulina y es frecuentemente causada por factores genéticos. La diabetes no insulino-dependiente o de tipo 2 ocurre cuando las células del cuerpo son incapaces de responder eficientemente a la insulina producida. Esta está asociada con obesidad, sobre-nutrición, exceso de azúcares y grasas en la dieta y otros factores (Tortora y Derrickson, 2006).

Los alimentos que contienen inulina son beneficiosos en la dieta de personas con diabetes mellitus. La inulina y los FOS no son absorbidos en el intestino y, en consecuencia no afectan los niveles de insulina, porque el cuerpo no expresa la necesidad de producir insulina. Por lo tanto, el consumo de alimentos ricos en inulina ayuda a restaurar los niveles de azúcar en sangre (Kays y Nottingham, 2007).

Por su efecto hipoglucemiante, la inulina se recomienda en la dieta de individuos con diabetes (Roberfroid, citado por Madrigal et al., 2007), proponiéndose el topinambur como alternativa a la papa en alimentos destinados a este grupo poblacional (Rebora (b), 2008).

### 2.3.3. Probióticos y prebióticos

Un probiótico es generalmente definido como un microorganismo vivo suplementado de alimento que afecta beneficiosamente a su huésped al mejorar su balance microbiano intestinal (Kays y Nottingham, 2007).

El intestino grueso es la región más fuertemente colonizada del sistema digestivo, con más de  $10^{12}$  bacterias por gramo de contenido intestinal. La mayoría de estas bacterias son anaerobias y varían desde las benéficas a las patogénicas. El balance de la microflora intestinal influye de forma muy importante en los procesos digestivos. Las especies beneficiosas naturalmente

presentes en el intestino grueso incluyen a *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*. Los probióticos y sustratos que promueven su actividad, ayudan a modificar el balance hacia el óptimo para las bacterias benéficas, de forma que estas constituyen como mínimo un tercio de la población total de bacterias (Tortora y Derrickson, 2006).

La efectividad de los organismos probióticos depende de muchos factores, incluyendo su habilidad para adherirse a la mucosa intestinal. Un factor crucial en la supervivencia y proliferación de bacterias beneficiosas nativas e introducidas es la disponibilidad de una fuente de carbohidratos que no ha sido digerida por el sistema digestivo humano y que puede ser usada como una sustancia para su crecimiento. Estas sustancias no digeribles que estimulan el crecimiento o la actividad de bacterias beneficiosas en el colon son llamados prebióticos.

La inulina y los FOS son excelentes prebióticos, ya que estos no son digeridos ni absorbidos en el intestino delgado. Alrededor del 89% de la inulina ingerida llega intacta al colon donde actúa como un sustrato fermentable por las bacterias beneficiosas. Cinco gramos de inulina en la dieta diaria pueden producir un observable efecto bifidogénico (Kays y Nottingham, 2007).

Los tubérculos de topinambur son ricos en inulina y FOS y, en consecuencia son una fuente potencial de prebióticos. Adicionalmente, los suplementos prebióticos de inulina son agregados a alimentos sin componentes probióticos para promover la actividad de bifidobacterias nativas (Kays y Nottingham, 2007).

Una investigación reciente mostró que los carbohidratos ricos en inulina extraídos de tubérculos de topinambur almacenados a 4-5°C y 98% de humedad relativa por un período máximo de 8 meses, fueron fermentados por la bacteria probiótica *Lactobacillus paracasei* tan eficientemente como la inulina comercial obtenida de raíces de achicoria. La mayor actividad prebiótica in vitro fue exhibida por los carbohidratos ricos en inulina provenientes de tubérculos almacenados durante 4 meses y esta fue, incluso mayor que el valor obtenido usando inulina comercial. Estos resultados indican que los carbohidratos ricos en inulina provenientes de topinambur presentan las condiciones, incluyendo pureza (~90 p/p) y GP (~9), requeridas para ser considerados un ingrediente prebiótico comercial (Rubel *et al.*, 2014).

#### **2.3.4. Inulina y salud ósea**

Una propiedad comprobada en investigaciones recientes indica una mejora en la disponibilidad del calcio cuando la inulina y sus derivados son incluidos en la dieta (Zuleta *et al.*, 2001).

La osteoporosis es una condición caracterizada por una disminución de masa y densidad ósea que causa, especialmente en mujeres post-menopáusicas, que los huesos se vuelvan frágiles y vulnerables a fracturas. Esta afección puede prevenirse y mitigarse con dietas apropiadas, en las cuales el calcio es un factor clave en la resistencia ósea (Tortora y Derrickson, 2006).

La inulina y los FOS adicionados a la dieta de animales incrementaron significativamente la absorción de calcio. Esto puede incrementar la mineralización y la densidad mineral de los huesos. Estudios en humanos han demostrado efectos beneficiosos de mejora en la absorción de calcio, en adolescentes y mujeres post-menopáusicas, con mezclas de inulina de altos y bajos GP (Kays y Nottingham, 2007).

#### **2.3.5. Inulina y sistema cardiovascular**

La inulina y los FOS ayudan a mantener la salud del sistema cardiovascular y pueden reducir el riesgo de enfermedad cardíaca. Un factor clave en este respecto es el mantenimiento o la mejora en la composición lipídica en sangre, a través de la disminución de los niveles de triglicéridos y colesterol (Kays y Nottingham, 2007).

La fibra soluble contribuye a mantener bajos los niveles sanguíneos de colesterol. El hígado convierte normalmente al colesterol en sales biliares, que se liberan en el intestino delgado e intervienen en la digestión de las grasas. Llevada a cabo su tarea, las sales biliares se reabsorben en el intestino delgado y se reciclan de nuevo en el hígado. Las fibras solubles rodean a las sales biliares para impedir su reabsorción, de esta manera el hígado produce más sales biliares para reemplazar a las pérdidas con las heces. El hígado utiliza por lo tanto más colesterol para formar más sales biliares y los niveles sanguíneos de colesterol disminuyen (Tortora y Derrickson, 2006).

En experimentos con ratas bajo dietas ricas en inulina, se demostró que estas tuvieron niveles de lípidos totales y colesterol en sangre menores que los animales control, mientras que la reducción de triglicéridos en suero fue reportada para ratas bajo dietas que contenían entre 5 y 20% de FOS (Kays y Nottingham, 2007).

Algunos estudios en humanos han mostrado disminución en los niveles de colesterol y triglicéridos en grupos tomando suplementos de inulina y FOS. Los suplementos de fructanos tipo inulina actúan reduciendo la lipogénesis en el hígado y esto disminuye la concentración de lípidos en la sangre (Kays y Nottingham, 2007).

### **2.3.6. Inulina, sistema inmunitario y prevención del cáncer**

La inulina y los FOS modulan la respuesta del sistema inmunitario frente a enfermedades, a través de la estimulación de bifidobacterias y lactobacilos, y la mejora en el equilibrio microbiano general en el colon. En este rol, los prebióticos han mostrado promover la producción de macrófagos, linfocitos y anticuerpos y, en particular la producción local de inmunoglobulina A en el intestino y la mucosa cecal. Adicionalmente, la población de bifidobacterias y lactobacilos prosperantes ayudan a fortalecer la mucosa del revestimiento intestinal. Esta acción es posible dado que estos microorganismos compiten con patógenos por los sitios de adhesión a la mucosa intestinal, produciendo ácidos grasos de cadena corta que nutren las células de la mucosa, disminuyendo el pH a niveles desfavorables para los patógenos, y liberando bacteriocinas contra los mismos (Kays y Nottingham, 2007).

Investigaciones han mostrado una reducción potencial del riesgo de cáncer cuando la inulina y sus derivados son incluidos en la dieta (Zuleta et al., 2001). Por promover el sistema inmune, se ha alegado que los suplementos de FOS reducen el riesgo de desarrollo de cáncer colorrectal. En ratones y ratas, los FOS redujeron la carcinogénesis y la ocurrencia de tumores en el colon, mientras que la inulina y los FOS en la dieta suprimieron la inducción química de tumores. La liberación del ácido graso butírico de cadena corta, a partir de la fermentación de inulina y FOS, puede jugar un rol en la supresión del cáncer de colon. El ácido butírico ha mostrado tener un efecto antiproliferativo directo en células tumorales in vitro, mientras que su liberación ha sido correlacionada con un efecto protector contra el cáncer de colon en estudios experimentales con ratas. Sin embargo, se requieren más pruebas antes de decir de forma definitiva que la fibra dietaria como la inulina previene el cáncer colorrectal (Kays y Nottingham, 2007).

## **2.4. Funcionalidad tecnológica de los fructanos**

La inulina y derivados son usados como ingredientes en alimentos funcionales, ya que ofrecen una única combinación de interesantes propiedades nutricionales e importantes beneficios tecnológicos (Franck et al., 2005).

La inulina y sus derivados ofrecen múltiples usos como ingredientes en la formulación de productos. Se los puede adicionar como edulcorantes de bajas calorías y agentes de volumen en alimentos de bajo contenido lipídico (Bach et al., 2012). Estos productos pueden actuar como sustituto de grasas o azúcares y como suplemento de fibra dietética (Safaa et al., 2009).

La inulina posee propiedades similares a las del almidón (Madrigal *et al.*, 2007). Su capacidad de formar gel es determinante en su uso como sustituto de grasas en productos lácteos, untables y otros, en los que las propiedades funcionales que otorgan las grasas son indispensables para lograr los efectos sensoriales deseados por los consumidores. Adicionalmente, actúa mejorando la estabilidad de emulsiones y espumas, por lo que se usa como estabilizante en diversos productos alimenticios. Se observa un efecto sinérgico entre la inulina y otros agentes espesantes como la gelatina, alginatos, gomas y maltodextrinas (Madrigal *et al.*, 2007).

El uso de harina de topinambur rica en inulina en la formulación de panificados, dio como resultado productos con propiedades sensoriales sin diferencias significativas de aquellos elaborados sólo con harina de trigo y buena aceptación por los consumidores en general (Scollo *et al.*, 2011).

La oligofructosa posee propiedades tecnológicas similares a la sacarosa y al jarabe de glucosa. Esta tiene mayor solubilidad y dulzor y presenta sinergia con edulcorantes como el acesulfame K-aspartamo, con mejoras en el efecto residual. La oligofructosa es estable a altas temperaturas, con propiedades humectantes, reduce la actividad de agua y por lo tanto propicia la estabilidad microbiológica y afecta los puntos de fusión y ebullición, adicionalmente (Madrigal *et al.*, 2007).

A pH menores de 4, los enlaces tipo  $\beta$  de las unidades de fructosa, tanto en la inulina como en la oligofructosa, se hidrolizan con la consecuente formación de fructosa. Por esta razón, estos compuestos no pueden ser usados en alimentos muy ácidos (Madrigal *et al.*, 2007).

La inulina y sus derivados han sido calificados como materiales bioactivos que pueden ser incorporados en los envases de alimentos para dar origen a empaques bioactivos. Los materiales bioactivos son aquellos que modifican positivamente la funcionalidad de procesos fisiológicos del organismo (Madrigal *et al.*, 2007).

## **2.5. Efectos del almacenamiento y procesamiento sobre la inulina presente en tubérculos de topinambur**

La inulina es un carbohidrato soluble no digerible, el cual por acción enzimática y/o medio ácido y calor se transforma en fructosa (Scollo *et al.*, 2011).

El momento de cosecha de topinambur influye en las características de la inulina presente en los mismos, observándose una disminución del contenido de moléculas con GP 11-20 al prolongarse la cosecha luego de 18 semanas desde la siembra. Investigaciones realizadas en Tailandia, han demostrado que el momento óptimo de cosecha de tubérculos corresponde a 18 semanas posteriores a la siembra, cuando las cantidades de inulina de alto GP y de materia seca son las más altas encontradas (Saengthongpinit y Sajjaanantakul, 2005).

Investigaciones demuestran la pérdida parcial de inulina, en tubérculos de topinambur, durante el almacenamiento a bajas temperaturas y ciertos procesos de industrialización como el secado. Las condiciones de temperatura y tiempo, durante el almacenamiento de tubérculos, afectan la calidad y perfil de distribución (según GP) de la inulina presente. El almacenamiento de tubérculos a 2 y 5°C, evidenció un incremento de sacarosa e inulina de GP 3-10 y una disminución de moléculas de inulina de GP>10, después de 4-6 semanas. Por el contrario, el almacenamiento a -18°C por un período de 3 meses, no mostró ningún cambio en la composición original de inulina (Saengthongpinit y Sajjaanantakul, 2005) (Figura 6).

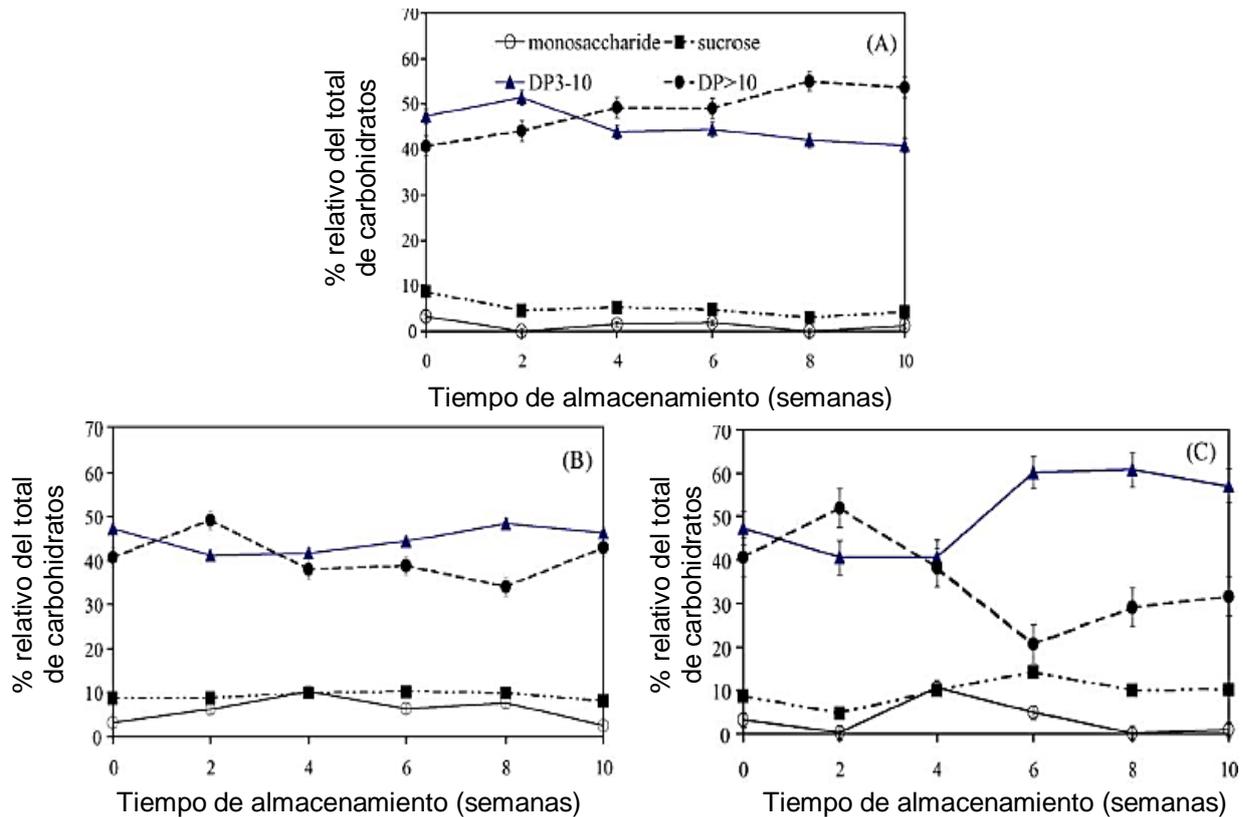


Figura 6: Perfil de distribución de azúcares e inulina con sus correspondientes porcentajes relativos al total de carbohidratos (promedio  $\pm$  DS) presentes en tubérculos de topinambur de 20 semanas de madurez almacenados a  $-18^{\circ}\text{C}$  (A),  $2^{\circ}\text{C}$  (B) y  $5^{\circ}\text{C}$  (C) por 10 semanas.

Un ensayo de almacenamiento en cámara a  $4-5^{\circ}\text{C}$  y 98% de humedad relativa, mostró que tanto el contenido de inulina como su GP en tubérculos de topinambur, decrecieron significativamente a lo largo de la conservación. La reducción del contenido de inulina fue del 26% respecto del valor inicial.

Esto sugeriría que la inulina se hidrolizó enzimáticamente, dando como productos de degradación FOS, sacarosa y monosacáridos. El estudio demostró además, que tubérculos de topinambur almacenados por períodos inferiores a 4 meses podrían ser utilizados para la obtención de inulina con  $\text{GP} > 12$ , mientras que tubérculos con tiempos de almacenamiento superiores, serían aptos como fuente de FOS (Rubel *et al.*, 2009).

La despolimerización ocurre por acción de dos enzimas: Fructano-exohidrolasas y Fructano-fructano fructosil transferasa, las cuales son activas en los tubérculos y cumplen la función de proveer compuestos carbonados de bajo peso molecular para procesos de respiración celular. Ambas enzimas son activas a bajas temperaturas, aunque la utilización del carbono es relativamente baja durante el almacenamiento en frío (Kays y Nottingham, 2007).

En lo que respecta a procesamiento de tubérculos de topinambur, un estudio reveló que 10-25% de la inulina fue hidrolizada durante un proceso de secado con temperaturas entre  $60$  y  $80^{\circ}\text{C}$  por más de 48 horas de los tubérculos enteros, hecho que confirma la inestabilidad del biopolímero, el cual se hidroliza rápidamente originando numerosos oligosacáridos de menor peso molecular (Scollo *et al.*, 2011).

Una investigación sobre la estabilidad química de la inulina en solución acuosa, permitió concluir que la misma disminuye en un medio acidificado a  $\text{pH} \leq 4$  cuando la temperatura y el tiempo de calentamiento aumentan, lo que sugiere que la inulina tiene aplicaciones limitadas en alimentos ácidos ( $\text{pH} \leq 4$ ), especialmente cuando estos son calentados a temperaturas superiores a  $60^\circ\text{C}$ . En medios neutros o alcalinos, la inulina es químicamente estable independientemente del pH, la temperatura y el tiempo de calentamiento, lo que implica que la degradación de la misma no tendría lugar en productos con  $\text{pH} \geq 5$  calentados hasta  $100^\circ\text{C}$  (Glibowski y Bukowska, 2011).

### 3. Puré

#### 3.1. Consideraciones del Código Alimentario Argentino

Debido a que en la actualidad, la industrialización de puré instantáneo del topinambur es escasa o nula en nuestro país, se consideran los aspectos reglamentarios del Código Alimentario Argentino para puré instantáneo de papas, el cual establece:

Artículo 685bis - (Res 153, 15.2.78)

"Con la denominación de Puré de papas instantáneo, se entiende el producto elaborado por deshidratación adecuada de papas sanas, previamente peladas y precocidas. Se presentará en forma de gránulos, copos o escamas; de color blanco o blanco amarillento. Su contenido de humedad a  $100^\circ\text{-}105^\circ\text{C}$  no será superior a 8,0%.

Podrá contener:

- a) Monoglicéridos de ácidos palmítico y/o esteárico, hasta 0,5%.
- b) Antioxidantes de uso permitido por el presente Código, hasta 40,0 mg/kg (40 ppm).
- c) Grasas comestibles, hidrogenadas o no, hasta 1,0%.
- d) Anhídrido sulfuroso total, hasta 150 mg/kg (150 ppm).

Este producto se rotulará: Puré de papas instantáneo, con caracteres de igual tamaño, realce y visibilidad. En el rótulo principal o en otro complementario se consignará su forma de rehidratación; condiciones de mantenimiento para evitar su alteración. En el rótulo principal deberá figurar: mes y año de elaboración".

El Código Alimentario Argentino en sus disposiciones sobre productos deshidratados incluye los tubérculos de topinambur entre sus posibles materias primas:

Artículo 839:

"Con el nombre de *topinambur*, *tupinambó*, *cotufa*, *papa árabe* o *pataca*, se entiende a los tubérculos de *Helianthus tuberosus* L."

#### 3.2. Proceso industrial de elaboración

Considerando que al presente, en nuestro país, el topinambur no se industrializa, se propone a continuación un proceso industrial basado en los principios de elaboración de puré de papa instantáneo, adaptado para el procesamiento de topinambur.

Al final de la descripción de las etapas se expone el diagrama de flujo correspondiente.

##### Cosecha:

Los tubérculos de topinambur alcanzan su madurez comercial luego de ocurridas las primeras heladas (Rebora (b), 2008). Dadas las condiciones de conservación de los tubérculos bajo tierra (sin ser cosechados), la cosecha de topinambur puede extenderse hasta dos meses después de ocurrida la madurez comercial sin pérdida de las características organolépticas y nutricionales, ya que se trata de un órgano de reserva y resistencia. Esto determina que el momento oportuno de cosecha puede extenderse desde principios o mediados de mayo hasta principios o mediados de julio.

El rendimiento a campo de tubérculos de topinambur en Mendoza oscila entre 30 y 70 Tn por hectárea, resultando un valor promedio de rendimiento a campo aproximado de 50 Tn/ha (Rebora (b), 2008).

Con el fin de optimizar los recursos económicos y disminuir el riesgo de operación de la cosecha, se puede utilizar una máquina cosechadora de papas, calibrada para la cosecha de tubérculos de topinambur.

#### Transporte:

Los tubérculos recién cosechados a campo se cargan en camiones cuyo peso nominal permitido por ley es de 28.000 kg. La carga se realiza a granel o en grandes recipientes y con la pre-limpieza que realiza la máquina cosechadora.

Considerando que los tubérculos transportados tienen dos posibles destinos en planta: cámara de almacenamiento o producción, se establecen diferentes formas de transporte de los mismos.

En el primer caso, los tubérculos recién cosechados son colocados en bins de madera de 500 kg o bolsones big-bag de polipropileno de 800 kg y cargados en un camión. Para el destino a producción son transportados a granel sobre camiones con capacidad de volcar la carga en planta. Al terminar la etapa de cosecha, se inicia el procesamiento de los tubérculos almacenados en cámara.

#### Recepción y control de calidad:

Previo a la descarga de los camiones, se realiza el pesaje de los mismos y una toma de muestra representativa (muestreo aleatorio simple) de la carga de cada camión:

Muestra: 3 kg de tubérculos (aproximadamente 40 unidades), tomados al azar de distintos puntos de la carga, de cada camión que ingresa a la planta.

Cada muestra extraída se envía al laboratorio a fin de evaluar las siguientes variables:

Estado sanitario: se evalúa la presencia y nivel de afectación de podredumbres causadas por hongos o bacterias que afectarían las características organolépticas del producto, o su aptitud para ser procesada o conservada.

Clasificación:

Apto: < 5% de podredumbre en peso.

No apto: > 5% de podredumbre en peso.

Instrumental: balanza de laboratorio y cuchillo para extraer partes afectadas.

Daño físico: se contabiliza el porcentaje de tubérculos que presenten daño por golpes, ruptura o cortes debido al proceso de cosecha y transporte, con el objetivo de definir la necesidad de cambios en la calibración de la máquina cosechadora y los cuidados durante el transporte.

Clasificación:

Daño aceptable: < 10%

Daño excesivo: > 10% (amerita mejorar la calibración de la maquinaria de cosecha)

Peso promedio de tubérculos: se toma el peso de todos los tubérculos, se calcula el valor promedio y se clasifican en grandes, medianos o pequeños a los fines de calibrar la maquinaria, estimar rendimientos y evaluar eficiencias del proceso.

La clasificación por peso busca calificar el tamaño promedio de los tubérculos que han sido cargados en el camión y no está destinada a una posterior separación por tamaño de los tubérculos.

Clasificación:

Grandes: más de 80 g

Medianos: de 30 a 80 g

Pequeños: menos de 30 g

Instrumental: balanza de laboratorio

Sólidos solubles: se determina el contenido de sólidos solubles con el objetivo de relacionar dicho valor con el rendimiento final del proceso.

Valores normales: 18 a 20%

Instrumental: refractómetro (Skoog *et al.*, 2000)

Los resultados de cada muestra evaluada y el origen de la carga del camión, se deben archivar en los registros de ingreso de materia prima a los fines de la trazabilidad del producto y de la evaluación del proceso y sus variaciones estacionales.

Una vez realizados los análisis, la carga apta para ser procesada es volcada por el camión en una tolva de recepción con cinta transportadora que alimenta la lavadora o transportada en sus correspondientes bins o bolsones a cámara de conservación en frío mediante autoelevador (Arthey y Dennis, 1992).

#### Conservación en cámara frigorífica:

Los tubérculos se conservan en cámara dentro de bins de madera de 500 kg o big-bags de 800 kg.

Las condiciones de conservación son las siguientes:

- Temperatura: 2- 4°C
- Humedad relativa: 90%

Cada cámara se divide en columnas y filas, que se definen con líneas pintadas en el suelo, de esta manera se establecen espacios ordenados y definidos para llevar registros de ubicación del material ingresante. Los bins pueden ser apilados de a 4 unidades y los big-bag de a 3. El llenado de la cámara se debe realizar de adelante hacia atrás de forma que salgan inicialmente los envases que ingresaron primero. Se debe respetar un espacio entre envases de 10 cm mínimos y entre envases y paredes de 40 cm, permitiendo en el primer caso la mejor circulación del aire frío y en el segundo, la circulación de personal para realizar la limpieza y el control necesarios durante los meses de almacenamiento (Arthey y Dennis, 1992).

#### Lavado:

Para la etapa de lavado, los tubérculos pueden provenir directamente del campo o pueden estar conservados en cámara. En ambos casos se procede como se indica a continuación:

a) Si provienen directamente del campo: los tubérculos a granel, contenidos en camiones y aptos para su procesamiento, son volcados en una tolva de recepción con transportador de cadenas que facilita su vaciado. La misma tiene una capacidad de carga suficiente para contener los tubérculos transportados en un camión, es decir alrededor de 28 toneladas. Desde esta tolva se alimenta la lavadora colocada a continuación.

b) De los tubérculos conservados en cámara: se extraen los bins o big-bag conservados en frío con ayuda de un autoelevador volquete, el cual vuelca el contenido de los envases sobre la tolva de recepción ubicada antes de la lavadora (Arthey y Dennis, 1992).

Para eliminar la tierra adherida a los tubérculos que contaminaría el producto, además de dificultar su posterior pelado termofísico, se utiliza una lavadora con sistema de inmersión con cinta transportadora continua, combinado con un sistema de aspersión. El agua de lavado debe ser potable y adicionada de cloro en una concentración de 10 ppm para asegurar una correcta limpieza (Arthey y Dennis, 1992).

La cinta transportadora es de material sintético perforado a los fines de resistir la corrosión del agua y facilitar la circulación de la misma. La pileta de inmersión cuenta con una bomba de recirculación, agitadores mecánicos y filtros (Deblasi S.A., 2014).

#### Pelado:

Se utiliza un sistema de pelado termo-físico con uso de vapor a presión, ya que este método ofrece mayor rendimiento y menor uso de mano de obra para retoques. A su vez, presenta menor generación de efluentes líquidos en comparación con otros métodos.

La maquinaria consta de un recipiente hermético en el cual se exponen los tubérculos durante 15-30 minutos a la acción del vapor a presión, seguido de una aspersión de agua fría que disminuye la temperatura de los tubérculos y elimina los restos de piel (Deblasi S.A., 2014).

#### Selección y retoque manual:

Los tubérculos pelados son conducidos por una cinta transportadora hacia una mesa de selección donde operarias calificadas descartan aquellos tubérculos que no cumplen con el mínimo de

calidad establecido (podridos, manchados, fuera de tipo, etc.) y realizan la eliminación de restos de piel que puedan haber quedado luego de la etapa de pelado.

#### Conservación temporal en solución de mantenimiento:

Previendo la posibilidad de que se produzca una demora en el ingreso de los tubérculos pelados al cocedor, se establece una etapa opcional, según necesidad, de conservación temporal en solución de mantenimiento. La misma consiste en una solución de metabisulfito de sodio (INS 223) en concentración de 5 g/L de agua potable. El objeto de esta etapa es evitar la oxidación de los tubérculos pelados, por contacto con el oxígeno del aire, lo que afectaría la apariencia y el color del producto final (Vicente y Cenzano, 2000).

#### Cocción:

Los tubérculos son conducidos por cinta transportadora hacia la entrada de un horno cocedor que permite un ingreso y egreso continuo de material. Esto se logra gracias a la presencia de un espiral situado en el interior del tambor. De esta manera se consigue que el proceso no se detenga y la operación resulte más eficiente. El tiempo de cocción, adecuado para el tamaño medio de tubérculos ingresantes y determinado por el técnico de laboratorio, se regula a través de la velocidad de rotación del eje. El tiempo de cocción medio de los tubérculos de topinambur es de 35 minutos.

La energía calórica del proceso es aportada por una caldera que, al mismo tiempo, alimenta el sistema de pelado y deshidratado (Arthey y Dennis, 1992).

#### Triturado y tamizado:

En esta etapa se utiliza un molino triturador que reduce los tubérculos recién cocidos a pasta. El objetivo de esta etapa es disminuir el tamaño de las partículas de topinambur, para luego poder incorporar y homogeneizar los aditivos que forman parte de la formulación del puré.

La presencia de un equipo tamizador a la salida del molino permite obtener una pasta de textura homogénea (Deblasi S.A., 2014).

El producto de esta etapa es volcado en mezcladoras de hoja en Z para el agregado de aditivos.

#### Mezclado:

La formulación del puré requiere el agregado de los siguientes aditivos para mejorar las características organolépticas y de conservación del producto (Nestle S.A., 2014):

Emulsionantes y estabilizantes de emulsiones: evitan la separación de fases hidrosolubles y liposolubles al momento de la preparación hogareña del puré, mejorando la textura y homogeneidad del producto listo para consumo.
---

- Monoestearato de glicerol (INS 471)

- Pirofosfato de sodio (INS 450 iii)

Regulador de la acidez: mejora el sabor y aroma del producto y provee el pH adecuado para la correcta funcionalidad de aditivos.
--

- Ácido cítrico (INS 330)

Antioxidantes: evitan la degradación oxidativa de los componentes nutricionales del puré.
---

- BHA (INS 320)

- BHT (INS 321)

Una vez que las mezcladoras alcanzan su capacidad de carga máxima, los aditivos son incorporados en las cantidades establecidas según el protocolo de elaboración y homogeneizados a través de las hojas de mezclado. La descarga de las mezcladoras se realiza a un transportador de tornillo sin fin, que mueve el puré hacia la etapa de deshidratación (Brennan *et. al.*, 1980).

#### Deshidratación:

El objetivo de esta operación es asegurar la correcta conservación del puré a través de la reducción de la actividad de agua. Para deshidratar el puré de topinambur recién obtenido, se utiliza un deshidratador de rodillos giratorios (Nestle S.A., 2014).

Para asegurar la correcta deshidratación del puré a través de los tiempos de contacto necesarios, el equipo cuenta con la calibración de la distancia entre rodillos y la velocidad de rotación. La temperatura de los rodillos se regula en el orden de los 120°C. La energía calórica consumida en el proceso proviene del vapor generado en una caldera. El producto obtenido de esta etapa son escamas de puré de topinambur con un porcentaje de agua menor a 8% (Arthey y Dennis, 1992).

#### Trituración:

Obtenido el puré deshidratado, es necesario homogeneizar el tamaño de las escamas que lo conforman. Para lograr esto se emplea un molino de martillo ubicado a continuación de los rodillos deshidratadores. Un tamiz vibratorio permite el paso de aquellas escamas que poseen el tamaño adecuado para conformar el producto (Deblasi S.A., 2014).

#### Almacenamiento temporal y control de producto final:

Las escamas trituradas y tamizadas caen a un primer depósito temporal de producto final, a la espera de los resultados del análisis de calidad.

Se toma una muestra representativa por cada carga contenida en la mezcladora que ha sido deshidratada y triturada:

Muestra: 200 g de puré deshidratado, tomados a través de un dispositivo de muestreo automático que extrae 5 sub-muestras de 40 g a intervalos regulables de tiempo a la salida del tamiz de la trituradora. La misma se homogeneiza y se conforma una muestra representativa de la cantidad de puré deshidratado a partir de cada mezcladora.

Cada muestra es enviada al laboratorio de control de calidad para evaluar las siguientes variables:

Análisis organoléptico: se toman 100 g de producto deshidratado y se prepara puré listo para consumo según el modo de preparación sugerido en el envase. Luego se evalúa color, sabor, olor y textura. El lote cuya muestra presente alguna de estas cualidades fuera de estándar se debe descartar para comercialización.

Contenido de humedad: se toman 5 g de la muestra y se valoran mediante la técnica de determinación de humedad por secado en estufa a 105°C (Pearson, 1976). La humedad del puré de topinambur deshidratado debe ser menor al 8% (CAA). En caso de no cumplirse este requisito, y siempre que haya superado las otras pruebas, el lote debe ser sometido a un nuevo ciclo de deshidratación.

Análisis higiénico sanitario: se toma una pequeña cantidad de la muestra y se observa en detalle bajo lupa para verificar la ausencia de cuerpos extraños tales como: polvo, trozos de piel, restos de insectos, pelos, etc. En caso de detectarse presencia de algún cuerpo extraño, se procede a descartar el lote y a tomar medidas de corrección tales como: limpieza, recalibración de maquinaria, verificación de sellamientos, etc.

#### Almacenamiento de producto a envasar:

El contenido del depósito temporal que supera los análisis de calidad es conducido a un depósito hermético de producto a envasar de mayor capacidad. Esto permite almacenar la producción diaria, correspondiente a un lote.

#### Envasado y embalado:

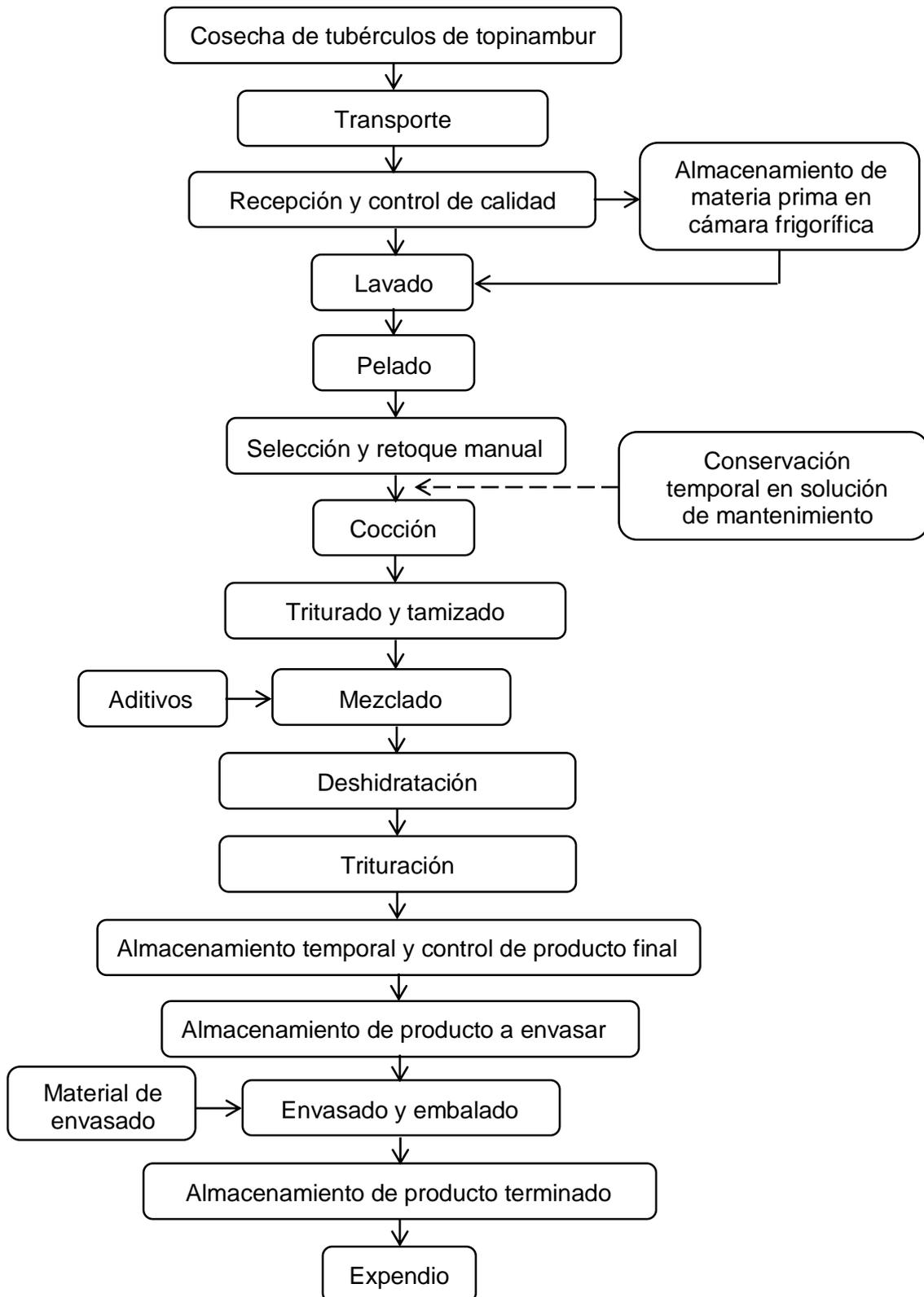
Se emplea una máquina de envasado automático con llenado y pesaje simultáneo. Esta genera envases de 200 g de puré deshidratado, sellados herméticamente a partir de rollos de material de envase multilaminado y tipografiado.

Los envases primarios son embalados manualmente en cajas de cartón corrugado simple de 0,4 m de largo x 0,3 de ancho x 0,2 m de alto, con capacidad de 24 paquetes (Nestle SA, 2014). El pallet se conforma con 50 cajas (1,2 m x 1 m x 1 m).

#### Almacenamiento de producto terminado:

Los pallet se deben disponer en un depósito techado, cuyo espacio debe ser suficiente para permitir maniobras de carga de pallets desde un autoelevador al camión.

Algoritmo gráfico 1: Diagrama de flujo para elaboración de puré de topinambur a escala industrial



#### 4. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los alimentos se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. Dada su aplicación en el control de calidad y de procesos, en el diseño y desarrollo de nuevos productos y en la estrategia de lanzamiento de los mismos al comercio, se hace, sin duda alguna, la copartícipe del desarrollo y avance mundial de la alimentación.

La evaluación sensorial puede definirse como una disciplina científica, que trabaja con jueces que utilizan sus sentidos como instrumento de medición. Esta definición sencilla puede completarse del siguiente modo: “La evaluación sensorial es la disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de los alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído” (Ureña *et al.*, 1999).

El estudio de las evaluaciones sensoriales aplicadas específicamente a los alimentos surge a partir de la segunda guerra mundial, ante la preocupación por el rechazo de las raciones por parte de los soldados (Anzaldúa Morales, 1994).

Está constituida por dos procesos definidos según su función: el análisis sensorial y el análisis estadístico. Mediante el primero se obtienen las apreciaciones de los jueces a manera de datos que serán posteriormente transformados y valorados por el segundo, dándoles con ello la objetividad deseada. El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando y/o mensurando las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas, bajo condiciones ambientales preestablecidas y bajo un patrón de evaluación acorde al posterior análisis estadístico. El análisis estadístico, por su parte, está dado por la formulación de supuestos teóricos (hipótesis), con los que se podrá hacer inferencias sobre una población de alimentos o personas, y que serán comprobados a partir de los resultados del tratamiento estadístico de los datos obtenidos del análisis sensorial (Ureña *et al.*, 1999).

El análisis sensorial puede clasificarse según el objetivo de la evaluación sensorial planificada, en análisis orientados al producto, con los que se obtendrán datos que permitirán hacer inferencias sobre las características de la población de alimentos que se analiza y análisis orientados al consumidor, cuya información permitirá estimar la capacidad analítica sensorial de un juez o inferir sobre una población de posibles consumidores del alimento. En esta última clase se incluyen los Análisis Afectivos, en los cuales el juez (representado por un consumidor habitual o potencial del producto), evalúa la muestra y manifiesta si su apreciación lo induce a aceptarla y/o preferirla sobre otras (Ureña *et al.*, 1999).

La evaluación sensorial tiene funciones específicas, que apuntan en todos los casos a satisfacer a los consumidores, ya sea por el mantenimiento de la calidad sensorial de un producto tradicional o por el desarrollo de nuevos productos que agraden sensorialmente a potenciales consumidores. Las funciones de esta disciplina se aplican en áreas de la industria como producción, control de calidad, desarrollo de productos, marketing, etc. Entre las numerosas aplicaciones de la evaluación sensorial cabe mencionar: el desarrollo de nuevos productos; la comparación y mejoramiento de productos; la evaluación del proceso de producción; la reducción de costos y/o selección de una nueva fuente de abastecimiento; el control de calidad; el estudio de la estabilidad de un alimento durante su almacenaje; determinación de aceptación, preferencia y gustos del consumidor y la formación de jurados, entre otras. En el desarrollo de nuevos productos resulta necesario obtener información de los atributos sensoriales (Análisis descriptivos) y de la relativa aceptabilidad por parte de consumidores (Análisis afectivos), a partir de lo cual se podrán establecer los criterios más adecuados para una comercialización exitosa (Ureña *et al.*, 1999).

#### 4.1. Condiciones generales para una degustación

Para hacer de la evaluación sensorial un proceso cuya variabilidad de resultados y conclusiones estén basados en la apreciación subjetiva individual de los jueces, es necesario el cumplimiento de ciertos requisitos.

Una sala con cabinas individuales es la situación ideal para realizar las degustaciones. De no ser posible, el recinto destinado debe disponer de espacio suficiente para cada juez y de las condiciones que proporcionen comodidad para evaluar las muestras sin interferencias de olores, luces y sonidos, que puedan distraerlos y causar invalidez en las conclusiones del ensayo. Es preciso contar con un ambiente con paredes y pisos de colores neutros, mesas o mesadas de colores uniformes y opacos y ausencia de adornos (Ureña *et al.*, 1999).

Se puede emplear luz artificial o natural. En el primer caso, es importante la iluminación en altura para que no se produzcan sombras. Así mismo, el ingreso de luz solar deberá ser cuidadosamente controlado y regulado (Anzaldúa Morales, 1994).

Se debe evitar el tránsito de personas dentro de la sala y el intercambio de opiniones durante la degustación. De esta forma se elimina la implicancia de errores de expectación y sugestión o influencia en las calificaciones del jurado (Anzaldúa Morales, 1994).

Las muestras a evaluar se deben preparar y presentar de forma similar a la manera habitual de consumo, sirviendo suficiente cantidad para degustar con confianza dentro de límites razonables para no generar en los jueces sensación de saciedad y con ello desagrado de la muestra. En cuanto a la temperatura, esta debe ser igual a la que se acostumbra consumir el producto. Las muestras deben ser servidas debidamente etiquetadas y presentadas al azar, de manera que los jueces no puedan adivinar su identidad y, en su caso, evitar el error de expectación. Se deben colocar en envases de igual tamaño y color, que no impartan sabores ni olores al alimento (Anzaldúa Morales, 1994).

Es necesario proporcionar al juez un elemento de enjuague, el cual será usado antes de comenzar la prueba y entre muestras. Este se debe elegir según factores como: la naturaleza del producto, tamaño de la muestra, entre otros (Ureña *et al.*, 1999).

#### 4.2. Prueba sensorial afectiva para el producto desarrollado

Los análisis afectivos son empleados en la evaluación sensorial de alimentos para conocer la aceptabilidad de estos por parte del consumidor así como también sus preferencias de consumo. En ambos casos, se busca medir estos criterios a partir de datos obtenidos de una muestra poblacional representativa de un grupo social de individuos que, por consideraciones de idiosincrasia de consumo, cultura, nivel económico, lugar de residencia, entre otros aspectos socioeconómicos y culturales, tienden a coincidir en gustos e intereses (Ureña *et al.*, 1999).

El placer, la complacencia o satisfacción, el grado de gusto o disgusto, el agrado o desagrado, como todo aquello que conlleve a la elección de un alimento sobre los demás, puede ser objeto de estudio a través de análisis afectivos de preferencia. Esta elección puede concretarse directamente al elegirse una muestra entre otras, así como ser medida a través de la categorización de éstas por criterios de preferencia como son las opiniones hedónicas (Ureña *et al.*, 1999).

Para medir el grado de satisfacción de los consumidores en respuesta a la medida de cumplimiento de sus requerimientos o expectativas por parte del alimento evaluado, se utilizan escalas de categorización aplicadas en análisis como el de Apreciación hedónica o el de Actitud (Ureña *et al.*, 1999).

Análisis de apreciación hedónica:

Análisis utilizado para medir el nivel de placer experimentado, al consumir determinado alimento, lo que se determina a partir de la apreciación de cuánto agrada o desagrade éste a una muestra poblacional de potenciales consumidores. Pueden emplearse análisis de categorización cualitativa o cuantitativa relativa (Ureña *et al.*, 1999).

Análisis de actitud del consumidor:

Permite conocer la predisposición a volver a adquirir un determinado alimento, después de haber sido evaluado por una muestra poblacional de potenciales consumidores. El análisis practicado al alimento no es sobre un atributo específico sino sobre la apreciación total de todos los aspectos organolépticos en su conjunto, de manera general y de primera impresión (Ureña *et al.*, 1999).

## 5. Hipótesis del estudio:

- El procesamiento de tubérculos de topinambur para obtener puré no modifica sustancialmente el contenido de fructanos de los mismos.
- Existe preferencia de una variedad de topinambur sobre la otra por parte del consumidor.
- Los consumidores aceptarían comprar puré de topinambur si se ofreciera en el mercado, a igual costo que un puré de papas tradicional.

## 6. Objetivos:

### 6.1. General:

- Elaborar puré de alto contenido de fructanos, con variantes, a partir de tubérculos de topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) de variedades Roja y Blanca.

### 6.2. Específicos:

- Elaborar las siguientes variantes de puré: triturado, deshidratado y preparado.
- Cuantificar el contenido de fructanos en los tubérculos sin procesar.
- Cuantificar el contenido de fructanos en los purés de topinambur elaborados.
- Caracterizar de forma físico-química los tubérculos sin procesar.
- Caracterizar de forma físico-química los purés de topinambur elaborados.
- Realizar una prueba de aceptación de puré de topinambur preparado, mediante evaluación sensorial.

## **CAPÍTULO 2:**

# **MATERIALES Y MÉTODOS**

En el desarrollo del presente ensayo empírico se utilizaron los siguientes materiales:

- Tubérculos de topinambur de las variedades Roja y Blanca, cultivados en parcelas pertenecientes a la Cátedra de Agricultura Especial de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo.
- Ingredientes del puré: albúmina (contenida en clara de huevo), leche líquida descremada, manteca, cloruro de sodio y especia “pimienta blanca” (*Piper nigrum*).
- Equipos: procesadora manual, horno de secado por convección y balanza.
- Material de laboratorio

### 1. Tubérculos de topinambur

Los tubérculos de topinambur de variedades Roja y Blanca constituyeron la materia prima fundamental para la realización de este ensayo.

Se realizaron tres cosechas en tres momentos diferentes: 29 de abril, 13 de mayo y 28 de junio de 2013. La primer cosecha se realizó en fecha indicada por la Cátedra de Agricultura Especial, según el criterio de iniciar la misma luego de ocurridas las primeras heladas, momento en el cual se considera que los tubérculos tienen la madurez comercial apropiada.

El topinambur obtenido en cada uno de los tres momentos de cosecha fue destinado a la elaboración de tres productos distintos, que se definen de la siguiente manera:

- Puré: Pasta de topinambur obtenida por trituración de tubérculos cocidos.
- Puré en polvo: Producto resultante de la deshidratación del puré.
- Puré preparado: Producto de la incorporación de ingredientes sobre el puré.

Una vez cosechada, la materia prima se conservó en cámara refrigerada a 4°C durante tiempos variables (ver tabla debajo) hasta su procesamiento y en freezer a -18°C por 45 días hasta su caracterización y valoración de fructanos.

Fecha de cosecha	Destino de los tubérculos	Condiciones de conservación	
		Temperatura (°C)	Tiempo
29 de abril	Elaboración de puré	4 °C	24 horas
	Caracterización y valoración de fructanos	-18 °C	45 días
13 de mayo	Elaboración de puré en polvo	4 °C	24 horas
28 de junio	Elaboración de puré preparado	4 °C	90 días

#### 1.1. Toma de muestra

Para obtener los tubérculos empleados en el ensayo, se aplicó un muestreo sistemático con arranque aleatorio, en el que las unidades de muestreo estaban constituidas por bolsas de 2,5 kg de tubérculos, variedad Roja o Blanca, conservadas en la cámara refrigerada de la Planta de Frío de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo. De este modo se seleccionaron 3 bolsas, de cada variedad, que se emplearon para realizar los ensayos.

Asimismo se extrajo una submuestra constituida de 400 g de tubérculos frescos, sobre la cual se llevaron a cabo los ensayos químicos de la materia prima. Con el resto se elaboraron los respectivos purés, de los cuales se extrajeron las respectivas submuestras, cuyos procedimientos de obtención se describen en el apartado 2.2 del presente capítulo.

## 1.2. Caracterización físico-química

Con el objetivo de conocer la composición nutricional de la materia prima base de este estudio, se efectuó su caracterización físico-química. Para proceder a la misma, se realizó previamente la preparación de muestras de tubérculos, la cual consistió en el lavado, reducción de tamaño, apisonado y mezclado a los fines de obtener una muestra homogénea. Los tubérculos de topinambur de variedades Roja y Blanca fueron caracterizados por separado.

Las dos variedades de topinambur en fresco fueron sometidas a una serie de análisis físico-químicos siguiendo el "Esquema Weende". Este método comprende la determinación analítica de cinco rubros, y un sexto rubro que se obtiene por diferencia de 100 con los anteriores.

Los rubros que se determinan químicamente son: humedad, cenizas (contenido mineral), proteínas totales, grasas totales o extracto etéreo y fibra alimentaria.

La caracterización incluyó además, el cálculo del valor energético, el cual se realizó empleando los siguientes factores de conversión:

- Carbohidratos: 4 kcal/g – 17 kJ/g
- Proteínas: 4 kcal/g – 17kJ/g
- Grasas: 9 kcal/g – 37kJ/g

A continuación se muestra una tabla resumen de las técnicas de determinación empleadas para las fracciones que considera el esquema Weende.

Tabla 3: Rubros del esquema Weende y sus correspondientes técnicas de análisis para la valoración físico-química de muestras de tubérculos de topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) variedad Roja y Blanca.

Rubro	Técnica de cuantificación
Humedad	Secado en estufa a 105°C
Proteínas totales	Método Kjeldahl y multiplicación por factor 6,25
Grasas totales o Extracto etéreo	Método por extractor Soxhlet en éter etílico
Fibra alimentaria	Método enzimático gravimétrico*
Cenizas (contenido mineral)	Calcinación e incineración en mufla a 500°C
Hidratos de carbono o Extracto no nitrogenado	Diferencia entre 100 y la suma total de valores obtenidos en las cuantificaciones analíticas anteriores

\*Técnica Analítica Oficial AOAC 991.43 "Total, Soluble and Insoluble Dietary Fiber in Foods.

En el anexo 1 se encuentran las técnicas de determinación analítica, con sus respectivos fundamentos técnicos y procedimientos.

Los ensayos de cuantificación físico-química, excepto la determinación de fibra alimentaria, se realizaron en la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. La cuantificación de fibra alimentaria se realizó en la Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires.

## 1.3. Cuantificación de fructanos

Muestras de tubérculos de ambas variedades fueron enviadas a la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la Universidad de Buenos Aires, Cátedra de Bromatología, Nutrición y Toxicología, con la finalidad de ser sometidos a la cuantificación de fructanos mediante Técnica Analítica por HPLC. Este método consiste en la extracción de los fructanos totales presentes en la muestra, y

su cuantificación en equipo de Cromatografía Líquida de Alto Desempeño con detector de índice de refracción (HPLC-RI).

En el anexo 2, se encuentra el procedimiento de cuantificación de fructanos y los detalles de su técnica analítica.

## 2. Puré de topinambur

### 2.1. Proceso de elaboración a escala experimental

Para la elaboración de puré de topinambur a los fines del presente ensayo empírico, se llevó a cabo un proceso diferente del propuesto a nivel industrial, debido a las limitaciones del equipamiento experimental disponible.

Las diferencias más importantes se basan en:

- Lavado, pelado y selección manual, frente a procesos automatizados de una línea industrial;
- Cocción en agua hirviente versus cocción industrial continua por vapor;
- Deshidratación en horno de convección con previo espumado con albúmina versus deshidratación industrial en rodillos calefaccionados.

Como se mencionó anteriormente, el proceso de elaboración considerado en este ensayo comprende la obtención de tres tipos de productos, cuyos detalles se describen a continuación:

- Puré: Se elaboraron 4 muestras distintas en base al empleo de dos variedades de topinambur y dos variantes de cocción.
- Puré en polvo: Se elaboraron 2 muestras distintas en base al empleo de dos variedades de topinambur y una única variante de cocción sin cáscara.
- Puré preparado: Se elaboraron 2 muestras distintas en base al empleo de dos variedades de topinambur y una única variante de cocción sin cáscara.

La elaboración de “puré” se efectuó de forma separada para las dos variedades de topinambur en ensayo. Para cada variedad, la elaboración comprendió dos variantes distintas en la etapa de cocción. El primer caso, al cual llamaremos “Variante 1”, implicó el pelado previo a la cocción de tubérculos, es decir, los mismos fueron hervidos sin cáscara. El segundo caso, al que llamaremos “Variante 2”, comprendió el pelado posterior a la cocción de tubérculos, o sea que los mismos fueron hervidos con cáscara. Las variantes de elaboración se fundamentaron en el hecho de probar el efecto que genera la cocción en agua hirviente de tubérculos con y sin cáscara sobre la preservación de los fructanos presentes naturalmente en los mismos.

La elaboración de “puré en polvo” y “puré preparado” se realizó de forma separada para las dos variedades de topinambur en ensayo. Para cada variedad, la elaboración se llevó a cabo empleando solamente la variante de cocción sin cáscara. Este hecho se fundamentó en que esta variante mostró mayor eficiencia de proceso, dado que los tiempos de cocción fueron más breves y el pelado de tubérculos crudos fue más fácil y rápido y exhibió mayor contenido de fructanos en los purés obtenidos, en comparación con la variante de cocción con cáscara.

En las páginas 41 y 42 se muestra el diagrama de flujo de las etapas que se llevaron a cabo para la elaboración experimental de los distintos tipos de puré de topinambur y, a continuación se realiza una descripción detallada de las mismas.

Elaboración de purés de variedad Roja y Blanca con dos variantes de cocción**Cosecha:**

La cosecha de tubérculos se realizó manualmente con la utilización de pala (Fig. 7). Durante la misma se tuvo la precaución de no generar daños físicos sobre la materia prima, con el objetivo de aumentar los rendimientos de cosecha. Se cosechó con suelo seco, lo cual contribuye a una mejor conservación y vida post-cosecha de los tubérculos.



Figura 7: Cosecha de tubérculos de topinambur en parcela experimental de Cátedra de Agricultura especial, FCA.

**Almacenamiento en frío:**

Objetivo: Conservar la materia prima en condiciones que permitan mantener la calidad higiénico-sanitaria y nutricional e incrementar los tiempos de utilización de los tubérculos (Fig. 8).

**Condiciones:**

- Temperatura:  $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Humedad relativa: 90%
- Tiempo: 24 horas



Figura 8: Tubérculos de topinambur conservados en cámara refrigerada de Planta en Frío, FCA.

**Lavado:**

**Objetivo:** eliminar tierra y materiales contaminantes que acompañan a los tubérculos extraídos del suelo.

**Procedimiento:** el lavado se realizó de forma manual con agua potable, utilizando un cepillo de cerdas duras. Los tubérculos fueron cepillados cuidadosamente hasta la eliminación total de la suciedad (Fig. 9).



Figura 9: Lavado de tubérculos de topinambur

**Ecurrido:**

**Objetivo:** separar el agua remanente del lavado de los tubérculos.

**Procedimiento:** Inmediatamente después de lavados, los tubérculos se colocaron en un recipiente cribado, el cual permitió el escurrido del agua.



Figura 10: Ecurrido de tubérculos de topinambur.

**Selección:**

**Objetivo:** separar los tubérculos sanos y libres de podredumbres de aquellos que presenten daños.

**Procedimiento:** se realizó la observación visual de cada tubérculo, eliminando aquellos que presentaron zonas afectadas por podredumbre o daños físicos (Fig. 11).



Figura 11: Selección de tubérculos de topinambur por aptitud higiénico-sanitaria.

**Pelado:**

**Objetivo:** eliminar la epidermis de los tubérculos, la cual presenta coloración rojiza (Variedad Roja) o marrón claro (Variedad Blanca) y nudos.

**Procedimiento:** se realizó manualmente utilizando un cuchillo de cocina.



Figura 12: Pelado manual de tubérculos de topinambur

**Lavado:**

**Objetivo:** eliminar restos de piel que pudieran quedar adheridos a los tubérculos después del pelado.

**Procedimiento:** lavado bajo agua potable corriente de: tubérculos pelados crudos (Variante 1), tubérculos pelados cocidos (Variante 2) (Fig. 13).



Figura 13: Lavado post-pelado de tubérculos de topinambur.

**Cocción:**

**Objetivo:** someter la materia prima a temperaturas que modifiquen la estructura química de los componentes para generar nutrientes más fácilmente digeribles por las enzimas digestivas humanas.

**Procedimiento:**

Variante 1: los tubérculos sin cáscaras fueron colocados en una cacerola con agua a temperatura de ebullición (98°C) y mantenidos durante **35 minutos**, tiempo necesario para que los mismos adquirieran la consistencia normal de producto cocido.

Variante 2: los tubérculos con cáscara fueron colocados en una cacerola con agua a temperatura de ebullición (98°C) y mantenidos a esta temperatura durante **50 minutos**, lapso requerido para obtener la consistencia de cocido.





Figura 14: Cocción de tubérculos de topinambur.

**Trituración:**

**Objetivo:** reducir el tamaño de los tubérculos cocidos hasta pasta de textura homogénea.

**Procedimiento:** los tubérculos fueron triturados con procesadora manual de paletas, procurando procesar la totalidad de los mismos hasta la obtención de un puré de textura homogénea exento de trozos.



Figura 15: Topinambur antes y después de trituración.

Elaboración de purés en polvo de variedad Roja y Blanca con cocción de tubérculos pelados

Como se mencionó anteriormente, el proceso de elaboración para obtener purés deshidratados en polvo se efectuó solamente con cocción de tubérculos sin cáscara.

Las etapas desde cosecha a trituración de tubérculos se realizaron de igual manera que lo mencionado en los párrafos que anteceden.

**Espumado:**

**Objetivo:** incorporar una sustancia espumígena al puré, para obtener una mezcla espumada que facilite y mejore el proceso de deshidratación posterior.

**Procedimiento:** se realizó el mezclado y la homogeneización del puré de topinambur con albúmina contenida en clara de huevo batido en una concentración aproximada de 2% (Fig. 16).



Figura 16: Espumado de puré de topinambur.

#### Colocación en cuadros de deshidratación:

Objetivo: distribuir la pasta en superficies de igual volumen para proceder a su deshidratación equivalente y facilitar el movimiento de materias de ingreso y egreso del horno de convección.

Procedimiento: la pasta de topinambur fue distribuida sobre cuadros de deshidratación. Estos consisten en un marco cuadrado de madera que proporciona  $256 \text{ cm}^2$  de superficie útil (17 cm de largo por 17 cm de ancho) con una malla metálica de  $2,25 \text{ mm}^2$  de poro, que permite cargar un volumen de  $256 \text{ cm}^3$  a una altura de carga de 1 cm.



Figura 17: Colocación de puré de topinambur en cuadros de deshidratación

#### Deshidratación:

Objetivo: eliminar el agua de la pasta de topinambur cocido y en consecuencia reducir la actividad de agua del producto a valores que permitan su conservación a temperatura ambiente.

Procedimiento: El puré de topinambur espumado, contenido en los cuadros de deshidratación, fue colocado en un horno de convección para su deshidratación. Este proceso se realizó en dos etapas: En la primera el horno fue regulado para que la temperatura del aire fuera de  $70^\circ\text{C}$ , manteniendo el puré durante 8 horas 20 minutos. En la segunda etapa, el horno se reguló a  $40^\circ\text{C}$  y el puré se mantuvo durante 12 horas (Fig. 18).



Figura 18: Deshidratación de puré de topinambur

**Molienda:**

Objetivo: reducir el tamaño de los trozos de puré deshidratado, resultantes de la etapa anterior, a polvo de granulometría homogénea.

Procedimiento: los trozos de puré deshidratado se molieron con procesadora manual de paletas.



Figura 19: Puré de topinambur en polvo luego de molienda.

Elaboración de purés preparados de variedad Roja y Blanca con cocción de tubérculos pelados

Las etapas desde cosecha a obtención de purés, para elaborar los purés preparados, se efectuaron de igual forma que en los párrafos descritos anteriormente.

Incorporación de ingredientes:

Objetivo: con el agregado de ingredientes se pretende mejorar las características organolépticas del puré y obtener un producto más agradable para consumo.

Procedimiento: Se procedió a la incorporación de los siguientes ingredientes con sus respectivas dosis, referidas a tubérculos crudos sin cáscara:

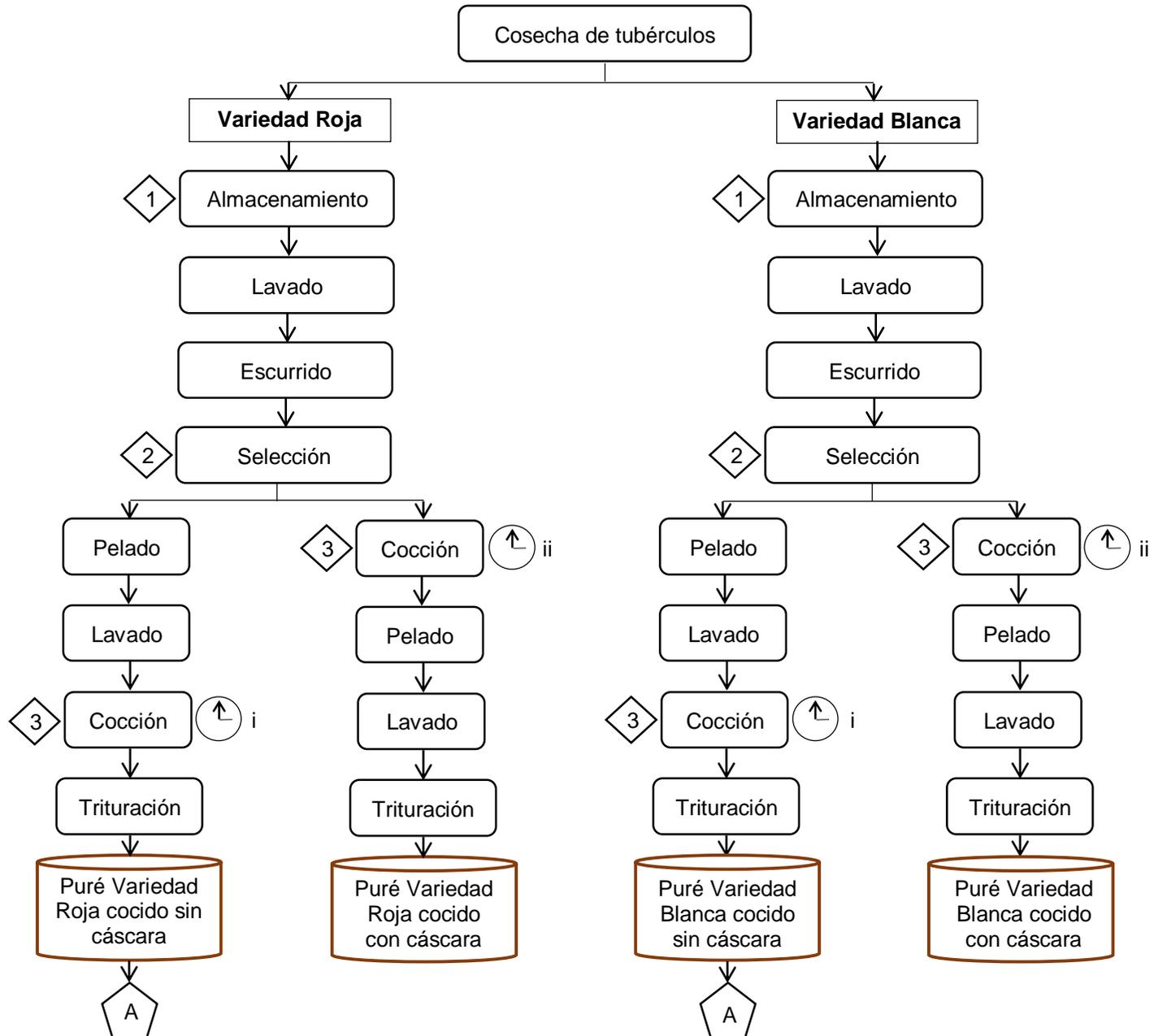
- Leche líquida descremada a 70 °C aproximadamente: 100 ml/kg
- Manteca: 70 g/kg
- ClNa o sal de mesa: 1,25 g/kg
- Especia "pimienta blanca": 0,25 g/kg

La formulación propuesta se obtuvo sobre la base de recetas para elaboración de puré de papas a nivel hogareño. Los componentes fueron agregados sobre los tubérculos recién triturados y calientes. Luego de esto el puré fue mezclado para asegurar su homogeneidad (Fig. 20).

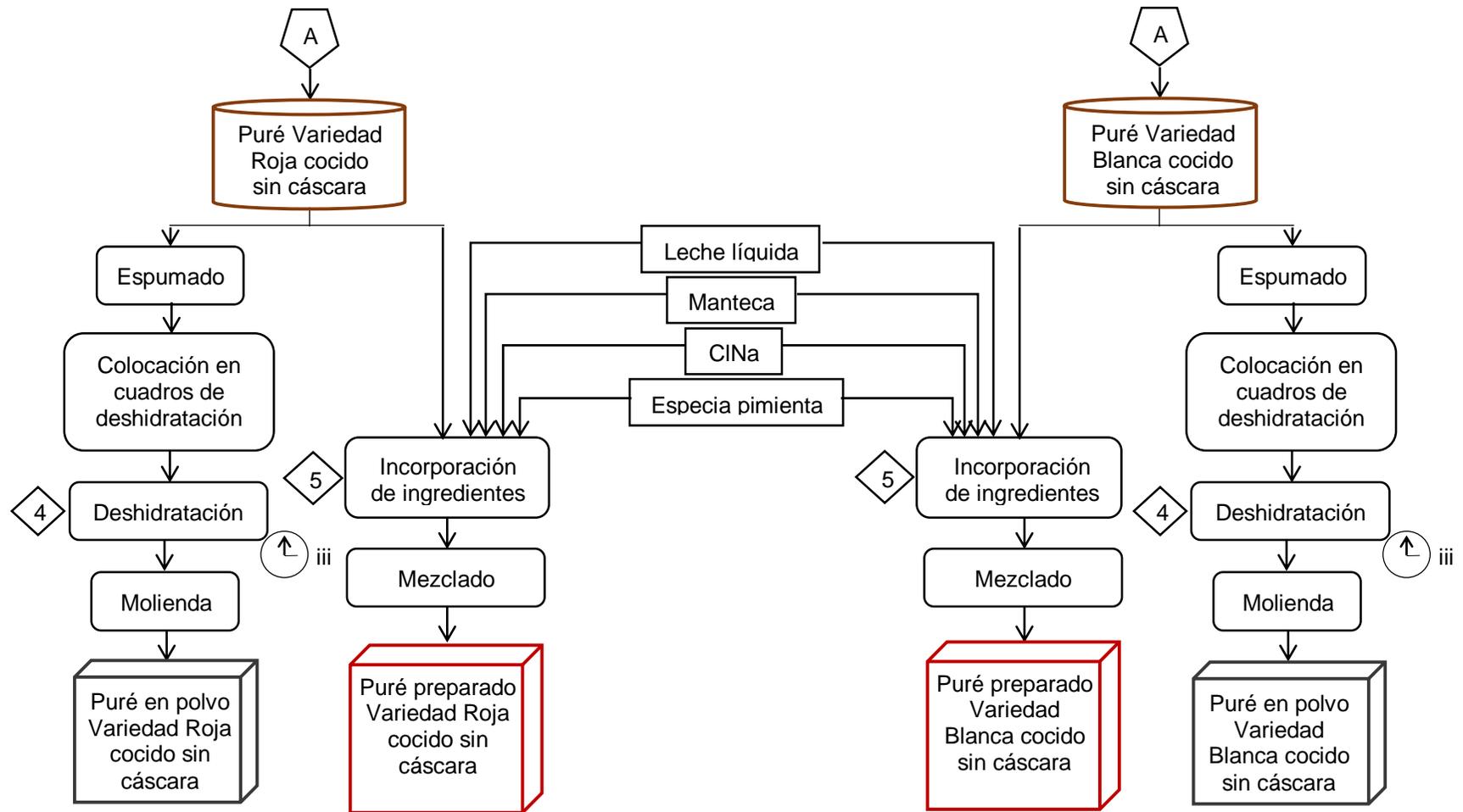


Figura 20: Incorporación de ingredientes para obtener puré de topinambur preparado.

Algoritmo gráfico 2: Diagrama de flujo de elaboración experimental de puré de topinambur



Continuación de algoritmo gráfico 2: Diagrama de flujo de elaboración experimental de puré de topinambur



Diccionario del diagrama de flujo:

◇ Condiciones de control:

1. Almacenamiento de tubérculos: temperatura, tiempo, humedad relativa.
2. Selección: estado higiénico-sanitario, daños físicos.
3. Cocción: temperatura del agua (ebullición constante), tiempo.
4. Deshidratación: temperatura del aire, tiempo.
5. Incorporación de ingredientes: dosis de cada ingrediente.

⌚ Eventos reloj:

- i. Cocción: 98°C, 35 minutos.
- ii. Cocción: 98°C, 50 minutos.
- iii. Deshidratación: 70°C -8 horas 20 minutos, 40°C -12 horas

Con el objetivo de realizar una comparación entre variantes de elaboración de puré llevadas a cabo y entre variedades de topinambur ensayadas en el presente estudio, se realizó el cálculo de rendimientos de proceso. Durante el transcurso de la elaboración experimental de puré, se efectuó el pesaje de las cantidades de ingreso y egreso de producto en las etapas de lavado, pelado, cocción y deshidratación. Los valores obtenidos permitieron calcular y conocer los rendimientos prácticos logrados bajo la metodología aplicada en el ensayo.

## 2.2. Caracterización físico-química

En el presente ensayo, las muestras de “puré”, “puré en polvo” y “puré preparado” fueron caracterizadas aplicando el Esquema Weende, tal como se explicó en el apartado 1.2.

La importancia de conocer la composición nutricional del “puré” (producto intermedio en un proceso industrial) y del “puré en polvo” (producto final) radica en que estos productos representan a los obtenidos en la producción, conservación y comercialización a nivel industrial. Por otra parte conocer la composición del “puré preparado” resulta esencial desde el punto de vista de una elaboración y consumo hogareño.

Para llevar a cabo la caracterización físico-química, se realizó previamente la toma de muestras, la cual se describe a continuación para cada tipo de puré elaborado:

Toma de muestras:

Objetivo: Separar una porción representativa de la totalidad de producto obtenido, con la finalidad de caracterizarlo de forma físico-química.

Procedimiento:

Puré: disponiendo de cuatro recipientes de plástico de 100 g se colocó pasta de las dos variedades agronómicas y de las dos variantes de elaboración y se cerró cada recipiente con tapa de plástico y cinta adhesiva. Las muestras se conservaron a 4°C durante 48 horas hasta su valoración.

Puré en polvo: luego de homogeneizar la cantidad total de puré en polvo obtenido se tomó una porción de 50 gramos. La misma se colocó en una bolsa plástica de polietileno y se cerró adecuadamente para evitar interacción con la humedad del ambiente. Las muestras se conservaron a temperatura ambiente durante 48 horas.

Puré preparado: Luego de la homogeneización del puré se tomó una muestra de 100 g, se envasó en vasos de PEAD con tapa a rosca y se conservó a 4°C ± 1°C durante 5 días hasta su valoración.

## 2.3. Cuantificación de fructanos

La valoración de fructanos en los purés elaborados resulta de gran importancia para intentar responder una de las hipótesis planteadas en este ensayo respecto de la preservación de los mismos luego de ocurrido el proceso de elaboración del puré.

De igual modo como se procedió con las muestras de tubérculos sin procesar, las muestras de puré obtenidas fueron enviadas a la Universidad de Buenos Aires.

La preparación de muestras se efectuó como se describe a continuación:

Toma de muestras:

Objetivo: Separar una porción representativa de la totalidad de producto obtenido, con la finalidad de cuantificar el valor de fructanos que persisten en el mismo luego del procesamiento realizado.

Procedimiento:

Puré: se colocó pasta de las dos variedades agronómicas y de las dos variantes de elaboración en vasos de telgopor de 100 ml y se cerró con tapa de plástico y cinta adhesiva. Las muestras se conservaron a  $-18^{\circ}\text{C}$  durante 45 días hasta su valoración.

Puré en polvo: luego de homogeneizar la cantidad total de puré en polvo obtenido, se tomó una porción de 50 gramos. La misma se colocó en una bolsa plástica de polietileno y se cerró adecuadamente para evitar interacción con la humedad del ambiente.

Puré preparado: Luego de la homogeneización del puré se tomó una muestra de 100 g, se envasó en vasos de PEAD con tapa a rosca y se conservó a  $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 5 días hasta su valoración.

La cuantificación fue desarrollada empleando la técnica analítica por HPLC descrita en 1.3.

### **3. Evaluación sensorial del puré de topinambur preparado**

#### **3.1. Análisis sensorial afectivo**

En el desarrollo del presente ensayo se empleó el análisis sensorial afectivo con medida del grado de satisfacción de los consumidores o jueces no expertos. Se realizó una evaluación dividida en dos partes, la primera consistió en una prueba de apreciación hedónica con escala de categorización cualitativa, mientras que la segunda se basó en un análisis de actitud del consumidor, el cual permite conocer la predisposición a volver a adquirir un determinado alimento, después de haber sido evaluado por una muestra poblacional de potenciales consumidores.

##### **3.1.1. Objetivos del ensayo**

El objetivo del análisis fue evaluar el grado de satisfacción generado en los consumidores por las dos muestras de puré de topinambur elaboradas cada una con una de las dos variedades de topinambur ensayadas y valorar la actitud de los mismos frente a la posibilidad de adquirir el producto en el mercado.

##### **3.1.2. Descripción del análisis sensorial realizado**

###### Diseño y planificación

Planilla de evaluación:

En el anexo 3 se muestra el modelo de planilla de evaluación presentada junto con las muestras a cada consumidor participante.

Se solicitó a los participantes, completar los datos de las consignas: Fecha, Edad y Género. Las dos últimas tendientes a conocer la representatividad de la muestra de consumidores participantes. En el ítem siguiente se los invitó a probar cada muestra de puré por separado, llenar el espacio de puntos con el código respectivo y colocar una cruz en la casilla correspondiente al nivel de agrado experimentado entre nueve posibles opciones, siendo la primera categoría "Me disgusta muchísimo"

y la última “Me gusta muchísimo”. La última consigna consistió en responder si compraría el producto al hallarlo en las góndolas del supermercado a igual precio que un puré de papas tradicional, marcando con una cruz por “sí” o “no”.

Representatividad de la muestra poblacional:

La planificación de la prueba comprendió la participación mínima de 100 consumidores, una proporción de 0,25 para cada uno de los cuatro grupos etarios (18-25 años; 26-35 años; 36-45 años y >45 años) y de 0,50 para cada género (femenino; masculino). Estas se consideraron condiciones necesarias para garantizar la selección de una muestra representativa de la población.

Elaboración de los purés:

El esquema mostrado más adelante (Algoritmo gráfico 3) representa la concatenación y secuencia de las etapas realizadas para la elaboración de los purés de topinambur de variedades Roja y Blanca, que constituyeron las muestras ensayadas en la evaluación sensorial.

Las etapas de elaboración fueron efectuadas de igual forma que lo descrito en el apartado 2.1. (Fig. 21).



Figura 21: Elaboración de puré de topinambur preparado para evaluación sensorial.

### Condiciones de la evaluación sensorial

Ambiente:

La evaluación se realizó en lugares físicos que incluyeron aulas de clase de la Facultad de Ciencias Agrarias e Instituto de idiomas y hogares de familiares y amigos. En cada sitio se escogió un ambiente provisto de mesas, sillas y luz blanca (natural cuando fue posible), lo más neutro posible, higienizado, ventilado y libre de olores de cualquier tipo, acondicionado a una temperatura agradable, exento de ruidos y distracciones y donde cada consumidor pudo evaluar el puré de manera independiente y objetiva sin sugerencias y opiniones externas.

Presentación de muestras:

Al momento de la evaluación, cada consumidor recibió dos muestras de puré de topinambur de diferente variedad: Roja y Blanca.

Cada muestra consistió en 50 gramos de puré listo para consumo en caliente (70-80°C aproximadamente), contenido en vaso de telgopor de color blanco cerrado con tapa de aluminio. Cada una fue codificada con un valor de tres cifras numéricas escogidas al azar (Fig. 22).



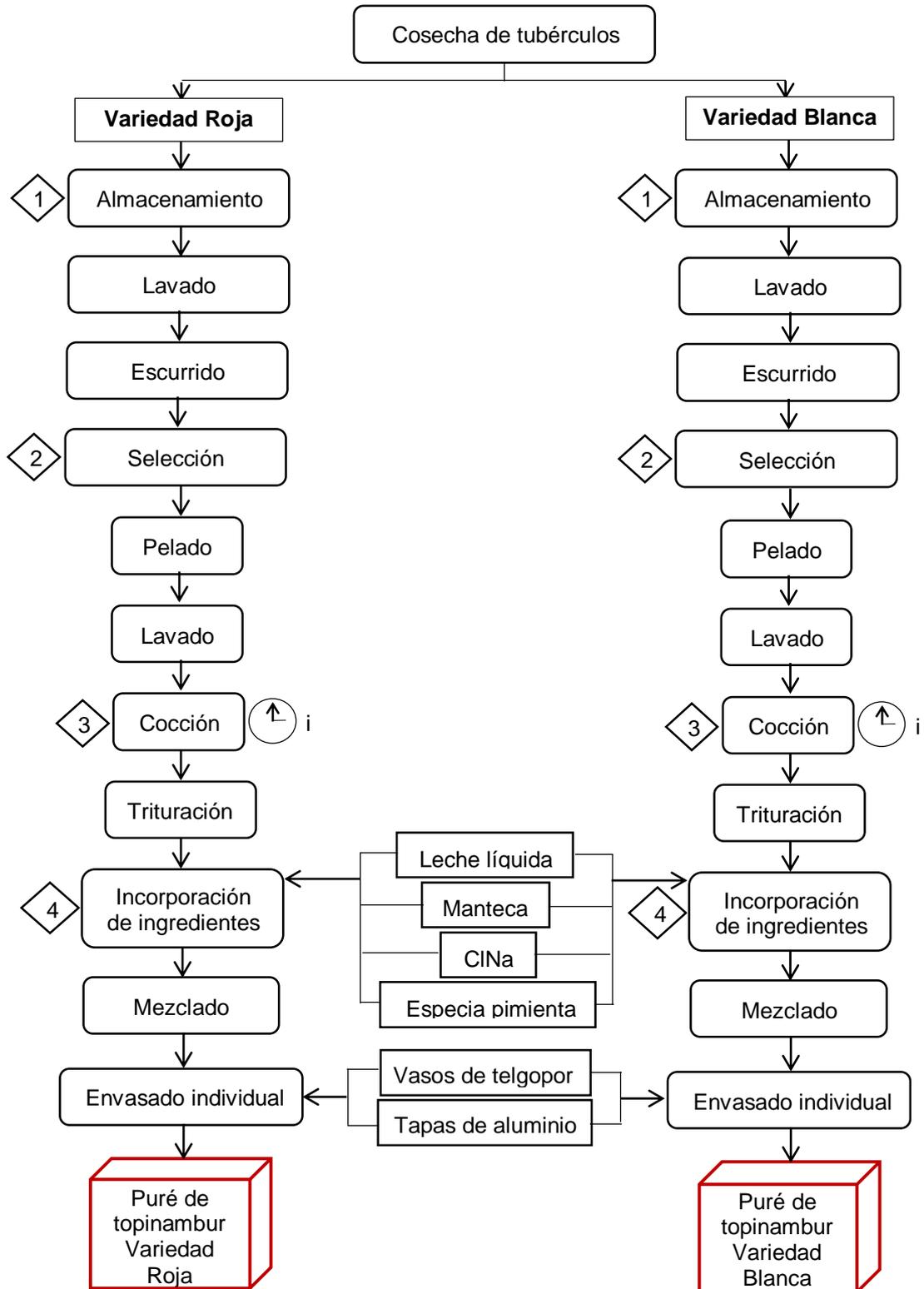
Figura 22: Muestras de puré de topinambur en evaluación sensorial.

Las muestras se entregaron de forma conjunta con una planilla de evaluación, un vaso de poliestireno de color blanco conteniendo agua mineral natural a temperatura ambiente, como agente de barrido entre muestras y una cuchara plástica blanca (Fig. 23).



Figura 23: Presentación de muestras de puré de topinambur en evaluación sensorial.

Algoritmo gráfico 3: Diagrama de flujo para elaboración de puré de topinambur de variedad Roja y Blanca para evaluación sensorial.



Diccionario del diagrama de flujo para evaluación sensorial:

◇ Condiciones de control:

1. Almacenamiento de tubérculos: temperatura, tiempo, humedad relativa.
2. Selección: estado higiénico-sanitario, daños físicos.
3. Cocción: temperatura del agua (ebullición constante), tiempo.
4. Incorporación de ingredientes: dosis de cada ingrediente.

⌚ Eventos reloj:

- i. Cocción: 98°C, 35 minutos.

### 3.2. Análisis estadístico de datos

Para analizar estadísticamente los datos obtenidos del análisis sensorial se utilizó el Análisis de la varianza no paramétrico, el cual comprende la “Prueba de Friedman”, dado que la información recabada no permite dar por cumplido el supuesto de normalidad por tratarse de valores correspondientes a una variable discreta.

El procesamiento de los datos se realizó empleando el Software Infostat Estatistical y el análisis de los resultados obtenidos permitió formular conclusiones e inferencias respecto al comportamiento esperado de los potenciales consumidores.

#### 3.2.1. Prueba de Friedman

La prueba  $F_r$  propuesta por Milton Friedman (1937, 1940) permite realizar un análisis de varianza no paramétrico a dos vías de clasificación y comparar las distribuciones de medidas para  $k$  tratamientos dispuestos en  $b$  bloques cuando el diseño de la experiencia ha sido en bloques completos aleatorizados (cada consumidor se considera un bloque), sin necesidad de verificar el cumplimiento del supuesto de normalidad (Mendenhall, 2008).

Esta prueba requiere que las observaciones sean independientes y que las varianzas poblacionales sean homogéneas.

En general, los métodos no paramétricos especifican hipótesis en términos de las distribuciones poblacionales en lugar de parámetros (Mendenhall, 2008). Por lo tanto, las hipótesis a probar en esta prueba son:

**H<sub>0</sub>**: las distribuciones de la variable ensayada para el total de las comparaciones son idénticas.

**H<sub>a</sub>**: por lo menos una de las distribuciones de la variable ensayada es diferente.

El diseño de esta experiencia se podría asimilar a un diseño en bloques completos aleatorizados. Las observaciones de cada consumidor podrían considerarse más correlacionadas que las observaciones provenientes de distintos consumidores. Por lo tanto, cada consumidor puede ser considerado como un bloque. La estrategia de bloqueo de las observaciones se realiza a los fines de distinguir la variación debida a los consumidores de la variación aleatoria o error experimental.

## **CAPÍTULO 3:**

# **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## 1. Tubérculos de topinambur

### 1.1. Caracterización físico-química

La siguiente tabla muestra la composición nutricional de los tubérculos frescos obtenida de la caracterización físico-química realizada en este estudio.

Tabla 4: Composición nutricional de tubérculos de topinambur variedad Roja y Blanca sembrados en la Facultad de Ciencias Agrarias. (Valores expresados en g /100 g)

Muestra	Tubérculos Variedad Roja	Tubérculos Variedad Blanca
Humedad	80,06	81,33
Proteínas totales	2,11	1,27
Grasas totales	0,53	0,38
Fibra alimentaria	12,85	10,83
<b>Fructanos</b>	<b>12,00</b>	<b>10,00</b>
Cenizas	1,43	1,60
Hidratos de carbono	3,02	4,59
Valor energético	25 kcal/107 kJ	27 kcal/114 kJ

Como se observa en la tabla 4 los tubérculos crudos contienen una elevada cantidad de agua y fibra alimentaria, de la cual el 93%, corresponde a fructanos, ver tabla 5.

### 1.2. Cuantificación de fructanos

A continuación se exponen los resultados de la determinación analítica de fructanos realizada sobre los tubérculos sin procesamiento sembrados y cosechados en la Facultad de Ciencias Agrarias. Los valores se expresan en g / 100 g de sustancia fresca y sustancia seca.

Tabla 5: Contenido de fructanos presente en tubérculos de topinambur de variedad Roja y Blanca.

Muestra	Tubérculos variedad Roja	Tubérculos variedad Blanca
Fructanos (g /100 g sustancia fresca)	12,00	10,00
Fructanos (g / 100 g sustancia seca)	60,18	53,56

Los resultados de la cuantificación permiten demostrar que tubérculos de topinambur variedad Roja poseerían un contenido de fructanos superior a los de variedad Blanca.

## 2. Puré de topinambur

### 2.1. Rendimientos del proceso de elaboración a escala experimental

Los valores de peso de producto al ingreso y egreso en las etapas de lavado, pelado, cocción y deshidratación permitieron calcular y conocer los rendimientos prácticos alcanzados bajo la metodología aplicada en el ensayo. Los mismos se exponen en la tabla a continuación.

Tabla 6: Rendimientos de etapas y procesos de elaboración de “puré de topinambur” y “puré en polvo de topinambur” variedad Roja y Blanca. Valores expresados en porcentajes.

Etapa de elaboración		Rendimiento por etapa	
		Variedad Roja	Variedad Blanca
Lavado		88,2	84,9
Pelado	Variante 1	71,9	64,3
	Variante 2	56,7	57,6
Cocción	Variante 1	86,4	91,1
	Variante 2	86,9	89,2
Deshidratación*		13,4	13,7
Proceso completo		Rendimiento final	
		Variedad Roja	Variedad Blanca
Puré Variante 1		54,8	49,7
Puré Variante 2		43,5	43,6
Puré en polvo Variante 1		7,3	6,8

Referencias: Variante 1: Pelado previo a cocción; Variante 2: Cocción previo a pelado

\*Rendimientos de deshidratación para 8% de humedad en el producto en polvo.

De los valores consignados en la tabla 6, los que fueron obtenidos bajo las condiciones de procesamiento ensayadas, se puede interpretar lo siguiente:

- El rendimiento de lavado fue menor para la variedad Blanca. lo que podría indicar que los tubérculos de esta variedad provendrían del campo con más cantidad de tierra que tubérculos de variedad Roja. Este hecho podría ser atribuido a la forma más irregular que poseen los tubérculos de variedad Blanca.
- El rendimiento de pelado antes de cocción fue mayor que el pelado posterior a cocción para las dos variedades de topinambur. Esto podría deberse a la pérdida de pulpa que es arrastrada junto con la cáscara al realizarse el pelado de los tubérculos cocidos.
- La etapa de pelado previa a cocción presentó un rendimiento menor en el caso de la variedad Blanca, cuya causa podría ser una pérdida mayor de pulpa dada la dificultad de eliminación de la cáscara por la forma irregular del tubérculo.
- Las diferencias en los rendimientos de cocción son insignificantes entre variantes. Sin embargo, la variedad Blanca mostró rendimientos de cocción levemente superiores.
- La etapa de deshidratación presentó rendimientos ligeramente mayores para la variedad Blanca.
- Los rendimientos finales del proceso de elaboración de puré fueron mayores para la variante de pelado previo a cocción para las dos variedades de topinambur. Asimismo, para tal variante de elaboración, la variedad Roja mostró un rendimiento final mayor que la variedad Blanca.
- Con respecto a la variante de cocción previa a pelado, sumado a su menor rendimiento, se realizó con mayores dificultades y demoras.
- El rendimiento final del proceso de elaboración de puré en polvo, bajo las condiciones ensayadas, fue mayor para la variedad Roja.

## 2.2. Caracterización físico-química

Las siguientes tablas resumen los resultados de las determinaciones analíticas realizadas sobre las muestras de puré obtenidas en el ensayo.

Tabla 7: Composición nutricional de muestras de puré de topinambur variedad Roja y Blanca. (Valores expresados en g /100 g de sustancia fresca).

Muestra	Puré variedad Roja cocido sin cáscara	Puré variedad Roja cocido con cáscara	Puré variedad Blanca cocido sin cáscara	Puré variedad Blanca cocido con cáscara
Humedad	72,05	72,94	72,01	72,61
Proteínas totales	2,99	2,52	1,98	1,66
Grasas totales	0,75	0,69	0,59	0,55
Fibra alimentaria	17,78	14,59	16,23	14,35
<b>Fructanos</b>	<b>17,00</b>	<b>13,80</b>	<b>15,60</b>	<b>13,70</b>
Cenizas	1,73	1,74	1,72	1,70
Hidratos de carbono	4,70	7,52	7,47	9,13
Valor energético	38 kcal/158 kJ	46 kcal/196 kJ	43 kcal/182 kJ	48 kcal/204 kJ

Si se compara la tabla 4 (composición nutricional de topinambur sin procesar), con la tabla 7, se observa un incremento en la cantidad de fructanos, sin embargo este incremento relativo se debe a la disminución de humedad. Se podría decir que el contenido de fructanos no se modificaría con la cocción de los tubérculos pelados y disminuiría en un 15% para la variedad Blanca y un 7% para la Roja durante la cocción de tubérculos con cáscara (Ver tabla 13 de conservación de fructanos en apartado 2.3.).

Tabla 8: Composición nutricional de muestras de puré de topinambur en polvo variedad Roja y Blanca. (Valores expresados en g /100 g).

Muestra	Puré en polvo variedad Roja	Puré en polvo variedad Blanca
Humedad	12,32	10,25
Proteínas totales	13,17	8,64
Grasas totales	2,05	1,53
Fibra alimentaria	49,52	47,23
<b>Fructanos</b>	<b>46,50</b>	<b>43,60</b>
Cenizas	5,54	7,13
Hidratos de carbono	17,40	25,22
Valor energético	141 kcal/596 kJ	149 kcal/632 kJ

El incremento observado en todos los valores de la tabla anterior es coincidente con la disminución de humedad.

En función de los valores obtenidos bajo las condiciones del presente ensayo, se podría decir que si bien existirían pérdidas de fructanos por el proceso de deshidratación, los valores porcentuales de conservación de los mismos luego del proceso serían significativos (Ver tabla 13 de conservación de fructanos en el apartado 2.3.).

Tabla 9: Composición nutricional de muestras de puré de topinambur preparado de variedad Roja y Blanca. (Valores expresados en g /100 g de sustancia fresca).

Muestra	Puré preparado variedad Roja	Puré preparado variedad Blanca
Humedad	82,65	84,36
Proteínas totales	1,46	1,02
Grasas	3,98	4,12
Fibra alimentaria	9,04	7,58
<b>Fructanos</b>	<b>8,80</b>	<b>7,40</b>
Cenizas	1,05	0,92
Hidratos de carbono	1,82	2,00
Valor energético	49 kcal/203 kJ	49 kcal/204 kJ

### 2.3. Cuantificación de fructanos

Las tablas a continuación exponen los resultados de la cuantificación de fructanos realizada sobre muestras de puré, puré en polvo y puré preparado. Los mismos se expresan en g /100 g de sustancia fresca y g /100 g de sustancia seca. La expresión de los resultados en base al producto seco permite la comparación equivalente entre las muestras.

Tabla 10: Contenido de fructanos en muestras de puré de topinambur de variedades Roja y Blanca obtenidas empleando variantes de elaboración distintas.

Muestra	Puré variedad Roja cocido sin cáscara	Puré variedad Roja cocido con cáscara	Puré variedad Blanca cocido sin cáscara	Puré variedad Blanca cocido con cáscara
Fructanos (g / 100 g sustancia fresca)	17,00	13,80	15,60	13,70
Fructanos (g / 100 g sustancia seca)	60,82	51,00	55,73	50,02

La cuantificación de fructanos en las muestras de puré elaboradas con topinambur variedad Roja resultó mayor que en muestras elaboradas con topinambur variedad Blanca, siendo sometidas a los mismos tratamientos térmicos de cocción. Esto se correspondería con el mayor contenido de fructanos cuantificado en tubérculos sin procesar de variedad Roja.

Los purés obtenidos por procesamiento con etapa de cocción de tubérculos sin cáscara arrojaron, luego de la cuantificación, contenidos de fructanos mayores que la modalidad de cocción con cáscara.

Tabla 11: Contenido de fructanos en muestras de puré de topinambur en polvo variedad Roja y Blanca.

Muestra	Puré en polvo variedad Roja	Puré en polvo variedad Blanca
Fructanos (g / 100 g sustancia fresca)	46,50	43,60
Fructanos (g / 100 g sustancia seca)	53,03	48,59

Luego de realizado el proceso de elaboración de puré deshidratado y en polvo a partir de tubérculos de topinambur de variedad Roja, se obtuvo puré con 46,50 g de fructanos cada 100 g de producto con 12,32% de humedad. El mismo proceso aplicado a tubérculos de topinambur de variedad Blanca, permitió obtener puré con 43,61 g de fructanos cada 100 g de producto con 10,25% de humedad.

En función de los valores de contenido de fructanos calculados en base a sustancia seca, el puré obtenido con tubérculos de variedad Roja contiene mayor cantidad de fructanos, lo que sería consecuencia del mayor contenido de fructanos cuantificados en los tubérculos de esta variedad.

Tabla 12: Contenido de fructanos en muestras de puré de topinambur preparado de variedad Roja y Blanca.

Muestra	Puré preparado variedad Roja	Puré preparado variedad Blanca
Fructanos (g / 100 g sustancia fresca)	8,80	7,40
Fructanos (g / 100 g sustancia seca)	50,72	47,31

El contenido de fructanos fue mayor en el puré elaborado con tubérculos de variedad Roja, lo que podría explicarse por el mayor contenido de fructanos cuantificados en los tubérculos de esta variedad.

A partir de los valores del contenido de fructanos (expresados sobre sustancia seca) presentes en los tubérculos y en los purés elaborados con las dos variedades de topinambur, se cuantificó el porcentaje de conservación de fructanos luego de someter la materia prima a procesamiento. Estos valores representan el porcentaje relativo de fructanos conservados, en relación al contenido presente en los tubérculos sin procesar. La tabla a continuación resume dicha cuantificación.

Tabla 13: Valores porcentuales de conservación de fructanos en los distintos tipos de puré elaborados, luego del procesamiento a partir de tubérculos de topinambur.

Muestra	Variedad Roja				
	Tubérculos	Puré cocido sin cáscara (35 min.)	Puré cocido con cáscara (50 min.)	Puré en polvo	Puré preparado
Fructanos (g / 100 g ss)	60,18	60,82	51,00	53,03	50,72
% de conservación	-	<b>101*</b>	<b>85</b>	<b>88</b>	<b>84</b>

Continuación Tabla 13: Valores porcentuales de conservación de fructanos en los distintos tipos de puré elaborados, luego del procesamiento a partir de tubérculos de topinambur.

Variedad Blanca					
Muestra	Tubérculos	Puré cocido sin cáscara (35 min.)	Puré cocido con cáscara (50 min.)	Puré en polvo	Puré preparado
Fructanos (g / 100 g ss)	53,56	55,73	50,02	48,58	47,31
% de conservación	-	<b>104*</b>	<b>93</b>	<b>91</b>	<b>88</b>

\*Los valores resultantes superiores a 100% no representan la generación o el incremento en el contenido de fructanos durante la cocción de los tubérculos. Contrariamente a esto, se podría considerar que representan pérdidas de fructanos nulas o insignificantes, dando valores próximos a 100 y que el exceso constituye parte del error experimental asociado a las técnicas analíticas de determinación de humedad o fructanos presentes en las muestras.

La metodología aplicada en este estudio y los resultados obtenidos permiten realizar las siguientes observaciones:

- En base a la comparación entre variedades:

Los porcentajes generales de conservación de fructanos fueron superiores para la variedad Blanca.

- Respecto a la comparación entre tratamientos:

Dado que los valores de conservación de fructanos para la cocción sin cáscara que implica 35 minutos de tratamiento, podrían considerarse (según lo expuesto anteriormente como observación del cuadro) iguales o próximos a 100% y que tales valores se reducen luego de la cocción con cáscara durante 50 minutos, se podría presumir que el tiempo de cocción influye en la conservación de fructanos presentes.

Respecto al tratamiento de deshidratación, podría suponerse que el mismo provocaría mayor pérdida de fructanos que la cocción durante 35 minutos, en las dos variedades. Comparada con la cocción durante 50 minutos, la deshidratación sobre la variedad Roja conservó un 3% más de fructanos y sobre la Blanca produjo una pérdida en el orden del 2%.

Los valores para purés preparados muestran una reducción de fructanos mayor, lo que podría ser una consecuencia del mayor tiempo de conservación de los tubérculos antes de su procesado en cámara de frío y de la dilución por la incorporación de los ingredientes, que reduce el contenido relativo de fructanos.

Como se mencionó en el capítulo de introducción, la inulina representa el carbohidrato mayoritario del conjunto de compuestos definidos como fructanos, en los tubérculos de topinambur. En el presente estudio, se ha realizado la estimación del contenido de inulina en las muestras analizadas, haciendo uso del diagrama correspondiente a la corrida cromatográfica de las mismas. Este diagrama expone picos que representan la presencia de ciertos componentes y sus áreas bajo la curva permiten conocer las concentraciones relativas de cada compuesto. A modo de ejemplo, se presenta en Anexo 4 un cromatograma correspondiente a la cuantificación de fructanos en una muestra de puré en polvo, en el cual el porcentaje estimado de inulina relativo al total de fructanos corresponde al 42%, siendo por lo tanto la concentración de inulina de 19,5 g /100 g de producto deshidratado. De forma semejante se estimaron los contenidos de inulina en todas las muestras y estos variaron entre 42% y 76%.

### 3. Evaluación sensorial del puré de topinambur preparado

#### 3.1. Distribución de la muestra poblacional de consumidores

El experimento sensorial fue realizado por un total de 108 consumidores.

Los gráficos que se presentan a continuación son una representación de la distribución por categoría dentro de cada clasificación, respecto del total de consumidores que conformaron la muestra.

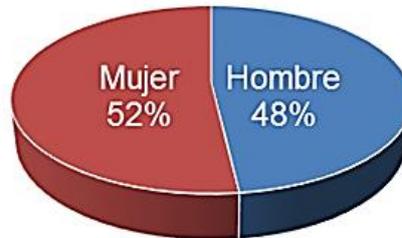


Gráfico N° 1: Distribución por género de la muestra de participantes de la evaluación sensorial

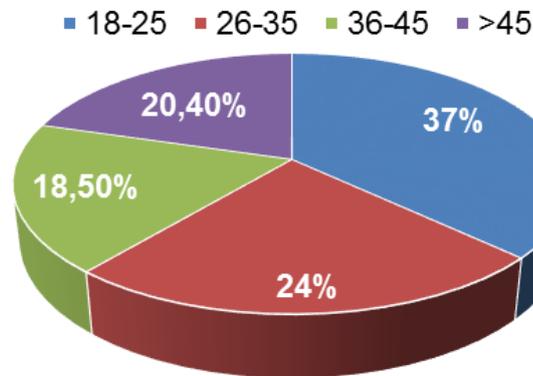
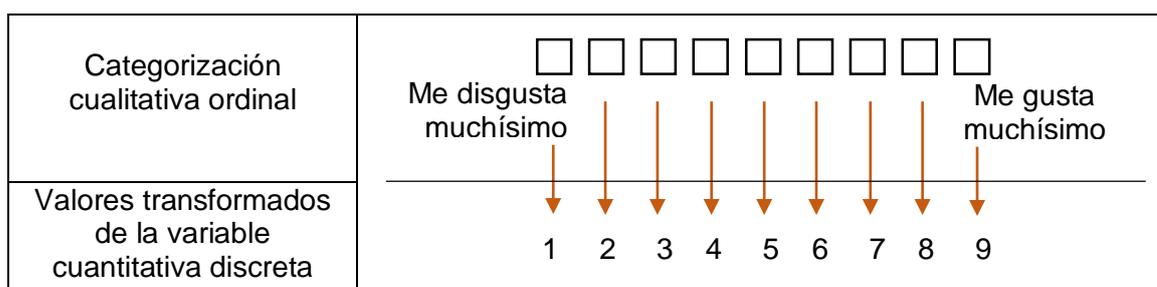


Gráfico N° 2: Distribución por edades de la muestra de participantes de la evaluación sensorial

Como se describió en el capítulo 2, la evaluación sensorial se dividió en dos partes: Prueba de nivel de agrado o grado de aceptación y Prueba de actitud o intención de compra.

### 3.2. Prueba de apreciación hedónica o grado de aceptación

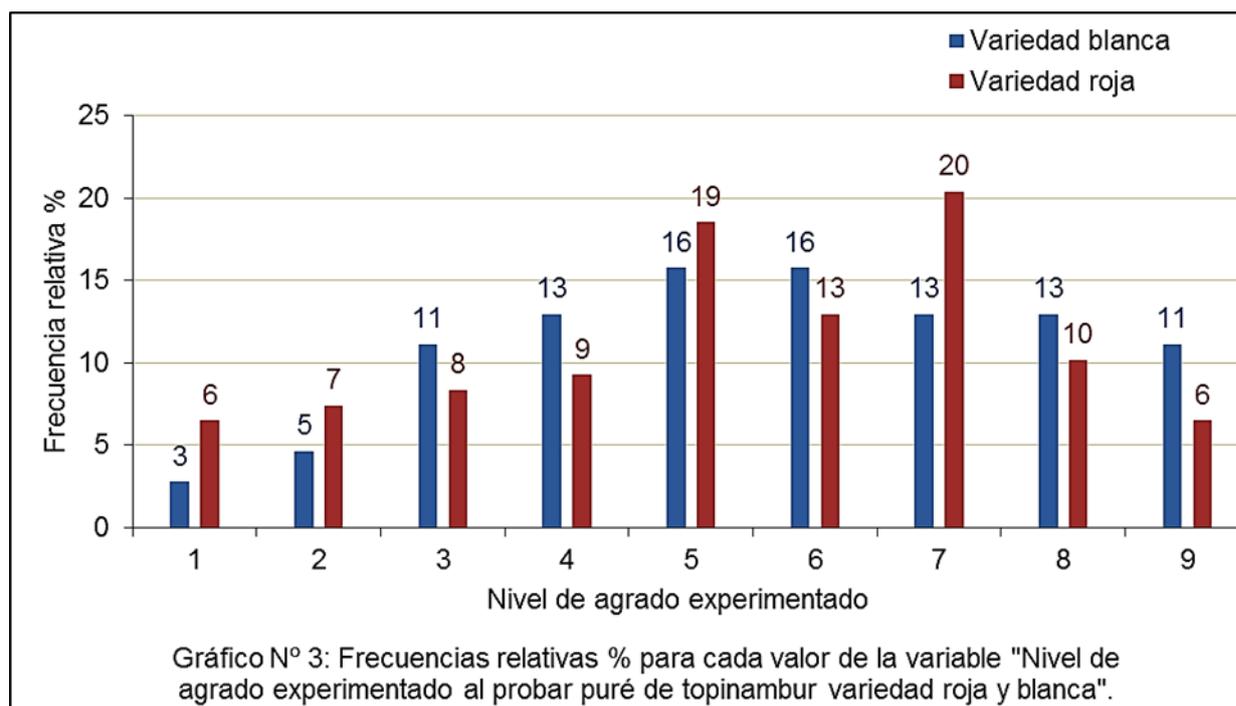
Los datos categóricos ordinales correspondientes al nivel de agrado, obtenidos en la evaluación sensorial se transformaron a valores numéricos discretos de la variable cuantitativa discreta “Nivel de agrado experimentado por el consumidor, al probar muestras de puré de topinambur de variedad Roja y Blanca”. Los mismos se corresponden como se detalla en el esquema a continuación:



En función de lo antes descrito, se presenta a continuación una tabla resumen de la información recabada, la cual representa una Distribución numérica Tipo I y un gráfico de líneas que ilustra la información contenida en la misma.

Tabla 14: Distribución de frecuencias de datos para la variable “Nivel de agrado experimentado por el consumidor al probar muestras de puré de topinambur de variedad Roja y Blanca”.

Valor de la variable “Nivel de agrado experimentado”	Frecuencia absoluta ( $n_i$ ) según variedad de topinambur		Frecuencia relativa % ( $f_i$ %) según variedad de topinambur	
	Variedad Roja	Variedad Blanca	Variedad Roja	Variedad Blanca
1	7	3	6,5	2,8
2	8	5	7,4	4,6
3	9	12	8,3	11,1
4	10	14	9,3	13,0
5	20	17	18,5	15,7
6	14	17	13,0	15,7
7	22	14	20,4	13,0
8	11	14	10,2	13,0
9	7	12	6,5	11,1
Total	108	108	100	100



La información que antecede es un ordenamiento numérico y gráfico a fin de presentar los datos resultantes del proceso sensorial de evaluación del puré de topinambur, los cuales fueron procesados por el Software InfoStat Estadística, cuya salida se muestra en el Anexo 5.

A continuación se detalla la prueba de hipótesis planteada.

#### Prueba de hipótesis para grado de aceptación

Hc: Existe preferencia de una variedad de topinambur sobre la otra por parte del consumidor.

Ho: Las distribuciones poblacionales de valores de la variable "nivel de agrado experimentado por los consumidores" para las dos variedades de topinambur ensayadas en la elaboración de puré son idénticas.

Ha: Las distribuciones poblacionales de valores de la variable "nivel de agrado experimentado por los consumidores" para las dos variedades de topinambur ensayadas en la elaboración de puré son diferentes.

Nivel de significancia ( $\alpha$ ) = 0,05

Hubo un alto grado de dispersión entre las respuestas de los consumidores. Este problema fue solucionado al aplicar la Prueba de Friedman, en la que cada consumidor es un bloque, por lo tanto, se elimina dicha variación del error experimental.

Decisión: **Se acepta la Ho:** Las distribuciones poblacionales de valores de la variable "nivel de agrado experimentado por los consumidores" para las dos variedades de topinambur ensayadas en la elaboración de puré son idénticas.

Conclusión: Los datos muestrales no aportan evidencia suficiente para inferir que las distribuciones poblacionales de valores de la variable "nivel de agrado experimentado por los consumidores" para las dos variedades de topinambur ensayadas en la elaboración de puré son diferentes.

### 3.3. Prueba de actitud o intención de compra

La segunda parte de la evaluación consistió en contestar la pregunta: “¿Usted compraría este producto con cualidades saludables, si se ofreciera en el mercado a igual costo que un puré de papas tradicional?”. Las respuestas obtenidas se muestran en los gráficos a continuación. En los mismos pueden observarse los porcentajes correspondientes a cada respuesta para los distintos géneros y grupos etarios de consumidores que participaron de la evaluación sensorial.

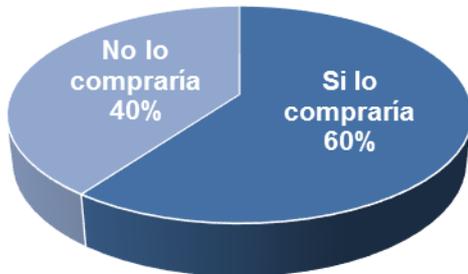


Gráfico N° 3: Distribución según intención de compra de participantes de género **masculino**



Gráfico N° 4: Distribución según intención de compra de participantes de género **femenino**

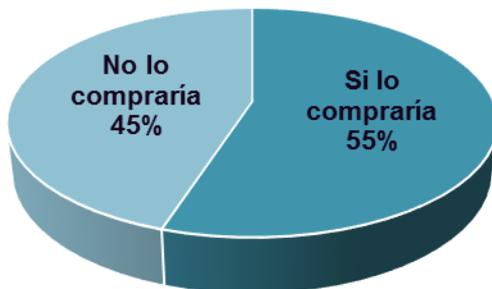


Gráfico N° 5: Distribución según intención de compra de participantes entre **18-25 años**

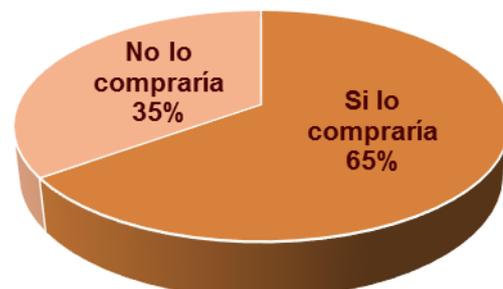


Gráfico N° 6: Distribución según intención de compra de participantes entre **26-35 años**

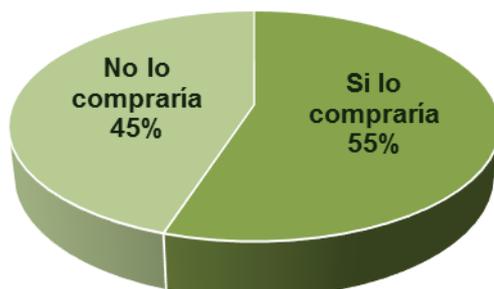


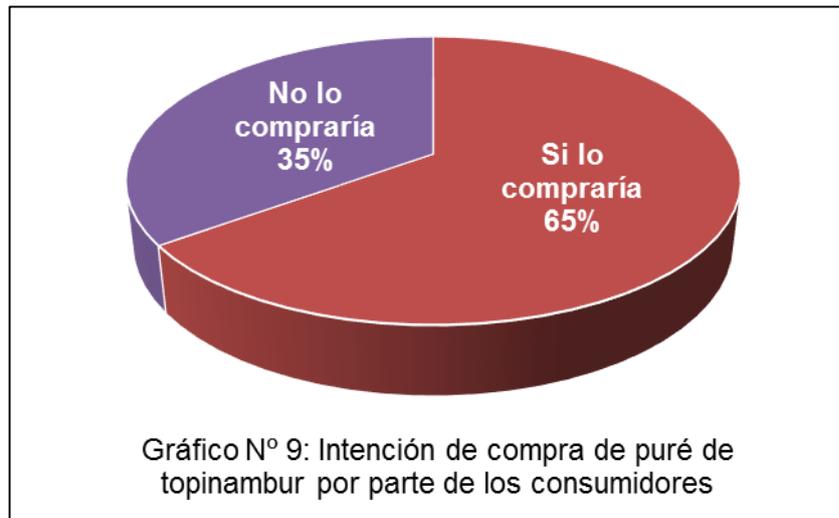
Gráfico N° 7: Distribución según intención de compra de participantes entre **36-45 años**



Gráfico N° 8: Distribución según intención de compra de participantes **> 45 años**

Los gráficos muestran que la respuesta positiva fue superior a 50% para ambos géneros y todos los grupos etarios y que las categorías que mostraron mayores porcentajes de aceptación de compra del producto fueron el género femenino y el grupo etario > 45 años. Esto podría contribuir a la elección de los grupos poblacionales a los que resultaría más conveniente dirigir la oferta del producto, si el mismo se comenzara a industrializar y comercializar.

El siguiente gráfico representa la distribución general, según intención de compra, de la muestra de consumidores que participaron de la evaluación sensorial.



A continuación se detalla la prueba de hipótesis planteada. El procesamiento de los datos fue realizado por Software Infostat Estatistical, cuya salida se muestra en el Anexo 5.

#### Prueba de hipótesis para intención de compra

Hc: Los consumidores aceptarían comprar puré de topinambur si se ofreciera en el mercado, a igual costo que un puré de papas tradicional.

Ho: Las distribuciones poblacionales de la variable intención de compra para los dos valores posibles que puede tomar son idénticas.

Ha: Las distribuciones poblacionales de la variable intención de compra para los dos valores posibles que puede tomar son diferentes.

Nivel de significancia ( $\alpha$ ) = 0,05

Decisión: **Se rechaza la Ho:** Las distribuciones poblacionales de la variable intención de compra para los dos valores posibles que puede tomar son idénticas.

Conclusión: Los datos muestrales aportan evidencia suficiente para inferir que las distribuciones poblacionales de la variable intención de compra para los dos valores posibles que puede tomar son diferentes.

## **CAPÍTULO 4:**

# **CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos, bajo las condiciones de ensayo, indican que:

- Es posible obtener puré de alto contenido de fructanos elaborado con tubérculos de topinambur de variedades Roja y Blanca.
- Todas las variantes probadas resultaron en productos con alto contenido de fructanos. El puré triturado con cocción de tubérculos pelados presentó el mayor contenido para las dos variedades de topinambur (Roja: 17,0 g /100 g; Blanca: 15,6 g /100 g). El menor valor de fructanos fue cuantificado en los purés preparados con las dos variedades (Roja: 8,8 g /100 g; Blanca: 7,4 g /100 g).
- Los tubérculos de variedad Roja, así como los purés elaborados con esta, poseen mayor contenido de fructanos que los de variedad Blanca (12 g /100 g frente a 10,0 g /100 g).
- El procesamiento de tubérculos de topinambur para obtener puré no modifica sustancialmente el contenido de fructanos de los mismos, y las pérdidas asociadas al mismo varían entre el 0% y el 16% dependiendo del ensayo.
- El nivel de conservación de fructanos, respecto al contenido presente en la materia prima, varió en función de la variedad de topinambur y del tratamiento al que fueron sometidos los tubérculos.
- Los valores de conservación oscilaron entre un 100% para purés elaborados con cocción de tubérculos pelados en ambas variedades; y un 84% para puré preparado de variedad Blanca.
- No existe preferencia de una variedad de topinambur sobre la otra, por parte de los consumidores, para la elaboración de puré de topinambur.
- Los consumidores aceptarían comprar puré de topinambur, si se ofreciera en el mercado a igual costo que un puré de papas tradicional.
- El grupo poblacional compuesto por mujeres mayores de 45 años exhibió el mayor porcentaje de aceptación de compra de puré de topinambur.

Del presente estudio se desprenden algunas ideas que se expresan a continuación como posibles líneas de investigación a futuro:

- Elaboración a escala industrial de puré instantáneo, utilizando las dos variedades de topinambur cultivadas en nuestra región; a los fines de establecer cuál resulta más apropiada para este fin, utilizando parámetros como: conservación de caracteres químicos y sensoriales durante el almacenamiento en frío; rendimiento, facilidad y rapidez de procesado; contenido natural de fructanos y preservación de los mismos después del procesamiento.
- Evaluación comparativa de procesos de preparación culinaria de topinambur, tales como el hervor, el horneado y la cocción en horno microondas, utilizando parámetros como: preservación de fructanos, aceptación y preferencia de potenciales consumidores mediante evaluación sensorial, entre otros.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Anzaldúa Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Ed Acribia. Zaragoza, España. 198 p.
- Arthey, D., Dennis, C. 1992. Procesado de hortalizas. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- Bach, V., Kidmose, U., Kjeldsen Bjørn, 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 (2012) 82-89.
- Bauer, H., Laso, R. 1974. El cultivo del topinambur (*Helianthus tuberosus* L.). Información técnica número 58, INTA, EEA Manfredi.
- Brennan, J., Butters, J., Cowell, N., Lilly, A. 1980. Las operaciones de la ingeniería de los alimentos. Ed. Acribia. 2º Edición. Zaragoza, España.
- Codex Alimentarius. [www.codexalimentarius.org/input/download/report/al29\\_26s.pdf](http://www.codexalimentarius.org/input/download/report/al29_26s.pdf) [En línea] [Consulta: Mayo 2014].
- Código Alimentario Argentino. [www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas\\_alimentos\\_caa.asp](http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp) [En línea] [Consulta: Mayo 2014].
- Deblasi S.A. [www.deblasi.com.ar/es/maquinaria](http://www.deblasi.com.ar/es/maquinaria). [En línea] [Consulta: Marzo 2014].
- Franck, A., De Leenheer, L. 2005. Inulin, Polysaccharides. *Biopolymers Online*, Wiley Online Library. 439-448.
- Glibowski, P., Bukowska, A. 2011. The effect of pH, temperature and heating time on inulin chemical stability. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 10(2) 2011, 189-196.
- Hernández Rodríguez, M., Sastre Gallego, A. 1999. Tratado de nutrición. Capítulo 8: Fibra dietética. Editorial Díaz de Santos SA. Madrid, España. p. 125-138.
- Kays, S., Nottingham, S. 2007. Biology and chemistry of Jerusalem artichoke *Helianthus tuberosus* L. Ed. CRC Press. Boca Raton. United States. 420 p.
- Madrid Vicente, A., Madrid Cenzano, J. 2000. Los aditivos en los alimentos. Ed. Mundi Prensa - A. Madrid Vicente. 1º edición. España. 278 p.
- Madrigal, L., Sangronis, E. 2007. La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Vol. 57 N° 4.
- Mendenhall, W., Beauer, R., Beauer, B. 2008. Introducción a la probabilidad y estadística. Ed. Cengage Learning. 12º Edición. México.
- Nestle S.A. [www.nestle.com/maggi](http://www.nestle.com/maggi). [En línea] [Consulta: Marzo 2014].
- Official Methods of Analysis of Association of Official Analytical Chemists International. 1995. 16ª Edition. Editado por Cunniff, P. United States.
- Pearson, D. 1976. Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos. Ed. Acribia. Zaragoza. España.
- Reborá, C. (a) 2008. Caracterización de germoplasma de topinambur (*Helianthus tuberosus* L.) por aptitud agronómica e industrial. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias. Mendoza, Argentina. 81 p.
- Reborá, C. (b) 2008. Topinambur (*Helianthus tuberosus* L.): usos, cultivo y potencialidad en la región de cuyo. *Horticultura Argentina* 27 (63): 30-37.
- Rubel, I., Pérez, E., Genovese, D., Manrique, G. 2014. In vitro prebiotic activity of inulin-rich carbohydrates extracted from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers at different storage times by *Lactobacillus paracasei*, *Food Research International*.

- Rubel, I., Pérez, E., Manrique, G., Genovese, D. 2009. Cambios en la composición de carbohidratos durante el almacenamiento en frío de topinambur (*Helianthus tuberosus L.*). [www.conicet.gov.ar](http://www.conicet.gov.ar). [En línea] [Consulta: Mayo 2014].
- Saengthongpinit, W., Sajjaanantakul, T. 2005. Influence of harvest time and storage temperature on characteristics of inulin from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) tubers. *Postharvest Biology and Technology* 37 (2005) 93-100.
- Safaa, S., Abozed, A., Abdelrashid, M., El-kalyoubi, Hamad, K. 2009. Production of inulin and high-fructose syrup from Jerusalem artichoke tuber (*Helianthus tuberosus L.*). *Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo*, 54 (2), 417-423.
- Scollo, D., Ugarte, M., Vicente, F., Giraudo, M., Sánchez Tuero, H., Mora, V. 2011. El potencial del topinambur en la salud y la nutrición. *Diaeta (B. Aires)*. 29(137): 7-13.
- Skoog, D., West, D., Holler, F., Crouch, S. 2000. *Química analítica*. 7a. Edición. Ed. Mc. Graw Hill. España.
- Tortora, G., Derrickson, B. 2006. *Principios de anatomía y fisiología*. Ed. Médica Panamericana. 11<sup>o</sup> Edición. México D.F. 1279 p.
- Ureña, M., D'Arrigo, M., Girón, O. 1999. *Evaluación sensorial de los alimentos*. Ed. Agraria. Lima. Perú.
- Zuleta, A., Sambucetti, M. 2001. Inulin determination for food labeling. *J. Agric. Food Chem.* 49: 4570-4572.

**ANEXO 1:****TÉCNICAS ANALÍTICAS DE DETERMINACIÓN****Determinación de humedad** (Pearson, 1976)

## a) Fundamento:

El porcentaje de agua en la muestra se calcula por la pérdida de peso debida a su evaporación por calentamiento de la muestra bajo condiciones normalizadas.

## b) Procedimiento:

1. Colocar un pesafiltro en estufa controlada termostáticamente a 105°C durante 20 minutos, retirar, enfriar en desecador y pesar en balanza analítica (tara del pesafiltro).
2. Colocar aproximadamente 10 gramos de muestra homogeneizada, distribuir uniformemente sobre el fondo del pesafiltro y pesar (tara del pesafiltro + peso de muestra húmeda).
3. Llevar a estufa de 105°C y mantener hasta peso constante.
4. Retirar, enfriar en desecador y pesar nuevamente al miligramo (tara del pesafiltro + peso de muestra secada en estufa).

## c) Cálculos:

$$H\% = \frac{(\text{g de muestra húmeda}) - (\text{g de muestra seca})}{\text{g de muestra húmeda}} \times 100$$

**Determinación de proteínas totales: Método de Kjeldahl** (AOAC, 1995)

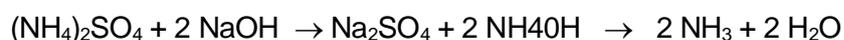
## a) Fundamento:

El método Kjeldahl permite determinar el nitrógeno orgánico presente en la muestra, o sea es un método indirecto para valorar proteínas totales. El dato que se obtiene como contenido de nitrógeno, deberá ser afectado por el factor 6.25 para ser llevado a Proteínas Totales. En alimentos de origen vegetal, dicho factor de conversión proviene de una relación que se efectúa teniendo en cuenta el porcentaje de N que poseen normalmente estas proteínas vegetales (16%).

$$100/16 = 6,25$$

El método Kjeldahl se divide en 3 etapas. La primera se basa en la destrucción oxidativa de la materia orgánica por medio de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y caliente. El C se oxida a CO<sub>2</sub>, el H<sub>2</sub> pasa formar H<sub>2</sub>O y el N, que se encuentra formando el grupo NH<sub>2</sub> principalmente, pasa a formar NH<sub>4</sub>, el cual en medio sulfúrico, queda retenido como (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. La acción del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es extremadamente lenta, por ello es necesario acelerarla mediante la "mezcla catalítica", formada por catalizadores como Cu, Se y una sal (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> o Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) la cual eleva el punto de ebullición del ácido. Esta primer etapa denominada "digestión", debe prolongarse hasta que no queden restos orgánicos ni C, lo que se reconoce porque el líquido que al principio de la operación es oscuro, queda totalmente incoloro. En algunos casos puede aparecer una coloración ligeramente azulina o amarillenta indicando el final. Esta etapa dura aprox. 1 a 2 horas.

La segunda etapa es la "destilación" del NH<sub>4</sub> fijado como (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> en la digestión. Para ello, el ácido debe ser neutralizado mediante un álcali como el NaOH y alcalinizado finalmente con un exceso del mismo, liberándose el NH<sub>4</sub> según la ecuación:



El  $\text{NH}_4$  destilado se recoge en un erlenmeyer que contiene ácido bórico más indicadores. El  $\text{H}_3\text{BO}_3$  que es un ácido débil, atrapa o retiene al  $\text{NH}_4$  virando su coloración del rojo vinoso al azul verdoso. En la tercera etapa se realiza la "titulación" y el  $\text{NH}_4$  se valora como álcali con un ácido valorado como el HCl 0.1 N, hasta neutralizarlo totalmente. En este momento aparece la coloración Roja vinoso original del ácido bórico. De este modo se usa un sólo reactivo en lugar de dos, al eliminarse la titulación por retorno.

b) Reactivos:

- $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado, libre de nitrógeno.
- Mezcla Catalítica: triturar y mezclar bien en un mortero 1 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  cristalizado con 0,8 g de Se y 100 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ó  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  anhidro.
- Solución alcalina de NaOH al 40%
- Solución de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  al 4% más indicador mixto: Disolver en 1l de agua destilada 40 g de ácido bórico y agregar 5 ml de indicador mixto. Ajustar con HCl diluido hasta que el color azulado cambie levemente al rosado y una destilación en blanco sobre 15 ml hasta completar 110 ml totales, vire al rosado con 1 gota de HCl 0.1 N.
- Aleación Devarda: 45% Al, 50% Cu y 5% Zn. Moler y conservar en recipiente hermético.

c) Procedimiento:

1. Colocar entre 0,5 - 3 g de la muestra de alimento, según riqueza probable de N, envuelta en un papelito tipo multicopia, para evitar pérdidas en el cuello del balón Kjeldahl.
2. Colocar la muestra dentro del balón.
3. Agregar 20 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado y una medida de 2 g de mezcla catalítica.
4. Colocar en el balón un pequeño embudo y calentar suavemente a la llama bajo campana, hasta que el líquido quede totalmente incoloro o bien ligeramente azulino. Retirar la llama y dejar enfriar.
5. Una vez frío, incorporar lentamente y mezclando por rotación 200 ml de agua, agregar gotas de indicador fenolftaleína y una pizca (menos de 0.1 g) de aleación en polvo Devarda (para estimular ebullición).
6. Conectar el balón a un refrigerante cuyo tubo de salida se sumerge en el erlenmeyer de 500 ml que contiene 20 ml de ácido bórico + indicador mixto.
7. Incorporar la solución de NaOH al 40% en exceso (aprox. 70 ml) para neutralizar el ácido y liberar el  $\text{NH}_4$ , evitando posibles pérdidas. Tapar y agitar hasta coloración rojo permanente, en caso contrario incorporar más NaOH.
8. De inmediato calentar a ebullición, destilando no menos de 150 ml para asegurar el paso de la totalidad del amoníaco. El tubo de salida debe mantenerse sumergido en el bórico durante los primeros 10 minutos. Luego de este lapso puede continuarse la destilación con la extremidad del tubo fuera del líquido. Comprobar con papel indicador que no haya más pasaje de  $\text{NH}_4$  al destilado.
9. Titular el destilado recogido con HCl 0,1 N hasta coloración inicial del ácido bórico.

d) Cálculos:

$\text{N\%} = (\text{ml gastados} \times 0,0014 \times 100) / \text{g de muestra}$
$\text{Proteínas Totales \%} = \text{N\%} \times 6,25 \text{ (factor conversión)}$

### Determinación de sustancias grasas o extracto etéreo (AOAC, 1995)

a) Fundamento:

Este rubro está integrado por un conjunto de sustancias (lípidos, pigmentos, resinas, aceites esenciales, vitaminas liposolubles), que son extraídas mediante disolución con un solvente orgánico como el éter etílico o el sulfúrico, por lo que se le denomina también extracto etéreo. Como los lípidos no son extraídos en su totalidad, las otras sustancias compensan la deficiencia dando al método una

aceptable exactitud. La extracción que se efectúa es continua, cuantificándose las grasas gravimétricamente. Es condición esencial que la muestra esté totalmente seca antes de iniciarse la determinación.

b) Reactivos:

- Éter etílico libre de humedad: Si es necesario, eliminar la misma agregando Na metálico ó NaOH en lentejas.

c) Procedimiento:

1. Tomar un balón de extractor Soxhlet, secar en estufa y tarar al mg.
2. Colocar la muestra totalmente seca en un cartucho de celulosa y tapar con algodón.
3. Introducir el cartucho con la muestra en el cuerpo del extractor, armar el extractor y por el orificio libre del refrigerante incorporar el éter en cantidad suficiente para humedecer la muestra, cuidando de no alcanzar el nivel de sifonamiento.
4. Dejar en maceración hasta el día siguiente para que el éter penetre íntimamente y disuelva las sustancias liposolubles.
5. Agregar más éter hasta sifonar y luego incorporar un excedente que alcance la mitad de la altura del cartucho filtrante.
6. Encender la lámpara dejando que funcione el aparato hasta completar la extracción. Esta se reconoce porque el solvente queda incoloro y no deja "mancha de grasa" sobre un papel transparente.
7. Recuperar el éter hasta secar el balón, llevarlo a estufa a 100°C durante 2 a 3 horas, enfriar en desecador y pesar. La diferencia de peso corresponde a las sustancias grasas extraídas.

d) Cálculos:

$$\text{Grasas\%} = \frac{[(\text{tara balón} + \text{grasas}) - \text{tara balón} \times 100]}{\text{g muestra}}$$

### Determinación de cenizas o sustancias minerales (Pearson, 1976)

a) Fundamento:

La determinación de cenizas permite conocer el total de las sustancias minerales presentes en el alimento. Cenizas es un término analítico equivalente a la porción inorgánica de la muestra. Su determinación implica la destrucción total de la materia orgánica por calentamiento y calcinación de la muestra.

b) Procedimiento:

1. Calentar una cápsula de porcelana, dejar enfriar en desecador y tarar al mg.
2. Colocar en su interior 5 g exactos de muestra y calentar sobre tela metálica evitando desarrollo de llama, hasta carbonizar.
3. Retirar la tela y seguir el calentamiento sobre triángulo de pipa o bien en mufla eléctrica a 500°C, hasta cenizas blancas.
4. Retirar de la mufla, enfriar en desecador y pesar.

c) Cálculos:

$$\text{Cenizas} = (\text{tara cápsula} + \text{cenizas}) - \text{tara cápsula}$$

$$\text{Cenizas \%} = \frac{\text{Cenizas} \times 100}{\text{g muestra}}$$

**Determinación de fibra alimentaria: Método enzimático gravimétrico (AOAC, 1995)**

## a) Fundamento:

Este método determina el contenido de fibra dietaria total (polisacáridos solubles e insolubles) por diferencia entre el valor de polisacáridos cuantificados por HPLC antes y después del tratamiento enzimático, en el cual se emplean enzimas que hidrolizan los polisacáridos que componen la fracción correspondiente a fibra dietaria de la muestra.

## b) Procedimiento:

## Primera etapa:

1. Colocar la muestra desengrasada y sin exceso de azúcares en Buffer MES TRIS 0,05 M a pH 8,2.
2. Tratar con enzima Alfa amilasa termoestable (baño 100°C-15 min)
3. Enfriar a 60°C
4. Agregar proteasa e incubar a 60°C-30 min.
5. Enfriar. Llevar a pH 4,0-4,7 y digerir con enzima glucoamilasa a 60°C-30 min.
6. Precipitar polisacáridos solubles con agregado de alcohol caliente hasta alcanzar 78 a 80%.
7. Filtrar por crisol filtrante con Celite.
8. Lavar con alcohol de 78%, alcohol de 95% y acetona.
9. Secar, pesar y corregir residuo por contenido de proteínas y cenizas.

## Segunda etapa:

10. Filtrar el digerido directamente a través de crisol con Celite.
11. Lavar repetidamente el residuo con agua destilada caliente.
12. Lavar con alcohol 78%, alcohol 95% y acetona.
13. Secar, pesar y corregir residuo por contenido de proteína y cenizas.

## Tercera etapa:

14. Juntar y pesar filtrados y lavados.
15. Precipitar polisacáridos solubles por agregado de etanol caliente hasta alcanzar 78 a 80%.
16. Filtrar por crisol filtrante con Celite. Lavar con alcohol 78%, 95% y acetona.
17. Secar, pesar y corregir residuo por contenido de proteína y cenizas.

**Determinación de hidratos de carbono o del extracto no azoado o no nitrogenado**

## a) Fundamento:

Este rubro está compuesto en su mayor parte, por hidratos de carbono de constitución química relativamente sencilla, de fácil digestibilidad en una apreciable proporción. Su determinación se efectúa matemáticamente por diferencia.

## b) Cálculos:

$$\text{Carbohidratos} = 100 - (\text{Humedad}\% + \text{Cenizas}\% + \text{Proteínas}\% + \text{Grasas}\% + \text{Fibra alimentaria}\%)$$

**ANEXO 2:****TÉCNICA ANALÍTICA DE CUANTIFICACIÓN DE FRUCTANOS**

## Preparación de muestras:

- Homogeneizar cada muestra inmediatamente antes del análisis.
- En caso de muestras sólidas, moler hasta partículas de 0,5 mm.

## Procedimiento:

1. Pesar exactamente 1 gramo de muestra en vaso de precipitado de vidrio Pirex de 200 ml.
2. Agregar 100 ml de agua hirviendo a pH 6-8.
3. Mantener la solución a 85°C sobre placa caliente con agitación magnética continua durante 15 minutos.
4. Dejar enfriar hasta temperatura ambiente.
5. Agregar agua hasta completar un volumen de 100 ml.
6. Filtrar a través de membrana filtrante de 0,20 µm.

Nota: Si antes del análisis fuera necesario conservar el filtrado bajo refrigeración, cuya condición tiende a precipitar los fructanos desde la solución, el filtrado deberá ser recalentado a 80°C y dejado enfriar hasta temperatura ambiente antes de realizar el análisis.

## Equipamiento cromatográfico:

- Sistema de bombeo "Waters 6000 A"
- Inyector con bucle para 50 µl de muestra "Waters"
- Detector de índice de refracción "Waters R40"
- Integrador "Data Module Waters"

## Condiciones de la determinación (HPLC):

- Equipo: Aminex HPX-87C (Bio-Rad) con columna de intercambio aniónico.
- Fase móvil: Agua desionizada a 85°C
- Caudal del flujo: 0,6 ml/minuto

## Calibración del equipo:

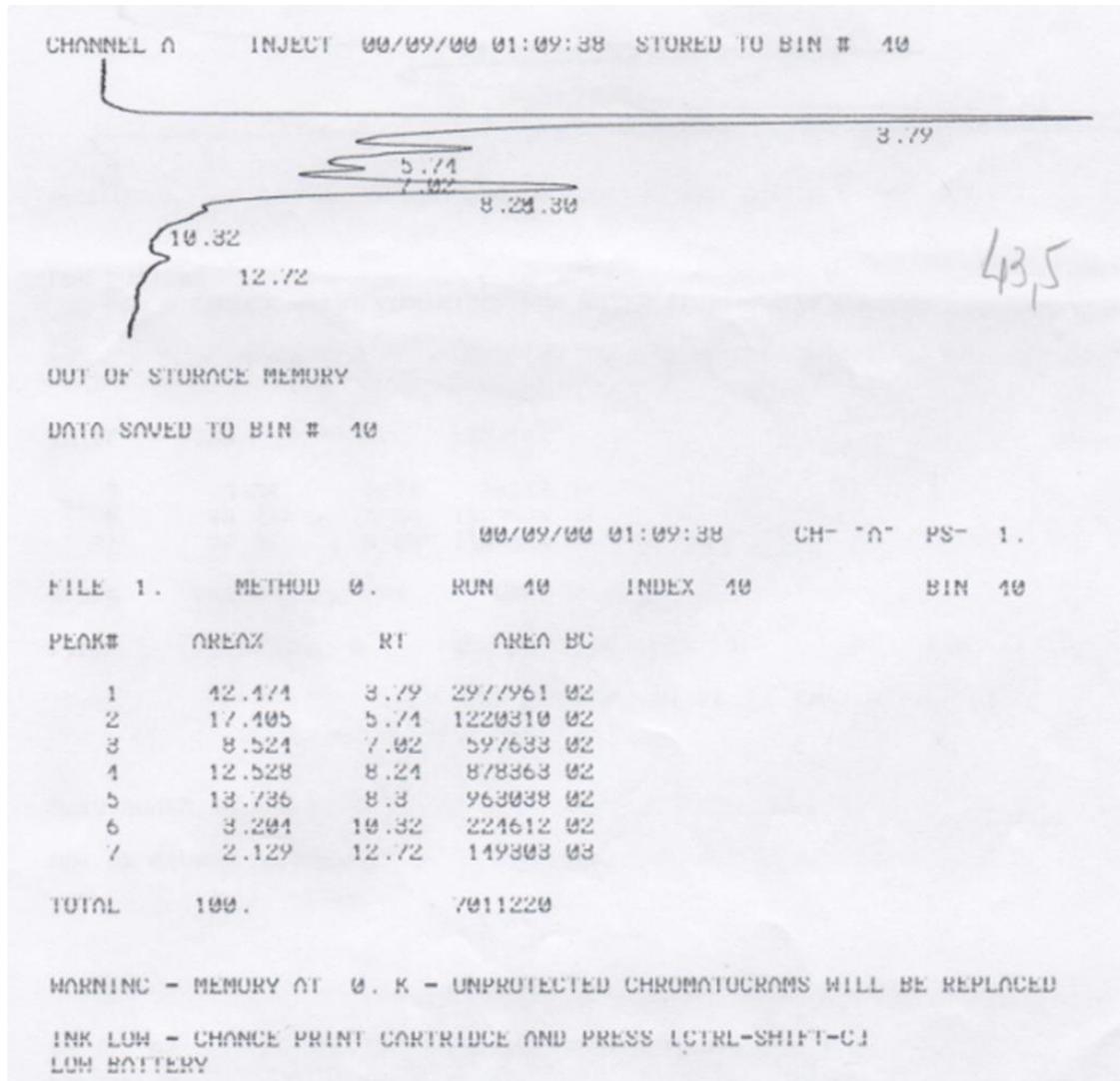
- Soluciones de referencia de inulina en concentraciones de 0,005 – 1 g / 100 ml.
- Soluciones de referencia de azúcares (mono y disacáridos) en concentración de 1 g / 100 ml.

**ANEXO 3:****MODELO DE PLANILLA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE PURÉ DE TOPINAMBUR**

<b>Planilla de evaluación de puré con alto contenido de fibra</b>			
Edad: .....	Género: .....	Fecha: .....	
Indicaciones:			
Usted recibirá dos muestras de puré de topinambur. Por favor pruébelas e indique con una cruz cuánto la agrada cada una de ellas. Entre muestra y muestra consuma agua mineral.			
Muestra:.....			
Me disgusta muchísimo	<input type="checkbox"/>	Me gusta muchísimo	
Muestra:.....			
Me disgusta muchísimo	<input type="checkbox"/>	Me gusta muchísimo	
¿Usted compraría este producto con cualidades saludables, si se ofreciera en el mercado a igual costo que un puré de papas tradicional?			
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¡¡¡Muchas gracias por su colaboración!!!		SI	NO

## ANEXO 4:

## MODELO DE CROMATOGRAMA RESULTANTE DE LA CUANTIFICACIÓN DE FRUCTANOS POR HPLC EN PURÉ DE TOPINAMBUR EN POLVO



Del cromatograma se observa que el pico más largo corresponde a inulina, por lo cual de los fructanos totales cuantificados el mayor porcentaje es inulina, en todos los casos.

## ANEXO 5:

## SALIDAS DEL SOFTWARE INFOSTAT PARA DATOS RESULTANTES DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE PURÉ DE TOPINAMBUR PREPARADO

## PRUEBA DE APRECIACIÓN HEDÓNICA

Estadística descriptiva							
Variable	n	D.E.	Var(n-1)	CV	Mín	Máx	Mediana
Variedad Blanca	108	2,16	4,68	38,3	1	9	6
Estadística descriptiva							
Variable	n	D.E.	Var(n-1)	CV	Mín	Máx	Mediana
Variedad Roja	108	2,22	4,94	41,47	1	9	5,5

Prueba de Friedman para grado de aceptación				
Variedad Blanca	Variedad Roja	T <sup>2</sup>	p	
1,57	1,43	2,63	0,1081	
Minima diferencia significativa entre suma de rangos (18,353)				
Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	
Variedad Roja	154,5	1,43	108	A
Variedad Blanca	169,5	1,57	108	A
Letras distintas indican diferencias significativas(p ≤ 0,050)				

## PRUEBA DE ACTITUD O INTENCIÓN DE COMPRA

Prueba de Friedman para intención de compra				
Si	No	T <sup>2</sup>	p	
1,65	1,35	10,3	0,0018	
Minima diferencia significativa entre suma de rangos (19,768)				
Tratamiento	Suma(Ranks)	Media(Ranks)	n	
No	146	1,35	108	A
Si	178	1,65	108	B
Letras distintas indican diferencias significativas(p ≤ 0,050)				